

## Модели крановых нагрузок

*Наумов Никита Олегович*

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет*

*(СибАДИ)*

*студент*

### **Аннотация**

В статье рассматривается вопрос моделирования крановых нагрузок. Рассматриваются применяемые способы моделирования для нагрузок в строительстве. Рассматривается применение моделирования крановой нагрузки в нормах Российской Федерации. Производится сравнение с нормами Евросоюза. Делаются выводы насчет эффективности принятых норм проектирования в Российской Федерации.

**Ключевые слова:** моделирование крановой нагрузки, полувероятностная модель крановой нагрузки, вероятностная модель крановой нагрузки.

## Models of crane loads

*Naumov Nikita Olegovich*

*The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)*

*student*

### **Abstract**

The article deals with the issue of modeling the crane loads. The applied modeling methods for loads in construction are considered. The article considers the application of crane load simulation in the standards of the Russian Federation. A comparison is made with the norms of the European Union. Conclusions are made about the effectiveness of the adopted design standards in the Russian Federation.

**Keywords:** crane load modeling, semi-probabilistic crane load model, probabilistic crane load model.

*Научный руководитель – Ю.В. Краснощеков, д.т.н., доцент кафедры "Строительные конструкции" СибАДИ, Омск.*

В целом для описания воздействий, приходящихся на строительные конструкции, применяется два вида моделей: модель детерминированных значений (полувероятностная) и модель случайных переменных (вероятностная).

Основной характеристикой нагрузки модели детерминированных значений (также этот метод называется методом предельных состояний) является нормативное значение нагрузки, которое приводится в нормах и стандартах. Нормативное значение нагрузок определяется статистическими

методами таким образом, чтобы его значение находилось в области наиболее вероятных значений нагрузки. В данном подходе присутствует понятие обеспеченности, которое включает в себя следующий смысл: вероятность непревышения величины некоторого опасного значения нагрузки в определенный промежуток времени ( $T_c$  средний период повторяемости). Нормативные значения нагрузок назначаются как величины, превышаемые в среднем один раз в  $T_c$ . Вероятность появления за один произвольно взятый год воздействия составляет  $1/T_c$ . Тогда вероятность того, что такое воздействие ни разу не возникнет за срок эксплуатации  $T$  лет определяется как

$$P = \left(1 - \frac{1}{T_c}\right)^T \quad (1)$$

Если по данной формуле просчитать данные вероятности, то получится, что эта вероятность даже при значительных значениях периода повторяемости данная вероятность имеет небольшое значение.

В таблице 1 приведены результаты расчет вероятности непревышения нормативной нагрузки за период эксплуатации в 100 лет.

Таблица 1 – Вероятность непревышения нормативной нагрузки

$T_c$ , лет	10	25	50	100	200	500	1000
Р за 100 лет	0,000027	0,017	0,133	0,366	0,606	0,819	0,905

Но в таком случае остается неясной частота возникновения величины опасного значения в период эксплуатации.

Вероятностный подход в создании модели действующих нагрузок позволяет определить характеристическую величину на основе совокупности статистических данных. Для приведения результатов статистической обработки в удобную для практики форму значения нагрузок представляются в виде дифференцируемых случайных функций или недифференцируемых функций ступенчато-импульсного типа с разными формами импульсов. Также зачастую при обработке данных применяется сглаживание с помощью теоретических распределений случайной переменной, принимаемых на основании предварительного анализа свойств рассматриваемой нагрузки и статистических критериев.

Моделирование крановой нагрузки на каркас здания является сложным процессом, так как данная нагрузка обуславливается большим числом параметров.

Условно крановая нагрузка раскладывается на три составляющие: вертикальную, горизонтальную поперек рельса и горизонтальную вдоль рельса. Согласно отечественным нормам крановая нагрузка делится на 5 классов кранового нагружения в зависимости от режима работы (Таблица 2)

согласно таблице 3 [1]. Крановая нагрузка относится к основным воздействиям и имеет как кратковременную составляющую, так и длительную составляющую. К кратковременным относят нагрузку с полным нормативным значением, к длительным – с пониженным значением.

Таблица 2 – Классификация кранов по нагружениям

Класс нагружения	Примеры реализации
Особо легкий	Кран всегда работает с грузами менее 50% грузоподъемности. В особых случаях (не более 4%) подъем больших грузов
Легкий	Постоянная работа с грузами, значительно меньшими номинальной грузоподъемности крана (85% грузов менее 50% грузоподъемности)
Средний	Работа с грузами, меньшими номинальной грузоподъемности крана, с периодическими подъемами грузов, близких к номинальной грузоподъемности (65% грузов менее 50% грузоподъемности)
Тяжелый	Частая работа с грузами близкими к номинальной грузоподъемности (75% грузов более 50% грузоподъемности)
Весьма тяжелый	Постоянная работа в основном с грузами, близкими к номинальной грузоподъемности крана

Крановая нагрузка раскладывается на несколько составляющих, которые представлены на рисунке 1.

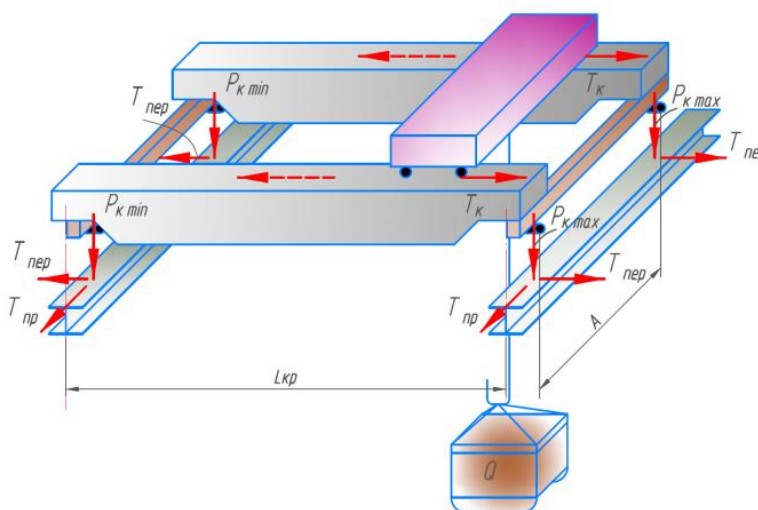


Рисунок 1 – Составляющие крановой нагрузки

Полное нормативное значение нагрузок назначают для стандартных кранов в соответствии с нормами, для нестандартных – согласно паспортам заводов-изготовителей кранов.

Нормативное значение горизонтальной нагрузки вдоль рельса, вызванной торможением крана, считают равной 10% от полного нормативного значения вертикальной нагрузки. Нормативное значение нагрузки поперек рельса, вызванной торможением каретки крана, считают равной 5% от полного нормативного значения вертикальной нагрузки при гибком подвесе, при жестком – равной 10%.

При определении расчетных значений нагрузок учитываются коэффициенты надежности по нагрузки и коэффициенты динамичности, которые в свою очередь определяются по нормам в зависимости от группы крана.

В Еврокодах крановую нагрузку разделяют на две группы: переменная и случайная. К переменной относят гравитационное воздействие и инерционные силы. Динамику учитывают при помощи коэффициентов динамичности. К случайным нагрузкам относят воздействия в результате столкновения крана с препятствиями.

В вероятностной модели крановых воздействий вертикальные и горизонтальные нагрузки рассматриваются как случайные величины или процессы. Принято считать, что изменения крановых нагрузок случайны как по величине, так и по положению в пространстве-времени. Для определения расчетных значений в вероятностной модели применяется теория выбросов. Установлено, что процесс выбросов в виде превышений среднего уровня близок к пуассоновскому, что позволяет рассматривать выбросы как независимые случайные величины. Расчетное значение нагрузки определяется на основе задания исходных параметров, а именно срока службы и обеспеченности.

На данный момент полувероятностный вариант моделирования крановой нагрузки, принятый в нормативной документации РФ, обеспечивает точность моделирования не такую полную, как при вероятностном моделировании, но в инженерных целях данный подход оправдывает себя, так как требует меньшей трудоемкости в вычислениях.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 34017-2016. Краны грузоподъемные. Дата введения 2018-01-01.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* (с Изменениями N 1, 2) Введ. 2017-06-04 М.: Минстрой России 2016.
3. Краснощеков Ю.В., Заполева М.Ю. Основы проектирования конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 316 с.
4. Аугусти А., Баратта А., Кашиати Ф. Вероятностные методы в строительном проектировании. М.: Стройиздат, 1988. 584 с.