

УДК 624.019; 624.072

**Хусаинов Д.М.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: xdmt@mail.ru

**Дымолазов М.А.** – старший преподаватель

**Пеньковцев С.А.** – кандидат технических наук

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### Расчет несущих элементов конструкций рекламных конструкций с использованием методов теории надежности

#### Аннотация

Рассматривается метод подбора сечений опорных стоек рекламных конструкций наиболее распространенной конструктивной формы с использованием методов надежности. Устанавливается зависимость между вероятностью потери прочности опорной стойки рекламной конструкции и площадью её сечения с использованием приведенной в статье модели определения ее отказа с описанием напряжений в расчетном сечении стойки от ветровой нагрузки как случайной величины с законом распределения Вейбулла, а прочности стали опорной стойки как случайной величины с нормальным законом распределения. Приведены зависимости между вероятностью отказа в виде потери прочности и площадью сечения для наиболее распространенных в практике проектирования марок сталей и профилей. Приведены графики зависимостей оптимальных значений площадей опорных стоек от времени эксплуатации и планируемого дохода от эксплуатации рекламных конструкций для наиболее распространенных марок сталей и профилей сечений.

**Ключевые слова:** ветровая нагрузка, вероятность отказа рекламной конструкции, закон распределения ветровой нагрузки, закон распределения прочности стали, опорная стойка.

Широко используемой конструктивной формой рекламных конструкций является конструкция состоящая из опорной стойки и крепящейся к ней рекламной конструкции в виде щита [1-4]. Геометрические параметры наиболее распространенных на сегодняшний день рекламных конструкций, приведены на рис. 1. Определяющим критерием несущей способности данных рекламных конструкций, как показывает опыт их эксплуатации, является несущая способность их опорной стойки, а наиболее распространенной формой их разрушения или отказа потеря прочности опорной стойки [4-8].

Предлагается метод определения сечений опорных стоек рекламных конструкций по оптимальным значениям вероятностей отказа рекламных конструкций, определяемых с использованием методов теории надежности [4-8]. Напряжения в опорной стойке рассматриваются как случайная величина и определяются из условия:

$$S = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{пл}}} = k_1 \times w, \quad (1)$$

где  $W_{\text{пл}} = 2 \times S_x$  – пластический момент сопротивления стойки;

$M_{\text{изг}}$  – изгибающий момент в стойке от ветровой нагрузки;

$w$  – ветровое давление, подчиняющееся закону Вейбулла с плотностью распределения

$$f(w) = c \times \beta \times w^{\beta-1} \times e^{-(c \times w^\beta)};$$

$$k_1 = \frac{c_e \times L \times B \times (h + \frac{B}{2}) \times k_o}{W_{\text{пл}}}, \quad L - \text{длина рабочей поверхности щита};$$

$B$  – высота рабочей поверхности щита,  $h$  – высота стойки щита;

$c_e$  – аэродинамический коэффициент конструкции [2],  $k_o$  – коэффициент динамичности.

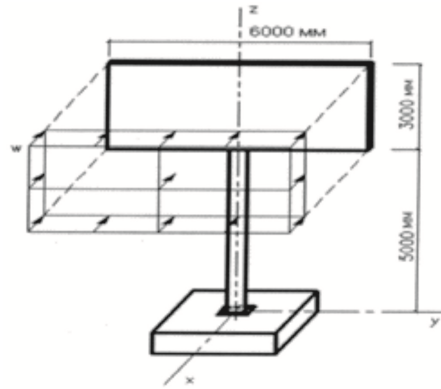


Рис. 1. Типовая конструкция рекламного щита

Плотность распределения максимальных напряжений от ветровой нагрузки в опорной стойке будет равна:

$$f(s) = f(w) / k_1 = c_1 \times \beta \times w^{\beta-1} \times e^{-(c_1 \times w^\beta)} / k_1, \quad (2)$$

с параметрами распределения Вейбулла:  $\beta = \beta$ ;  $c_1 = c \times k_1^\beta$ .

Для нашей модели можно записать следующее условие для определения вероятности отказа опорной стойки из-за потери ее прочности:

$$q_{nn} = \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \kappa_1 \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(R-\bar{R})^2}{2\sigma^2} - c_1 \cdot R^\beta} dR, \quad (3)$$

где  $\bar{R}$ ,  $\sigma$  – параметры распределения прочности металла стойки для нормального закона распределения.

Приведенный выше интеграл можно найти только в численном виде. Для получения вероятности отказа опорной стойки в виде формулы (3) использовалась вычислительно – графическая программа ADVANCED GRAPHER. Невозможность получения формулы (3) в виде аналитической зависимости между вероятностью отказа опорной стойки и ее основным параметром: площадью ее сечения делает неудобным получение выражения минимума целевой функции возможных материальных потерь при потере ее прочности. Вероятность отказа щита от потери прочности опорной стойки в течение времени  $t$  лет может быть записана как (4):

$$q_t = 1 - (1 - q_{nn})^t. \quad (4)$$

Запишем целевую функцию стоимости суммарных ожидаемых расходов от стоимости рекламной конструкции и возможных экономических потерь в виде формулы (5):

$$C = C_n + q_t \cdot y, \quad (5)$$

где  $C_n$  – стоимость возведения рекламной конструкции.

$$C_n = A_1 + B_1 \cdot A, \quad (6)$$

$y$  – ущерб от разрушения рекламной конструкции:

$$y = \Pi \cdot t, \quad (7)$$

$\Pi$  – ежегодная планируемая прибыль от эксплуатации рекламной конструкции;

$t$  – планируемое время эксплуатации рекламной конструкции;

$q_t$  – вероятность отказа рекламной конструкции за время  $t$ .

Оптимальные параметры опорной стойки рекламной конструкции определяем из минимума целевой функции:

$$\frac{dC}{dq_{nn}} = 0. \quad (8)$$

$$C = A_1 + B_1 \cdot A + \Pi \cdot t + \Pi \cdot t(1 - q_{nn})^t \rightarrow \min.$$

Для получения выражения минимума целевой функции в аналитической удобной для дальнейших исследований форме необходимо формулу (5) представить в виде функциональной зависимости между вероятностью потери прочности опорной стойки и площадью ее сечений. Данная задача решается с использованием математического



В качестве примера для типового рекламного щита г. Казани с размерами на рис. 1 получены графические зависимости оптимальных значений площадей поперечного сечения опорной стойки  $A$  рекламной конструкции для различных сроков ее эксплуатации и различных значениях планируемой прибыли. Данные зависимости приведены на графиках, приведенных ниже.

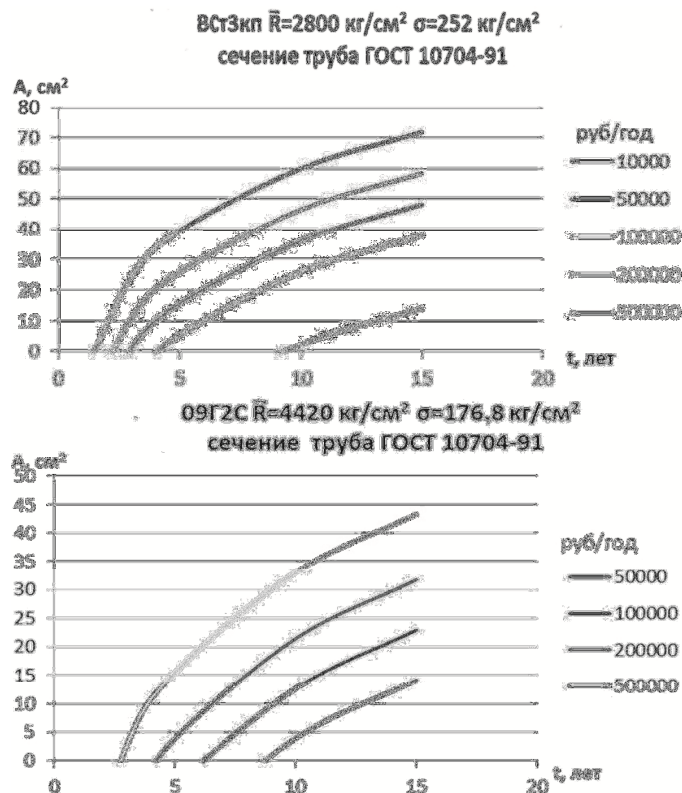


Рис. 3. Графики зависимости оптимальной площади сечения стойки (состоящей из трубы ГОСТ 10704-91) от времени эксплуатации и планируемой прибыли

Приведенный в статье метод расчета несущих конструкций типовых рекламных конструкций позволяет подбирать оптимальные значения сечений их опорных стоек с учетом таких важных факторов как планируемый доход от эксплуатации этих конструкций и время их эксплуатации.

#### Список библиографических ссылок

1. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. – М.: Из-во АСВ, 2008 – 168 с.
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия.
3. Манапов А.З., Хусаинов Д.М., Козлов М.В. О силе и последствиях урагана 8 июля 2007 года. // Известия КазГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 93-96.
4. Хусаинов Д.М., Шмелев Г.Н., Козлов М.В. Определение вероятностных характеристик ветровой нагрузки в г. Казани // Известия КГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 132-136.
5. Веселов Ю.А., Демченко Д.Б. Основы надежности строительных конструкций. – Ростов-на-Дону: Из-во Terra, 2001. – 384 с.
6. Хусаинов Д.М., Козлов М.В., Шагиева Г.Д. Определение оптимальных размеров фундаментов рекламных конструкций балластного типа // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 171-174.
7. Хусаинов Д.М., Крупин В.П., Шагиева Г.Р. Определение параметров рекламных крышных конструкций балластного типа с учетом неэкономических потерь // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 175-179.

8. Хусаинов Д.М., Пеньковцев С.А., Шагиева Г.Р. Совершенствование инженерной методики расчета на устойчивость рекламных конструкций // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 135-138.

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

E-mail: xdmt@mail.ru

**Dymolasov M.A.** – senior lecturer

**Penkovcev S.A.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

### Calculation of bearing structural elements of advertising designs using the methods of reliability theory

#### Resume

A method of selecting sections of the support legs advertising designs the most common structural form using the methods of reliability. Establish the relationship between the probability of loss of strength of the support post advertising structure and the area of its cross section, using the model described in the article to determine its failure with the description of stresses in the design section of the rack wind load as a random variable with a Weibull distribution law, and the strength of steel pedestal as a random variable with normal distribution. The relationship between the probability of failure in the form of the loss of strength and the cross-sectional area for the most common practice in the design of steel grades and profiles was shown. From the minimum of the objective function of the total expected cost is the corresponding optimal value of the refusal of the support post, allowing finding the optimal value obtained dependences cross-sectional area of the support post. A plot of the optimal values of the areas of supports from the time of operation and projected income from the operation of advertising structures for the most common grades of steel profiles and sections was shown.

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

#### Reference list

1. Lychov A.S. Reliability of building structures. – M.: Izd-vo ASV, 2008. – 168 p.
2. SP 20.13330.2011 Loads and actions.
3. Manapov A.Z., Khusainov D.M., Kozlov M.V. Determination of optimal size of the foundations of advertising structures ballast type // News of the KSUAE, 2008, № 2 (10). – P. 93-96
4. Khusainov D.M., Smelev G.N., Kozlov M.V. Definition of probability characteristics of wind load in Kazan // News of the KSUAE, 2010, № 2. – P. 132-136.
5. Veselov Iu.A., Demchenko D.B. Fundamentals of structural reliability. – Rostov-on-Don Izd-vo Terra, 2001. – 384 p.
6. Khusainov D.M., Kozlov M.V., Shagieva G.R. Determination of optimal size of the foundations of advertising structures ballast type // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 171-175.
7. Khusainov D.M., Krupin V.P., Shagieva G.R. Defining the parameters of advertising constructions ballast type roof with the non-economic losses // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 175-179.
8. Khusainov D.M., Penkovcev S.A., Shagieva G.R. Improvement of an engineering calculation procedure on stability of advertising constructions // News of the KSUAE, 2013, № 4 (26). – P. 135-138.