

УДК 624.012

Лизогуб А. А.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Тур А. В.

ФОРМАТ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УРОВНЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Введение. Согласно [1] при проектировании строительных конструкций должны быть выполнены четыре базовых требования, касающиеся безопасности, эксплуатационной пригодности, долговечности и живучести.

Требования живучести относятся к проверке конструктивных систем в особых расчетных ситуациях при появлении особых воздействий. К таким ситуациям можно отнести взрыв бытового газа, террористическую атаку, удар транспортного средства и т. п. Все эти случаи предполагают то, что конструктивная система будет реагировать нелинейно.

При проверке конструктивных систем в особых расчетных ситуациях встает вопрос оценки формата безопасности.

Целью работы является калибровка частного коэффициента безопасности к уровню предельно допустимой динамической нагрузки для назначенного индекса надёжности. В работе данная калибровка выполняется для консольной балки с учетом статистической изменчивости свойств материалов, основные положения которой могут быть использованы и для других более сложных конструктивных систем, например, рамных каркасов, плоских дисков перекрытий и др.

Энергетический подход. В работе [2] был предложен метод оценки живучести, основанный на энергетическом подходе. Данный подход базируется на фундаментальном законе сохранения энергии. Результатом использования метода является определение предельно допустимого уровня динамической нагрузки на максимальном динамическом перемещении. Для нахождения данного уровня необходимо уметь получать правдоподобную нелинейную реакцию системы.

Таким образом, становится совершенно очевидно, что для проверки живучести конструктивной системы необходима полная нелинейная зависимость «сила-перемещение», для узла, в котором производится удаление ключевого элемента либо реализуется максимальное динамическое (квазистатическое) перемещение.

Сеточный метод. Особую сложность представляет определение нелинейной реакции в плоских дисках перекрытий. Для решения данной задачи был предложен метод сеток [3, 4].

Суть метода заключается в замене плиты перекрытия сеткой из стержневых конечных элементов, закрепленных в узлах, расположенных в двух ортогональных направлениях. Элементы сетки работают по линейно-упругой модели. Нелинейную работу описывают с помощью врезки в узлы этих элементов пластических шарниров, которые моделируют изгиб, срез и кручение в пластической стадии.

Учет физической нелинейности и врезка пластических шарниров позволяют получить полную нелинейную зависимость «сила-перемещение» необходимую для оценки живучести плоских плитных систем.

Формат безопасности. Так как прочностные характеристики материалов, в нашем случае бетона и стали, не являются постоянными величинами даже в пределах установленных классов, то и уровень предельно допустимой динамической нагрузки для одной и той же железобетонной конструкции также обладает статистической изменчивостью. Данный уровень нагрузки напрямую зависит от формы разрушения конструкции (хрупкое либо пластическое) и характеристик пластических шарниров.

В работе использован вероятностный метод оценки формата безопасности, в котором свойства материалов (значения прочностей, соответствующих пиковой точке на диаграммах деформирования) описываются выборкой нормально распределенных случайных величин.

Всего было параллельно сгенерировано тридцать выборок для бетона класса С20/25 (среднее значение прочности которого $f_{cm}=28$ МПа, а стандартное отклонение составляет $\sigma_c=4,8$ МПа) и тридцать выборок для стали (класса S500, среднее значение прочности которой $f_{sm}=560$ МПа, а стандартное отклонение $\sigma_s=30$ МПа), что допустимо в соответствии с нормами для гипотетически бесконечных выборок.

Затем для каждой из тридцати полученных генераций пар нормальных распределений прочностей бетона и стали случайным образом формировались пары конкретных значений прочностей (таблица 1).

Таблица 1 – Пары случайных прочностных характеристик материалов и уровень предельно допустимой динамической нагрузки

№ п/п	Бетон	Сталь	P_{du}	№ п/п	Бетон	Сталь	P_{du}	№ п/п	Бетон	Сталь	P_{du}
1	28,78	559,67	32,18	11	27,64	519,49	30,26	21	24,57	603,54	32,50
2	32,05	547,54	32,03	12	28,50	516,83	30,26	22	19,29	546,01	28,08
3	27,45	598,37	33,07	13	20,88	594,82	29,75	23	29,63	583,55	33,46
4	35,83	582,96	34,44	14	35,12	544,02	32,61	24	24,80	603,23	32,72
5	21,84	588,97	30,86	15	27,52	517,70	30,07	25	27,79	544,12	31,01
6	36,05	569,08	33,84	16	36,61	587,08	34,72	26	31,31	565,70	32,85
7	26,14	562,38	31,19	17	34,63	575,98	34,08	27	28,65	568,39	32,54
8	31,21	578,40	33,49	18	26,75	585,29	32,48	28	30,47	529,99	30,96
9	29,01	585,18	33,40	19	33,93	539,86	31,81	29	30,54	568,70	32,90
10	23,92	536,73	29,74	20	22,11	544,56	29,66	30	29,78	507,82	30,09

Полученные прочностные характеристики являются исходными данными для нелинейного расчета консольной заземленной железобетонной балки длиной 3,0 м, сечением 200×300 мм и процентом армирования растянутой зоны $\rho=1,4\%$. Нагрузка в виде сосредоточенной силы P была приложена к свободному концу балки.

Зная прочностные характеристики материалов и геометрические характеристики сечения, можно получить зависимость «момент-кривизна»; необходимую для нелинейного статического расчета, которая позволяет описать образование и работу изгибных пластических шарниров.

В результате тридцати нелинейных расчётов с учетом образования пластических шарниров были получены тридцать нелинейных реакций «сила-перемещение» для узла, в котором была приложена сила P .

Пользуясь достаточно простыми правилами, основанными на энергетическом балансе системы, для каждого случая определяли уровень предельно допустимой динамической нагрузки (таблица 1). Имея набор данных, построили гистограмму для полученных значений (рисунок 1).

Очевидно, что для дальнейшей работы с данными (уровни предельно допустимой динамической нагрузки) нам необходимо определить, под какую функцию распределения они подходят и подходят ли вообще под какую-либо функцию.

Предположим, что данная величина соответствует нормальному распределению, и построим для неё функцию плотности вероятности (штриховая линия на рисунке 1).

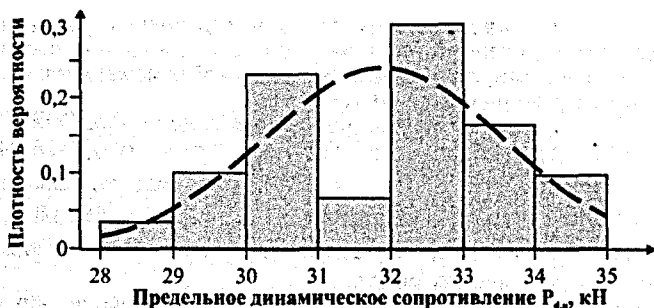


Рисунок 1 – Гистограмма P_{μ}

Проверку на нормальность распределения выполняем с помощью проверки «квантиль-квантиль», в которой сравниваются квантили нормального и теоретического распределения (рисунок 2). Построив доверительный интервал (штриховая линия на рисунке 2), мы видим, что полученные величины P_{du} (черные точки на рисунке 2) за доверительную область не выходят, соответственно с определенным допущением можно считать данную функцию нормальной.

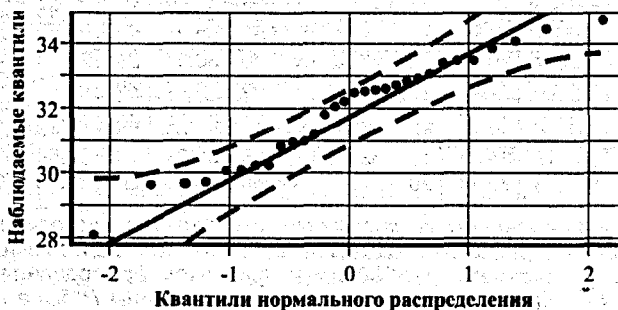


Рисунок 2 – Проверка «квантиль-квантиль»

Для нормальной функции распределения вероятностей можем назначить квантиль установленного порядка. Для квантили порядка 10^{-4} получаем, что значение уровня предельно допустимой динамической нагрузки равно $f_q = 25,7$ кН, тогда как среднее значение равно $f_{\mu} = 31,9$ кН, а среднеквадратичное отклонение $\sigma = 1,66$ (рисунок 3).

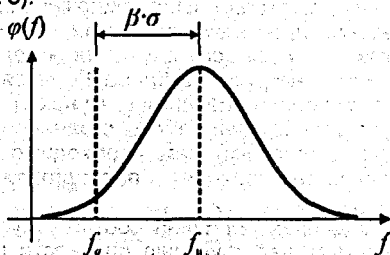


Рисунок 3 – К определению частного коэффициента безопасности для уровня предельно допустимой динамической нагрузки

Согласно рисунку 3 можем записать следующее равенство:

$$\beta \cdot \sigma = f_{\mu} - f_q \quad (1)$$

Выразим индекс надежности β из формулы 1:

$$\beta = \frac{f_{\mu} - f_q}{\sigma} = \frac{31,9 - 25,7}{1,66} = 3,73 \quad (2)$$

Теперь сравним полученный индекс надежности $\beta=3,73$ с табличным значением по функции Лапласа (таблица 2). Можно сделать вывод, что наше распределение является нормальным.

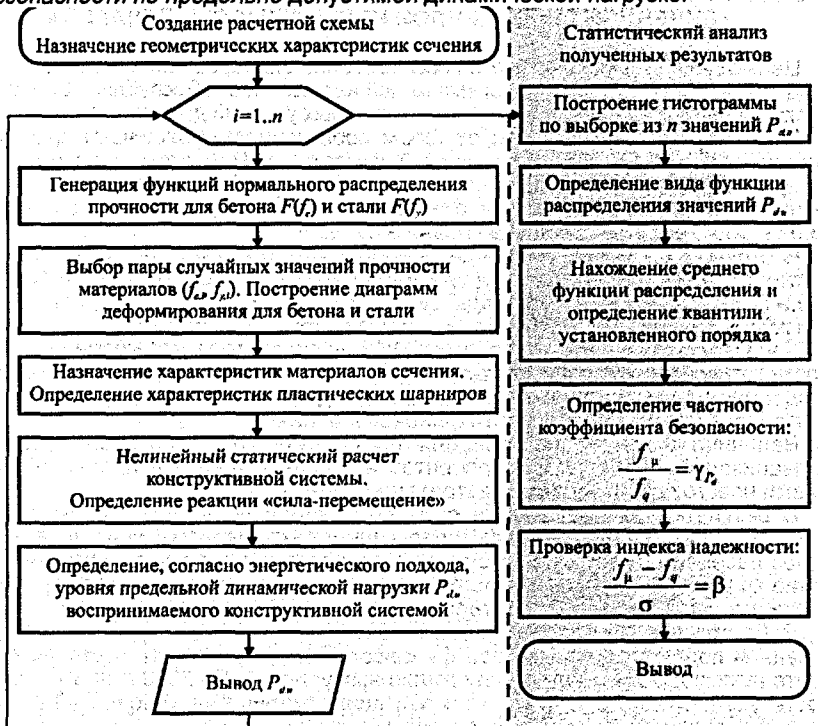
Таблица 2 – Взаимосвязь между индексом надежности β и вероятностью отказа P_f согласно функции Лапласа

P_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
β	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

При установленном индексе надежности $\beta=3,73$ для определенной квантили (в нашем случае 10^{-4}) может быть найден частный коэффициент безопасности для уровня предельно допустимой нагрузки γ_{Pd} :

$$\gamma_{Pd} = \frac{f_{\mu}}{f_q} = \frac{31,9}{25,7} = 1,24 \quad (3)$$

Ниже представлен общий алгоритм определения частного коэффициента безопасности по предельно допустимой динамической нагрузке:



Предложенный метод определения частного коэффициента безопасности по предельно допустимой динамической нагрузке может быть применен не только для консольной балки, но и для проверки других более сложных конструктивных систем, например, рамных каркасов, дисков перекрытия и др.

Список цитированных источников

1. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций: ТКП EN 1990-2011. – Минск: МАиС, 2012.
2. Тур, А. В. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов при внезапном приложении нагрузки: дисс. канд. техн. наук: 05.23.01/ А. В. Тур – Брест, 2012. – 228 с.
3. CORTI, G. Grid model for the non-linear behavior of R/C flat-slab subjected to gravity and lateral loads. – 2010.
4. Горбат, Я.В. Расчет плоских монолитных дисков перекрытия с помощью сеточного метода / Я.В. Горбат, А.А. Лизогуб // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: В.С. Рубанов [и др.]. – Брест: Издательство БрГТУ, 2017. – Часть I. – С. 152–158.

УДК 69.003.12

Матусевич Ю. В., Сулима А. В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Срывкина Л. Г.

ТЕНДЕНЦИИ РЫНКА ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ БЕЛАРУСИ

Целью данной работы является исследование факторов, влияющих на спрос, предложение и уровень цен на рынке жилой недвижимости Республики Беларусь, а также оценка доступности улучшения жилищных условий для граждан.

В Беларуси в зависимости от форм собственности различают два вида жилищного фонда – государственный и частный. При этом доля частного жилфонда постоянно увеличивается. Так, если в 2005 году, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [1], она составляла 83,0 %, то в 2017 году достигла уровня 94,1 %.

В структуре жилищного фонда преобладает городской, причем доля его растет: с 1995 до 2017 года она увеличилась на 45,55 % – от 123,6 млн м² до 179,9 млн м². При этом площадь сельского жилищного фонда практически неизменна: в 1995 году – 76,9 млн м², в 2017 году – 76,5 млн м².

К числу основных факторов, влияющих на спрос на рынке жилой недвижимости, относятся: уровень платежеспособности населения, демографические тенденции (изменения в численности, структуре населения, во вкусах и предпочтениях), уровень доступности финансирования.

Величина предложения определяется следующими факторами: резервом нереализованных площадей, процентом не сданных в аренду площадей, объемами нового строительства и затратами на него.

В результате, на изменение стоимости жилой недвижимости оказывают воздействие, в первую очередь, следующие факторы: изменение уровня доходов населения, состояние экономики, трудовая и культурная миграция, развитие кредитования, включая льготное, развитие инфраструктуры микрорайонов, изменение объемов строительства.

В Беларуси на протяжении длительного времени проводилась государственная политика по серьезной финансовой поддержке лиц, состоявших на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий. До 2010 года их численность увеличивалась (в этом году улучшило жилищные условия 48,9 тысяч семей), а затем динамика начала меняться.