

УДК 624.019; 624.072

Хусаинов Д.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: xdmt@mail.ru

Пеньковцев С.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель

Шагиева Г.Р. – студент

E-mail: shagieva.gu@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

### Совершенствование инженерной методики расчета на устойчивость рекламных конструкций

#### Аннотация

Инженерная методика расчета на устойчивость (опрокидывание) рекламных конструкций как правило сводится к определению фактического коэффициента запаса  $k$ , определяемого как отношение момента от удерживающих сил к моменту сил опрокидывания, и сравнения полученного значения  $k$  с каким-то допустимым или нормативным значением коэффициентом запаса. Предлагается методика определения нормативного значения коэффициента запаса при расчете на опрокидывание рекламных конструкций с использованием методов теории надежности. Определение значения коэффициента запаса принимается в зависимости от вероятности отказа рекламной конструкции в виде ее опрокидывания ветровой нагрузкой, определяемой из решения задач 2-х типов: задачи с возможными неэкономическими потерями и задачи определения минимума экономических потерь.

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

Инженерная методика расчета строительных конструкций на устойчивость (и опрокидывание), как правило сводится к проверке по формуле (1):

$$M_{удер} / M_{опр} \geq k, \quad (1)$$

где  $M_{удер}$  – удерживающий момент для рассматриваемой конструкции;

$M_{опр}$  – опрокидывающий момент для рассматриваемой конструкции;

$k$  – коэффициент запаса при расчете на устойчивость.

Для разных видов конструкций значение коэффициента  $k$  назначается экспериментальным путем или на основе расчетов с учетом недостаточно обоснованных критериев.

Как правило, в виде опрокидывающей нагрузки для строительных и рекламных конструкций воспринимается ветровая нагрузка (рис. 1).

Основными параметрами этой нагрузки являются нормативное ветровое давление  $W_0$ , рассматриваемое как среднее значение максимальных ветровых давлений с периодом повторяющимся 5 – 10 лет [4].

В работе [3] получено значение вероятности опрокидывания конструкции в зависимости от соотношения опрокидывающего и удерживающего моментов:

$$q = e^{-c(W_0 \cdot M_{удер} / M_{опр})^\beta}, \quad (2)$$

где  $W_0$  – нормативное значение ветрового давления;

$c, \beta$  – параметры распределения ветрового давления по закону Вейбула.

С учетом (1) формулу (2) можно записать в виде:

$$q = e^{-c(k \cdot W_0)^\beta}, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент запаса при расчете на устойчивость.

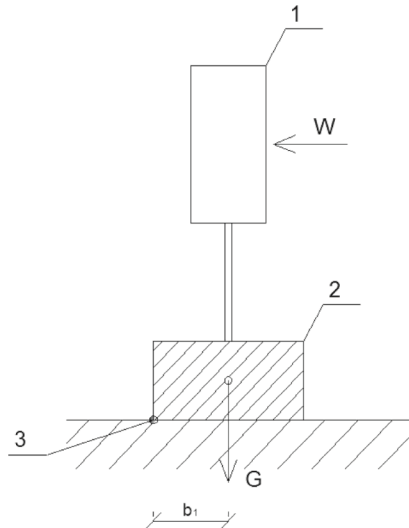


Рис. 1. Схема расчета рекламной конструкции на опрокидывание:  
 1 – Рекламная конструкция; 2 – Балласт весом G; 3 – Точка опрокидывания;  
 $b_1$  – расстояние от центра тяжести балласта до точки отрыва (опрокидывания);  
 $W$  – ветровое давление на рекламный щит

Вероятность отказа рекламной конструкции при опрокидывании от ветровой нагрузки при ее эксплуатации в течение времени  $t$  можно записать в виде:

$$q_t = 1 - (1 - q)^t \tag{4}$$

Формула (4) устанавливает зависимость между временем эксплуатации и коэффициентом запаса при расчете на устойчивость при опрокидывании.

Определение значения коэффициента запаса при расчете на опрокидывание зависит от значения вероятности отказа  $q$  конструкции, которая может быть определена из решения задач 2 типов: задачи с возможными неэкономическими потерями и задачи определения минимума экономических потерь [1].

Рассмотрим задачу определения коэффициента запаса при неэкономических потерях. Тогда из работы [5] можно записать следующее уравнение, позволяющее определить значения коэффициента  $k$ :

$$1 - \left(1 - \frac{4,1 \cdot 10^{-4}}{L \cdot F(z)}\right)^{\frac{1}{50}} - e^{-c(k \cdot W_0)^\beta} = 0, \tag{5}$$

где  $L$  – среднее вероятное количество людей на  $1 \text{ м}^2$  поражающей поверхности;

$F(z)$  – площадь поражения при опрокидывании конструкции;

$4,1 \cdot 10^{-4}$  – величина эталонных неэкономических потерь.

Определим значения коэффициента запаса при расчете на опрокидывание рекламной конструкции для г. Казани:  $W_0 = 30 \text{ кг/м}^2$ ,  $c = 1,0611$ ,  $\beta = 0,611$  при возможном понижении  $n$ -го количества людей:

$$n = L \cdot F(z),$$

$$1 - \left(1 - \frac{4,1 \cdot 10^{-4}}{n}\right)^{0,2} - e^{-1,0611(k \cdot 30)^{0,611}} = 0. \tag{6}$$

Значение коэффициента  $k$  приведены в таблице.

Таблица

**Значение коэффициента запаса  $k$  при расчете на устойчивость**

$n$ , количество людей в зоне поражения	1	2	3	10
$q$ , вероятность при эталонных неэкономических потерях	$8,2 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$2,73 \cdot 10^{-5}$	$8,2 \cdot 10^{-6}$
$k$ , коэффициент запаса	1,18	1,33	1,42	1,69

Рассмотрим задачу определения коэффициента запаса при расчете на опрокидывание из условия обеспечения минимума экономических потерь.

В работе [3] значения вероятности опрокидывания рекламной конструкции  $q$ , соответствующее минимуму функции стоимость возможных экономических потерь определяется по формуле:

$$\frac{B \cdot k_1}{b_1 \cdot c^{\frac{1}{\beta}}} \left( \ln \left( \frac{1}{q} \right) \right)^{\frac{1-\beta}{\beta}} \cdot \frac{1}{q} - n \cdot t^2 = 0, \quad (7)$$

где  $c, \beta$  – параметры распределения ветрового давления по закону Вейбула;

$n$  – ежегодная планируемая прибыль от эксплуатации рекламной конструкции;

$t$  – планируемое время эксплуатации;

$b_1$  – расстояние от точки опрокидывания до точки приложения удерживающей силы;

$B$  – стоимость единицы объема удерживающего элемента рекламной конструкции;

$k_1 = M_{оп} / W_0$ .

Из формулы (3) можно записать выражения, устанавливающая зависимость между коэффициентами запаса и вероятностью опрокидывания конструкции:

$$k = \sqrt[\beta]{\frac{\ln(1/q)}{c \cdot W_0^\beta}}, \quad (8)$$

Подставляя выражение (8) в (7) можно получить зависимость следующего вида:

$$\frac{B \cdot k_1}{b_1 \cdot c^{1/\beta}} \cdot c^{1-\beta/\beta} \cdot (k \cdot W_0)^{c(k \cdot W_0)^\beta} - n \cdot t^2 = 0, \quad (9)$$

Рассмотрим пример определения коэффициента запаса при расчете на опрокидывание рекламной конструкции в г. Казани.

Параметры распределения ветрового давления для г. Казани:  $c = 1,0611$ ;  $\beta = 0,611$  по [2],  $W_0 = 30 \text{ кг/м}^2$  для II ветрового района,  $B = 2 \text{ руб/кг}$ ,  $b_1 = 1,5 \text{ м}$  при различных значениях ежегодной прибыли  $n$  и времени эксплуатации  $t$ .

Результаты расчетов приведены в графике на рис. 2.

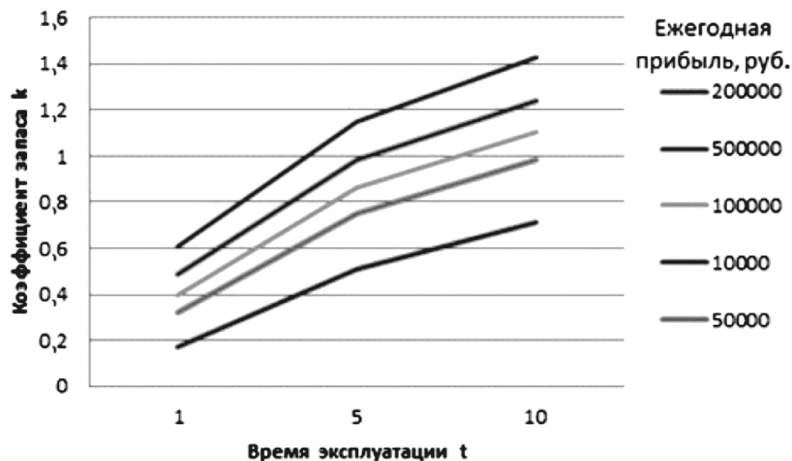


Рис. 2.

Для большего удобства анализа зависимость (9) можно записать в виде:

$$\frac{C_M}{k \cdot W_0} \cdot c^{1-\beta} \cdot (k \cdot W_0)^{1-\beta} \cdot e^{c(k \cdot W_0)^\beta} - n \cdot t^2 = 0, \quad (10)$$

где  $C_M = B \cdot G$  – стоимость материала рекламной конструкции, удерживающего ее в устойчивом положении фундамента или балласта;

$G$  – вес фундамента (балласта) конференции.

Полученные зависимости (5) и (10) позволяют определить обоснование значения коэффициента запаса в зависимости от времени эксплуатации и величины материального и не материального ущерба.

**Список библиографических ссылок**

1. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 168 с.
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия.
3. Хусаинов Д.М., Козлов М.В., Шагиева Г.Д. Определение оптимальных размеров фундаментов рекламных конструкций балластного типа. // Известия КГАСУ, 2012, № 4. – С. 171-174.
4. Хусаинов Д.М., Шмелев Г.Н., Козлов М.В. Определение вероятностных характеристик ветровой нагрузки в г. Казани. // Известия КГАСУ, 2010, № 2. – С. 132-136.
5. Хусаинов Д.М., Крупин В.П., Шагиева Г.Р. Определение параметров рекламных крышных конструкций балластного типа с учетом неэкономических потерь. // Известия КГАСУ, 2012, № 4. – С.175-179.

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

E-mail: xdmt@mail.ru

**Penkovcev S.A.** – candidate of technical sciences, senior lecturer

**Shagieva G.R.** – student

E-mail: shagieva.gu@gmail.com

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**Improvement of an engineering calculation procedure  
on stability of advertising constructions****Resume**

The engineering method of calculation of constructions on capsizing from the wind action loading is reduced to calculation of coefficient size of the moments of holding and upsetting forces.

Allowed value of a stock coefficient as a rule is appointed by an expert way without due settlement justification. In article is offered the technique of determination of allowed coefficient sizes of a stock on capsizing. Two possible cases of tasks are considered when capsizing: the task with non economic losses and the task with economic losses with ensuring their minimization only. Wind loading on constructions is considered as the random variable distributing on the Veybull low. The probability of capsizing of an advertising constructions is decided with the use of methods of the theory of reliability. Dependences of the coefficient size of a stock on the number of people in a possible zone of the collapse, planned time of exploitation, parameters of the holding ballast, planned profit from the exploitation of an advertising construction are received in acticle.

Examples of using the received dependences of a stock in a numerical and graphic form for the district of the city of Kazan are given. Parameters of distribution of Veybull are taken from earlier conducted researches by which wind loading is described.

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

**Reference list**

1. Lychov A.S. Reliability of building structures. – М.: Izdatelstvo ASV, 2008. – 168 p.
2. SP 20.13330.2011. Loads and actions.
3. Khusainov D.M., Kozlov M.V., Shagieva G.R. Determination of optimal size of the foundations of ballast type advertising structures. // News of the KSUAE, 2012, № 4. – P. 171-175.
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. Khusainov D.M., Krupin V.P., Shagieva G.R. Defining the parameters of ballast type advertising constructions roof with the non-economic losses. // News of the KSUAE, 2012, № 4. – P. 175-179.