

# О НАЗНАЧЕНИИ РАСЧЕТНОЙ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ В Г. КРАСНОЯРСКЕ

Алифанов Л.А., Морозов С.В., Ереско С.П.  
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Серия обрушений большепролетных покрытий, случившихся в странах Евросоюза в 2004÷2006 гг. и связанных с аномальными снегопадами реанимировала дискуссии о необходимости пересмотра действующих на территории РФ нормативов, в части назначения по ним снеговых нагрузок. При этом, следует отметить тот факт, что значения снеговых нагрузок в СССР всегда отличались от европейских в меньшую сторону: например, на границе СССР и ПНР нормативная нагрузка составляла - 500 Па в Белоруссии, и 900-1100 Па – в Польше [6], а в 2004 г. значения снеговых нагрузок были пересмотрены, в основном в сторону дальнейшего снижения [3, 4].

На рис. 1 представлены фрагменты карт с нанесенными границами снеговых районов до и после изменения норм в 2004 г. Так, для г. Красноярска ранее расчетная снеговая нагрузка составляла 210–240 кгс/м<sup>2</sup> (дифференцированно, в зависимости от отношения снеговой и постоянной нагрузок), а в настоящее время принято единое значение, равное 180 кгс/м<sup>2</sup>.

Основные принципы нормирования нагрузок прописаны в [1]. Изменчивость максимумов веса снегового покрова наилучшим образом аппроксимируется [6, 7] двойным экспоненциальным распределением Гумбеля [5]. Интегральный закон записывается в виде:

$$P(x) = \exp\{-\exp[(\alpha - x)/\beta]\},$$

где параметры  $\alpha$  и  $\beta$  связаны с математическим ожиданием  $m$  и дисперсией  $D$  следующим образом:

$$m = \alpha + 0,5776 \cdot \beta \quad D = 1,645 \cdot \beta^2$$

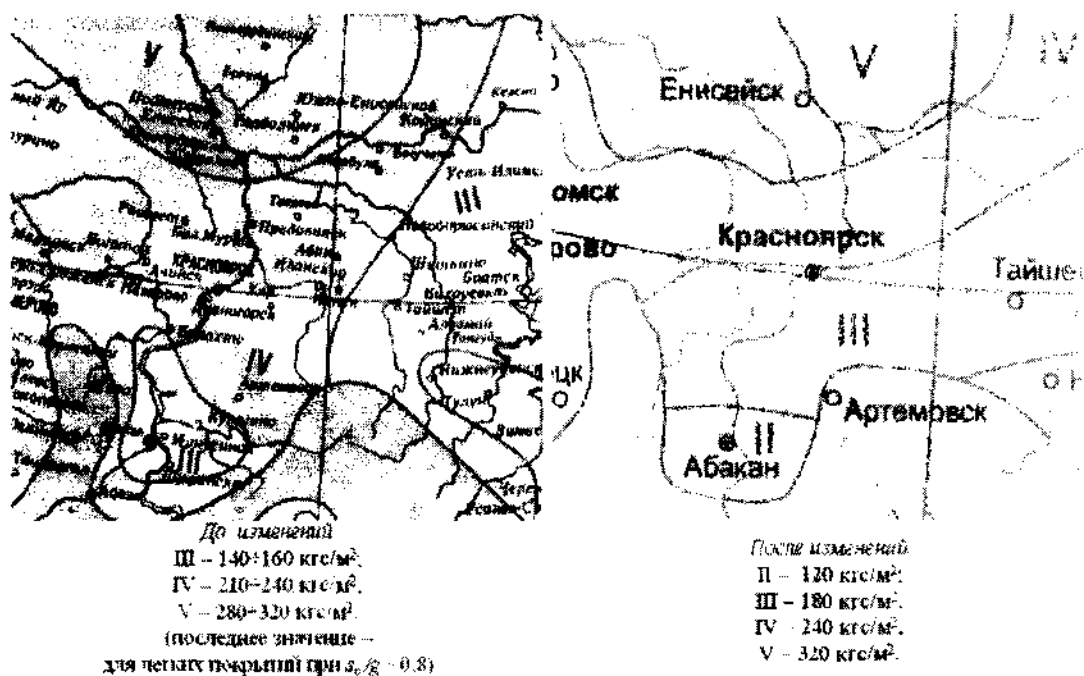


Рис. 1 – Расчетная снеговая нагрузка в окрестностях г. Красноярска до и после принятых изменений [4].

Теоретически [5] данный закон представляет собой предельную модель для распределения максимальных значений, взятых из  $N$  наблюдений, распределенных «по экспоненте» (например, нормально или экспоненциально).

Обеспеченность принятой при проектировании какого-либо сооружения расчетной снеговой нагрузки, т. е. вероятность того, что снеговая нагрузка в течение  $n$  лет (срок его эксплуатации) не превысит расчетное значение  $S$ , вычисляется по формуле

$$P(S, n) = \exp[-\exp((\alpha + \beta \ln(n) - S) / \beta)] = P(S, 1)^n$$

Средний интервал между превышениями этой нагрузки составляет:

$$T(S) = 1 / [1 - P(S, 1)].$$

Вероятность того, что за срок эксплуатации сооружения  $n$  лет снеговая нагрузка превысит значение  $S$  по меньшей мере 1 раз, равна:

$$Q(S, n) = 1 - P(S, 1)^n.$$

По данным наблюдений до 1985 г. [7], для района Москвы  $\alpha = 931$  Па,  $\beta = 365$  Па. В 2003 г. уточненные за 20 лет значения математического ожидания и стандарта, составляли  $\alpha = 918$  Па,  $\beta = 281$  Па. При этом для Московского региона установлена расчетная снеговая нагрузка  $S = 1800$  Па. Средний интервал между превышениями нагрузки по приведенным формулам составляет  $T(1800) = 23.6$  года, при сроке службы здания 50 лет значение снеговой нагрузки превысит расчетное хотя бы один раз с вероятностью  $Q(1800, 50) = 0,885$ , а при  $n = 100$  лет имеем  $Q(1800, 100) = 0,987$ .

Аварии, вызванные превышением снеговой нагрузки неоднократно имели место в разных городах. Тем не менее, противники увеличения расчетной снеговой нагрузки неоднократно указывали на то, что аварии не смотря на теоретически заниженную нагрузку не носили массового характера. Практически это связано с тем, что большинство проектируемых в СССР легких конструкций, для которых превышение снега наиболее опасно, на самом деле традиционно рассчитывались со сверхнормативным запасом до 20-50% и более. Кроме того, отмеченная величина

запасов является оценочным, а отнюдь не гарантированным фактом. Такими запасами многие конструкции могут и не обладать, в особенности в настоящее время при общем снижении качества их изготовления и монтажа и тщательности контроля свойств материалов [7].

Для Красноярска, по результатам обработки статистических данных по годовым максимумам, предоставленных красноярским ГМЦ математическое ожидание  $m = 99,95$  кгс/м<sup>2</sup>; дисперсия  $D = 27,41^2 = 751,3$  (кгс/м<sup>2</sup>)<sup>2</sup> значения параметров:  $\alpha = 87,63$  кгс/м<sup>2</sup>,  $\beta = 21,35$  кгс/м<sup>2</sup>. Гистограмма распределения представлена на рис. 2. Значение статистики критерия  $\chi^2$  равно 5,42; значение  $p$  при числе степеней свободы  $n-1=9$ :  $p=0,80$  при мощности критерия Пирсона для указанного случая равной 0,96.

В Таблице 1 сведены значения расчетных снеговых нагрузок  $S$ , кгс/м<sup>2</sup> для ряда вероятностей  $P(S, n) = 0,99; 0,95; 0,9$  и  $0,8$  и  $n=1-1000$  лет, а также значения средний интервала между превышениями  $S$  при  $P=0,95$  (в годах). Значение  $P=0,95$  является общепринятым, оно же используется в строительстве при нормировании прочностных характеристик материалов. Из таблицы 1 видно что при сроке службы равном 100 лет и при  $P=0,95$  значение расчетной снеговой нагрузки должно составлять 250 кгс/м<sup>2</sup> (т.е. быть больше действующего значения на 40% и примерно соответствовать нагрузке до принятия изменений [4], для легких покрытий).

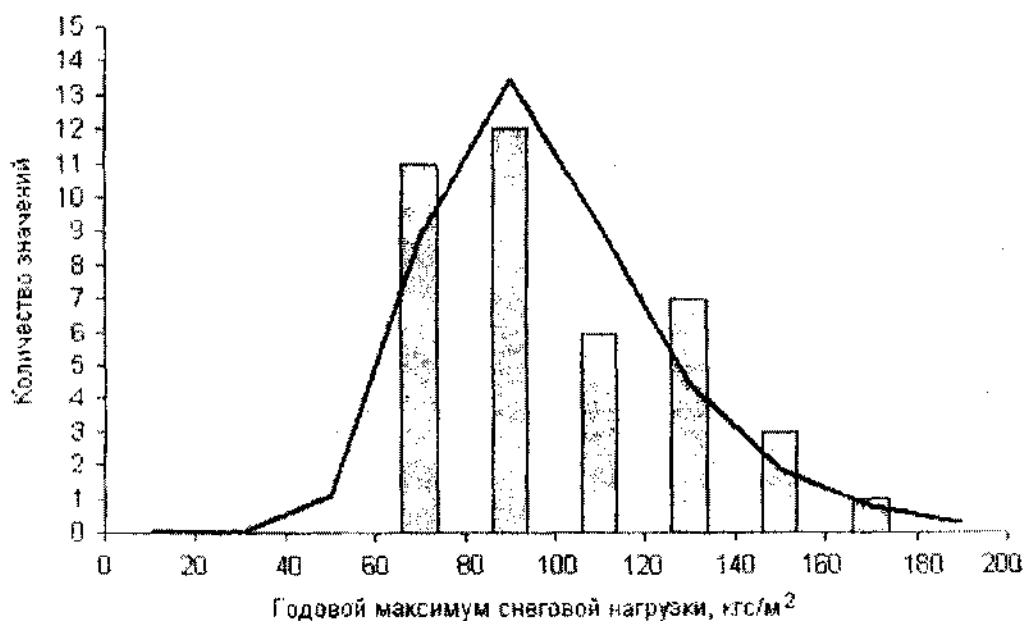


Рис. 2 – Гистограмма распределения годовых максимумов для г. Красноярска с 1965 по 2006 гг.

Таблица 1

n	S, кгс/м <sup>2</sup>				Средний интервал, лет между превышениями
	P= 0,00	P=0 0,5	P= 0,0	P= 0,8	
1	186	151	136	120	20
5	220	185	170	154	98
10	235	200	185	169	195
20	250	215	200	184	390
30	258	224	208	192	585
40	265	230	214	198	780
50	269	235	219	203	975
60	273	238	223	207	1170
70	277	242	226	210	1365
80	279	245	229	213	1560
90	282	247	232	216	1755
100	284	249	234	218	1950
300	308	273	257	241	5849
500	319	284	268	252	9748
1000	333	299	283	267	19496

Согласно действующих, ГОСТ 27751-88 [2] и п. 1.3 СНиП 2.01.07-85\* [3] допускается при наличии статистических данных определять расчетное значение нагрузок непосредственно по заданной вероятности их превышения с учетом срока службы здания. Это обстоятельство может быть использовано проектировщиками при назначении теоретически обоснованного значения расчетной снеговой нагрузки на покрытия ответственных зданий.

#### Литература

1. ISO 2394: 1998(E) General principles on reliability for structures.
2. ГОСТ 27751-88 Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчёту.
3. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия/ Госстрой СССР. — М.: ЦИТИ Госстроя СССР, 1988. — 36 с.
4. Изменение №1 к СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» от 01.07.2004.
5. Гумбель, Э. Статистика экстремальных значений. М.: Мир, 1965.
6. Райзер, В. Д. Методы теории надёжности в задачах нормирования расчётных параметров строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1986. — 192 с. — (Надёжность и качество).
7. Савельев В.А., Малый В.И. и др. «Положения по назначению расчётной снеговой нагрузки», Промышленное и гражданское строительство. — №5, 2004.