

Расчет надежности железобетонных колонн каркасной конструкции, возведенной по методике КУБ-2.5

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данного исследования является проведение расчётов по определению надежности железобетонных колонн каркасной конструкции, возведенной по методике КУБ-2.5, а также анализ полученных данных. Используются поисковые, аналитические и сравнительные методы исследования. В результате были получены и проанализированы данные, касающиеся безопасной эксплуатации колонн каркасного здания, построенного посредством технологии КУБ-2.5.

Ключевые слова: строительство, расчет, колонна, напряжения, надежность, каркасная конструкция, нагрузки.

Calculation of the reliability of reinforced concrete columns of a frame structure erected using the KUB-2.5 method

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to carry out calculations to determine the reliability of reinforced concrete columns of a frame structure erected using the KUB-2.5 method, as well as to analyze the data obtained. Search, analytical and comparative research methods were used. As a result, data was obtained and analyzed regarding the safe operation of columns of a frame building built using KUB-2.5 technology

Keywords: construction, calculation, column, stress, reliability, frame structure, loads.

1. Введение

Строительство многоэтажных жилых зданий с использованием каркасных конструкций за последние десятилетия стало крайне популярным (рис.1). Это связано с рядом причин, среди которых можно выделить как технические, так и экономические факторы. Одним из главных преимуществ каркасных зданий является использование современных строительных технологий, которые позволяют значительно сократить затраты на возведение таких объектов. Вдобавок, каркасные конструкции обеспечивают большую гибкость в проектировании и планировке помещений, что позволяет

архитекторам и проектировщикам создавать комфортные и функциональные пространства.



Рисунок 1. Каркасный многоэтажный дом

Одной из наиболее распространенных систем, используемых при строительстве, является каркас КУБ-2.5 (рис.2). Эта система была разработана еще в 1980-е годы, но до сих пор сохраняет свою актуальность и широко применяется как для жилых, так и для общественных зданий. Система включает в себя разнообразные сборные железобетонные элементы, такие как колонны, плиты перекрытий, лестничные марши, стенные панели, балки и вентиляционные блоки. Одной из особенностей системы является способ крепления плит перекрытия к колоннам — они соединяются с помощью металлических закладных деталей, что позволяет получить ровную и гладкую поверхность потолка, что особенно важно для жилых зданий.



Рисунок 2. Технология КУБ-2.5

В статьях С.Р. Овчинникова, В.К. Титовой и И.К. Муртазина рассматриваются новые технологии возведения безригельных каркасов [2, 3]. В публикациях В.С. Уткина, С.А. Соловьева, А.Д. Белоглазова и Д.А. Семенова производится расчет надежности и несущей способности железобетонных колонн [4, 5]. В работе Г.И. Шапиро, Р.В. Юрьева описан пример расчета конструкции, возведённой по методике КУБ [1].

Целью исследования является проведение расчётов по определению надежности железобетонных колонн каркасной конструкции, возведенной по методике КУБ-2.5, а также анализ полученных данных.

В работе были получены и проанализированы данные, касающиеся безопасной эксплуатации колонн каркасного здания, построенного посредством технологии КУБ-2.5.

2. Основные несущие элементы каркасных конструкций

В каркасных зданиях основными несущими элементами являются колонны и плиты перекрытий. Эти конструкции проектируются с учетом нормативных требований, которые гарантируют необходимую несущую способность и жесткость. Важно отметить, что такие конструкции должны быть надежными, так как от их работы зависит безопасность всего здания.

Надежность строительных конструкций можно рассматривать как вероятность того, что они будут функционировать безотказно в течение определенного времени. Эта вероятность, как правило, измеряется числом от 0 до 1, где 1 — это полная уверенность в безотказной работе, а 0 — полная вероятность отказа. Современные нормы проектирования не позволяют точно определить эту вероятность для каждой конкретной конструкции, но с помощью методов расчета можно оценить уровень надежности.

Одним из наиболее важных элементов каркасных конструкций являются колонны, так как именно они несут основную нагрузку здания. Оценка вероятности безотказной работы колонн является важной задачей.

3. Расчет надежности колонны

Для лучшего понимания того, как происходит расчет надежности, рассмотрим пример одного из общественных зданий, построенных с использованием системы КУБ-2.5. Здание состоит из трех этажей и технического подполья, а сетка колонн имеет размеры 6×6 м. Сечение колонн в данном проекте прямоугольное, с размерами 400×200 мм. В качестве продольной арматуры применены четыре стержня диаметром 20 мм, с классом арматуры А-III. Бетон колонн — тяжелый, с маркой В30 (рис. 1). Для расчета надежности колонны, расположенной в техническом подполье между отметками ±0,000 и -2,240, необходимо учесть множество факторов, таких как величина нагрузки, особенности бетона и арматуры, а также параметры самой конструкции.

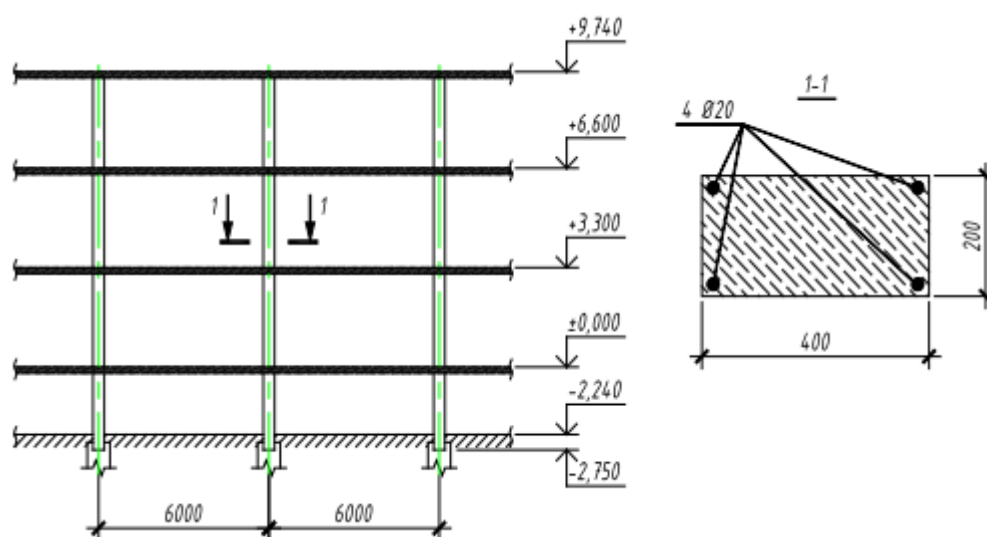


Рисунок 3. Схема каркаса и поперечное сечение колонны

В данном примере колонна находится под значительными нагрузками, и именно на ее безотказной работе зависит стабильность всей конструкции.

Для класса бетона с маркировкой В30 $R_b = 22$ Мпа, для арматуры класса А-III, $R_{sc} = 365$ Мпа, нормированных коэффициентах вариации прочности бетона и арматуры $v_b = 0,135$ и $v_{sc} = 0,05$ соответственно.

Определим средние значения прочности бетона

$$R'_b = \frac{R_b}{1 - 1,64v_b} = \frac{22}{1 - 1,64 * 0,135} = 282 \text{ кг/см}^2$$

Определим средние значения прочности арматуры

$$R'_{sc} = \frac{R_{sc}}{1 - 1,64v_{sc}} = \frac{365}{1 - 1,64 * 0,05} = 3976 \text{ кг/см}^2$$

Далее найдем среднее значение несущей способности колонны

$$N = \varphi * (R'_b * A_b + R'_{sc} * A_{sc}) = 0,9019 * (282800 + 3976 * 12756) = 248508 \text{ кг}$$

Перейдем к нахождению среднего квадратического отклонения несущей способности колонны (S_N)

$$\frac{\partial N}{\partial R'_b} = \varphi * A_b; \quad \frac{\partial N}{\partial R'_b} = \varphi * R'_b; \quad \frac{\partial N}{\partial R'_{sc}} = \varphi * A_{sc}; \quad \frac{\partial N}{\partial R'_{sc}} = \varphi * R'_{sc}$$

$$S_N = \sqrt{[(\varphi * A_b * v_b * R'_b)]^2 + (\varphi * R'_b * S_A)^2 + [(\varphi * A_{sc} * v_{sc} * R'_{sc})]^2 + (\varphi * R'_b * S_A)^2}$$

$$= \varphi * \sqrt{[(A_b * v_b * R'_b)]^2 + (A_{sc} * v_{sc} * R'_{sc})^2}$$

$$S_N = 0,9019 * \sqrt{[(12,56 * 0,05 * 282)]^2 + (800 * 0,135 * 282)^2}$$

$$= 27560 \text{ кг}$$

Геометрические размеры колонн и арматуры имеют крайне малые значения, поэтому средние квадратические отклонения для этих параметров (S_A , S_{Asc}) считаются равными нулю. Нагрузки, обусловленные собственной массой несущих конструкций, были определены на основе средней плотности железобетона (2500 кг/м^3) и соответствующих размеров. Так, сечение колонны составляет $400 \times 200 \text{ мм}$, а толщина плиты перекрытия — 160 мм . Поскольку изменчивость этих размеров минимальна, ей можно пренебречь.

Нагрузки от собственного веса пола и крыши зависят от их состава. После анализа различных вариантов конструкций этих элементов было установлено, что средняя нагрузка для обеих конструкций составляет примерно 100 кг/м^2 , при этом коэффициент варьирования для пола и крыши равен $0,06$ и $0,04$ соответственно.

Средние значения снеговой нагрузки были вычислены для периодов эксплуатации здания в 1 год и 50 лет, и составляют 91 кг/м^2 и 188 кг/м^2 соответственно. При этом среднее квадратическое отклонение остаётся постоянным и равно 32 кг/м^2 .

Полезная нагрузка была также вычислена для периодов эксплуатации здания в 1 год и 50 лет: $118,2 \text{ кг/м}^2$ и 180 кг/м^2 соответственно, при этом среднее квадратическое отклонение равно $20,4 \text{ кг/м}^2$ (табл. 1).

Таблица 1. Значение нагрузок

Наименование	Ед. изм.	Среднее значение		Среднее квадратичное отклонение
		Через 1 год	Через 50 лет	
Плита перекрытия	кг/м ²	400	400	0
Колонна	кг/м	200	200	0
Кровля	кг/м ²	100	100	4
Пол	кг/м ²	100	100	6
Снеговая нагрузка	кг/м ²	91	188	32
Полезная нагрузка	кг/м ²	118	180	20

Перейдем к нахождению вероятности безотказной работы

$$\gamma(t) = \frac{N + N_H(t)}{\sqrt{(S_N^2 + S_H^2)}} = z - \frac{2,0686 - 0,4214 * z}{1 + 0,3149 * z - 0,091 * z^2}; z = \sqrt{\ln \frac{1}{Q^2(t)}}$$

N - среднее значение несущей способности

$N_H(t)$ - среднее значение нагрузки в момент времени t

S_N – среднее квадратическое отклонение несущей способности

$S_{нагр}$ – среднее квадратическое отклонение нагрузки

В результате расчетов получили, что через $t=1$ год $\gamma=0,999998$, а через $t=50$ лет $\gamma=0,999998$. Отсюда видно, что снижение безотказной работы практически равны нулю. Однако для того, чтобы уверенно утверждать, что полученные данные являются достаточными для обеспечения надежности конструкции, необходимо сравнить их с нормативными значениями.

Нормативные значения вероятности безотказной работы определяются не только на основе технических характеристик конструкции, но и с учетом возможных последствий отказа. Эти последствия могут быть как экономическими, так и социальными, и они во многом зависят от назначения здания или помещения.

Существует несколько методик, с помощью которых можно назначить или рассчитать нормативные значения, данные показатели находятся в диапазоне от 0,99999 и выше.

Полученные результаты расчетов вероятности безотказной работы колонн, могут служить индикатором степени ответственности и важности самого здания. Это означает, что назначение помещений и назначение здания в целом напрямую влияют на требования к надежности. Таким образом, проектирование должно учитывать не только технические характеристики, но и потенциальные последствия в случае отказа, что позволяет обеспечить максимальную безопасность и эксплуатационную надежность здания в течение всего его срока службы.

4. Заключение

Каркасное строительство остается популярным благодаря своей экономичности и гибкости. Система КУБ-2.5, использующая сборные железобетонные элементы, обеспечивает надежность и долговечность зданий. Оценка вероятности безотказной работы колонн, ключевых элементов каркасных конструкций, имеет решающее значение для безопасности. Соблюдение всех норм гарантирует необходимую надежность, снижает риски и способствует долгосрочной эксплуатации зданий.

Библиографический список

1. Шапиро Г.И., Юрьев Р.В. Расчет конструктивной системы "КУБ 2,5" // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №12. С. 40-42. URL:

- <https://elibrary.ru/item.asp?id=15489549>
2. Овчинников С.Р., Титова В.К. Новые технологии возведения безригельных каркасов жилых зданий// Молодежь и XXI век – 2017. 2017. С. 269-276. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28877978>
 3. Муртазин И.К. КУБ - прогрессивные безригельные и бескапитальные системы крупнопанельного домостроения// Студенческий/ 2022. №18. С. 8-9. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48657831>
 4. Семенов Д.А. Расчет несущей способности железобетонных колонн по деформированной схеме// Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9. С. 35-41. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29958448>
 5. Уткин В.С., Соловьев С.А., Белоглазов А.Д. Расчет надежности (безопасности эксплуатации) железобетонной колонны// Сейсмостойкое строительство. безопасность сооружений. 2016. №4. С. 50-55. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26463871>
 6. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия