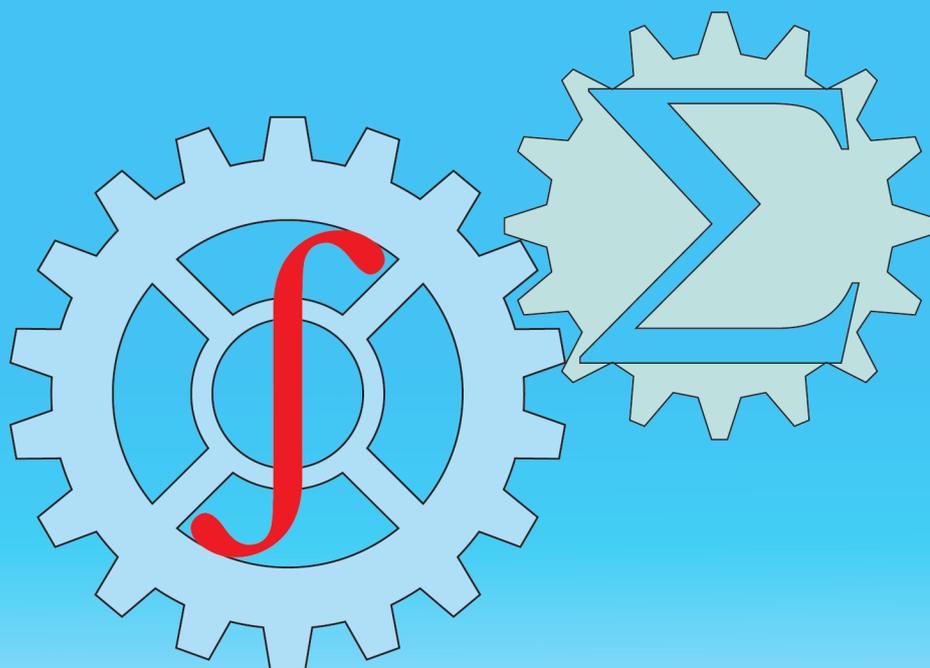




ISSN: 2010-7250
Published from 1992

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
Mechanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti

МЕХАНИКА МУАММОЛАРИ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ PROBLEMS OF MECHANICS



2025
Volume 34
No: 4

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

МЕХАНИКА
МУАММОЛАРИ

O‘ZBEKISTON
JURNALI

4

2025

УЗБЕКСКИЙ
ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ
МЕХАНИКИ

Журнал под таким названием издается с января 1992 г.

Ташкент – 2025

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – докт. физ.-мат. наук, проф. К.С. СУЛТАНОВ
Заместитель главного редактора – докт. физ.-мат. наук Р.А. АБИРОВ
Заместитель главного редактора – PhD Н.А. НИШОНОВ
Ответственный секретарь – докт. тех. наук М.М. ХАМДАМОВ

Абдикаримов Р.А. д.ф.-м.н., проф. (Ташкент)	Мирсаидов М. д.т.н., проф., академик АН РУз (Ташкент)
Абдусаттаров А. д.т.н., проф. (Ташкент)	Мухаммадиев Д.М. д.т.н., проф. (Ташкент)
Азимов Д. д.т.н., проф. (США)	Панахов Г.М. д.т.н., проф., член-корр. НАНА (Баку)
Алдошин Н.В. д.т.н., проф. (Москва)	Паровик Р. д.ф.-м.н. (Петропавловск-Камчатский)
Алимухамедов Ш.П. д.т.н., проф. (Ташкент)	Ризаев А.А. д.т.н., проф. (Ташкент)
Ахмедов А.Б. д.ф.-м.н., проф. (Ташкент)	Сагдиев Х.С. к.т.н. (Ташкент)
Бахадиров Г.А. д.т.н., проф. (Ташкент)	Сирожиддинов З. д.т.н., проф. (Самарканд)
Быковцев А.С. д.ф.-м.н., проф. (США)	Старовойтов Э.И. д.ф.-м.н. (Гомель, Беларусь)
Ватин Н.И. д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)	Тохилов Ш.М. к.ф.-м.н. (США)
Дусматов О.М. д.ф.-м.н., проф. (Самарканд)	Тухтакузиев А.Т. д.т.н., проф. (Ташкент)
Зубарев А.Ю. д.ф.-м.н., проф. (Екатеринбург)	Юлдашев Ш.С. д.т.н., проф. (Наманган)
Исмоилова С.И. д.т.н., проф. (Ташкент)	Худайкулиев Р.Р. к.т.н. (Ташкент)
Казанцев С.П. д.т.н., проф. (Москва)	Хужаев И.К. д.т.н., проф. (Ташкент)
Кузнецов С.В. д.ф.-м.н., проф. (Москва)	Хужаёров Б.Х. д.ф.-м.н., проф. (Самарканд)
Маликов З.М. д.т.н., проф. (Ташкент)	Хусанов Б.Э. д.т.н. (Ташкент)
Мамасаидов М.Т. д.т.н., проф., академик НАН КР (Ош)	Шардаков И.Н. д.ф.-м.н., проф. (Пермь)
Мардонов Б.М. д.ф.-м.н., проф. (Ташкент)	Эргашов М. д.т.н., проф. (Ташкент)
Матвеев В.П. д.т.н., проф., академик РАН (Пермь)	Ювмитов А.С. д.т.н., с.н.с. (Ташкент)

Адрес редакции:

*100125, Ташкент, Академгородок, Дурмон йули, 40.
Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева АН РУз*

*Телефон: +99855 520-02-45
+99855 520-04-46*

E-mail: instmechofficial@gmail.com

Технический редактор: Михайлова В.В.

Журнал зарегистрирован Агентством по печати и информации Республики Узбекистан 22.12.2006 г.
Регистрационный номер 0050.

Номер одобрен на заседании редакционной коллегии журнала 25.12.2025

Сдано в набор 15.12.2025. Подписано в печать 29.12.2025.

Формат 60×84 1/8. Гарнитура Times New Roman. Ризография.

Усл.- печ. л. 6.5. Уч.-изд. л. 6.82. Тираж 130.

Цена договорная.

Отпечатано в типографии ООО "Munis design group":

100170, г. Ташкент, ул. Буз-2, презд, дом 17-А.

Usarov M.K., Usanov F.A., Shamsiyev D.K. Kontinual plastinali fazoviy model asosida fazoviy poydevorga ega ko'p qavatli binoning bo'ylama tebranishlari

Annotatsiya. Ushbu maqolada bimomentli plastinalar nazariyasiga asoslangan kontinual fazoviy plastinasimon model yordamida fazoviy poydevorga ega ko'p qavatli binoning bo'ylama tebranishlariga oid dinamik masalaning sonli yechimi keltirilgan. Tadqiqotda bino va fundamentning bo'ylama tebranishlarining asosiy tenglamalari, chegaraviy va kontakt shartlari bayon qilingan. Hisoblash natijasida turli geometrik parametrlar uchun ko'p qavatli binolarning bo'ylama tebranishlari vaqtida ko'chishlarning sonli qiymatlari aniqlangan.

Kalit so'zlar: ko'p qavatli bino, bimoment nazariya, plastinka modeli, seysmik yuk, bo'ylama tebranishlar, fazoviy poydevor, kuchlanish, ko'chish, tezlanish, harakat tenglamasi, chegara shartlari, kontakt shartlar.

M.K. Usarov, F.A. Usanov, D.K. Shamsiev. Longitudinal oscillations of a multi-story building with a spatial foundation based on a spatial continual plate model.

Abstract. The article presents a numerical solution to the dynamic problem of longitudinal oscillations of a multi-story building with a spatial foundation based on a spatial continuous plate model developed using the bimoment theory of plates. The main equations of longitudinal oscillations, boundary and contact conditions of the building are given. Numerical results of displacement calculations during longitudinal oscillations of multi-story buildings for various options of geometric dimensions are obtained.

Keywords: Multi-storey building, bimoment theory, plate model, seismic load, longitudinal vibrations, spatial foundation, stresses, displacement, acceleration, equation of motion, boundary conditions, contact conditions.

УДК 691.328.43

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Сирожиддинов З., Гуломов Х.А.

Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет, Самарканд, Узбекистан
E-mail: hamida1979305@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные требования, связанные с обеспечением достоверности результатов, полученных в процессе испытаний образцов мелкозернистого бетона, модифицированного минеральными и химическими добавками. При статистическо-вероятностной оценке результатов испытаний были определены доверительные интервалы, стандартное отклонение и коэффициент вариации. Приведены алгоритмы расчета с использованием результатов подготовленных эталонных образцов, определены вероятностные значения, выбор коэффициентов надежности и их аспекты, связанные с нормативными показателями.

Ключевые слова: кубиковая прочность бетона, состав бетона, статистическая оценка, доверительные интервалы, стандартное отклонение, коэффициент вариации, вероятностное значение, эталон, нормативные показатели.

Введение. Строительная отрасль в Узбекистане стремительно развивается. Бетон остается основным строительным материалом при возведении новых жилых комплексов, промышленных объектов, гидротехнических сооружений, дорожно-инфраструктурных сооружений, метрополитена и мостов. В то же время, поскольку страна расположена в сейсмически активной зоне, прочность и надежность бетона должны соответствовать более высоким требованиям. Прочность бетона в сооружениях с повышенным уровнем ответственности, таких как гидротехнические сооружения, стадионы, многоэтажные жилые здания, школы, больницы, аэропорты напрямую связана с безопасностью этих объектов.

При оценке бетона изучаются его различные физико-механические свойства, наиболее важным из которых является его прочность. Точнее, при оценке производимого бетона в качестве основного критерия берется его кубиковая прочность [8].

Одной из актуальных проблем строительной практики является обеспечение требуемого уровня надёжности бетона в зависимости от категории ответственности проектируемого здания или сооружения. При этом исходной информацией служит кубиковая (или призмная) прочность бетона, которая играет ключевую роль в дальнейших расчётах и прогнозах эксплуатационных характеристик. Поэтому актуальной задачей является оценка кубической прочности бетона не только на основе стандарта, но и исходя из назначения и степени ответственности строящегося сооружения.

Современный уровень технологии производства бетонных конструкций, в том числе сборных и монолитных, позволяет значительно повысить качество и надежность выпускаемой продукции. В качестве примера таких случаев можно привести процесс назначения расчетных параметров бетона при расчетах железобетонных конструкций. На практике встречаются случаи применения единого коэффициента надежности без учета однородности, типа и степени прочности бетона, что влияет на точность результатов расчетов и надежность конструкций. Теория надежности важна для обеспечения безопасности в строительстве, оптимизации веса конструкции и достижения ресурсосбережения.

Теория расчёта надёжности конструкций играет ключевую роль в научном обосновании требований безопасности в строительстве и определении нормативных показателей. С учётом случайного характера нагрузок, действующих на строительные конструкции, вероятностно-статистические методы позволяют объективно оценить их прочность и устойчивость [1].

Методология. Испытания образцов мелкозернистого бетона, модифицированного минеральными и химическими добавками, проводились в аккредитованных строительных лабораториях ООО «Региональный испытательный центр» (г. Самарканд). Для испытаний использовались сертифицированное оборудование и средства измерений, прошедшие государственную поверку. Обработка результатов осуществлялась с применением общепринятых вероятностно-статистических методов.

Основная часть. В нормативных документах класс бетона используется в качестве основного параметра при определении расчетного сопротивления бетона по предельным состояниям. Определение класса бетона по результатам испытаний образцов-кубов является вероятностным и статистически обоснованным, и считается самым простым методом, применяемым при испытаниях бетона. В то же время, напряженное состояние, полученное по результатам испытаний стандартных кубических образцов, не полностью соответствует напряженным состояниям, возникающим в реальных конструкциях. Состояние бетона в сжатой зоне железобетонных элементов ближе к результатам испытаний, полученным на призматических образцах, что позволяет достичь более точных и надежных результатов.

В соответствии с требованиями ГОСТ 10180–2012 при оценке прочности образцов бетона используется доверительная вероятность 0.95. Принятый в стандарте уровень надёжности является статистически достаточным. Однако на практике, учитывая различия в уровне ответственности зданий и сооружений, данный показатель не всегда обеспечивает гарантированный результат.

Так, для объектов повышенной значимости (школы, больницы, многоэтажные жилые дома и др.) требуется более высокий уровень надёжности по сравнению с минимально допустимой прочностью. Следовательно, хотя ГОСТ 10180–2012 устанавливает единое значение доверительной вероятности (0.95), его нельзя рассматривать как универсальный и достаточный для всех типов зданий. В стандарте не учитывается степень ответственности зданий и сооружений, которая в современном строительстве определяется исходя из конструктивных решений и нормативно закреплённых критериев безопасности.

С этой точки зрения, в анализе и исследовании необходимо учитывать не только требования ГОСТ 10180-2012, но и степень ответственности зданий и сооружений. Это достигается с использованием теории надежности, опирающейся на вероятностно-статистический анализ прогноза.

Для того, чтобы создать возможность анализа закономерностей изменения прочности бетонных кубов на сжатие R , необходимо сначала обработать полученные эмпирические данные в установленном порядке. Этот процесс подразумевает приведение данных в форму, удобную для систематизации, группировки и визуального анализа. Такая обработка целесообразна только в том случае, если учитываются основные факторы (признаки), влияющие на формирование значений R .

В результате группировки формируются ряды распределения и таблицы, отражающие значения прочности бетонных образцов на сжатие. Такая структуризация позволяет получить краткую, но информативную характеристику общих свойств бетона и изменчивости показателей прочности.

При анализе особое значение имеет представительность выборки в каждой группе, которая во многом определяется однородностью образцов. Если значения прочности на сжатие R внутри группы обладают высокой степенью однородности (т.е. характеризуются малой дисперсией), то количество необходимых испытаний может быть уменьшено без потери достоверности результатов.

Для подтверждения представительности выборки, на основе теоремы больших чисел была построена номограмма, отражающая функциональную зависимость между числом испытаний n и коэффициентом вариации V [1]. С помощью графика на рис. 1 можно оценить достаточный уровень надёжности выборки [6].

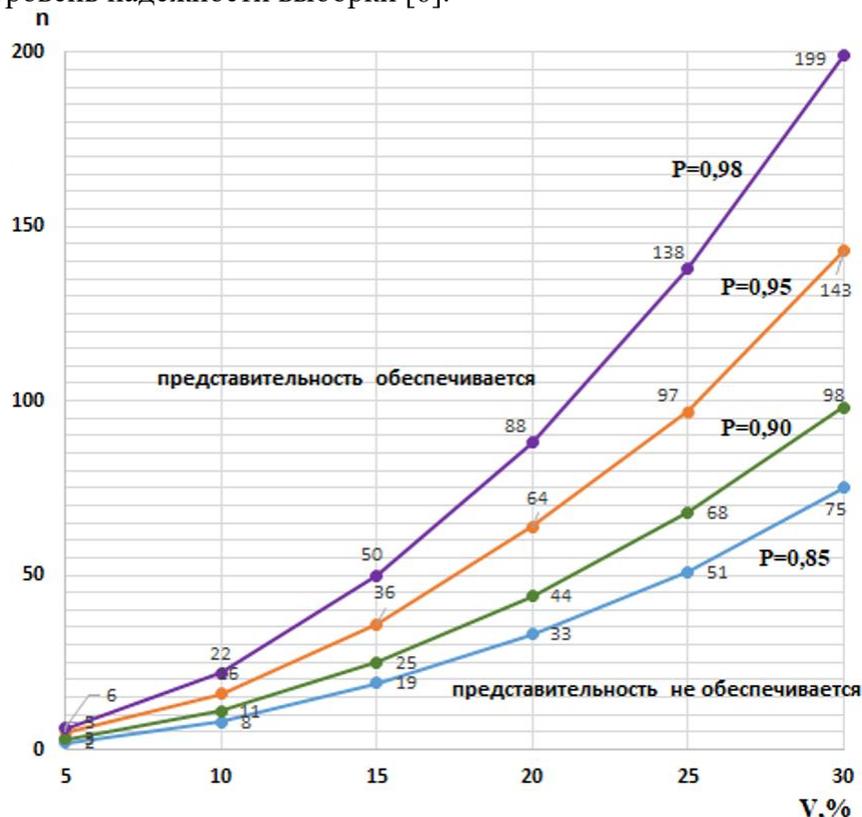


Рис. 1. График зависимости минимального числа испытаний от коэффициента вариации V по номограмме больших чисел при различных доверительных вероятностях и уровне значимости $P_\alpha=0.05$ (показатель точности)

Исходя из вышеизложенного, прочность бетонных кубов при сжатии R рассматривается как случайная величина. Для определения её нормативных и расчётных значений необходимо проанализировать статистические закономерности и решить следующие основные задачи:

- выявить основные факторы, влияющие на изменчивость значений прочности R ;
- выполнить группировку и табулирование значений прочности бетонных кубов с учётом выявленных факторов (признаков);
- установить пределы изменения прочностных характеристик и на основе полученных выборочных данных, обеспечить достаточную представительность каждой группы;
- оценить значимость ожидаемых факторов, то есть степень их влияния, с применением дисперсионного анализа.

Реализация этих задач позволяет определить нормативные и расчетные значения прочности бетонных кубов на сжатие R и представляет собой завершающий этап надежной обработки результатов.

Из бетонной смеси изготавливали кубики размером 10x10x10 см, по 6 кубиков из бетона одинакового состава. Стандартные бетонные кубы испытывали на сжатие под прессом, после 28 суток выдержки в нормальных условиях методом разрушения. Тщательно изучен каждый компонент, входящий в состав бетона с целью улучшения тех или иных свойств бетона, главным образом его прочности. Состав бетона установлен на основании многочисленных пробных испытаний кубиковой прочности бетонов. Количество исследованных составов представлено в табл. 1.

Таблица 1

Состав бетона									
Состав	Цемент, кг	Вода	Мелкий заполнитель 2.5 мм, кг	Крупный заполнитель 5-10 мм, кг	Микрокремнезём M_k , кг	Зола, кг	СП-1 Суперпласт, кг	Базальтовое волокно, кг	Суммарная масса, q , кг
Контрольный состав	594 24%	220 9%	648.9 27%	960 40%	-	-	-	-	2392.9 100%
состав 2	505 21%	220 9%	648.9 27%	960 40%	89 3%	-	-	-	2407 100%
состав 3	534.6 22%	220 9%	648.9 27%	960 40%	-	59.4 2%	-	-	2407 100%
состав 4	594 24%	220 9%	648.9 27%	960 40%	-	-	-	4.75 0.8%	2412 100%
состав 5	505 21%	185 7%	648.9 27%	960 40%	89 3%	-	3.3 1.2%	4.75 0.8%	2399.97 100%

Прочность на сжатие бетонных кубов класса В60 оценивается на предмет наличия или отсутствия случайной ошибки посредством выполнения или невыполнения следующего неравенства [3]:

$$\Delta_{max} \leq vS_{dis}, \quad (1)$$

где Δ_{max} – разность между наибольшим и наименьшим значениями прочности на сжатие бетонных кубов;

v – статистический показатель, принимаемый по табл. 1 в зависимости от числа испытаний [3];

S_{dis} – значение среднеквадратического отклонения, определяемое следующим образом:

$$S_{dis} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{A} - A_i)^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где \bar{A} – среднее арифметическое значение прочности на сжатие бетонных кубов, определенное экспериментально; A_i – соответствующее частное значение; N – количество испытаний.

Следует отметить, что независимо от того, какой знак выбран в формуле (2) (то есть в какую сторону отклоняется двусторонний доверительный предел), этот выбор в зависимости от увеличения или уменьшения показателя прочности на сжатие бетонных кубов влияет на улучшение или ухудшение условий работы зданий и сооружений.

Нормативные значения (A_n) физических или механических показателей, определяемых в ходе какого-либо эксперимента, представляют собой их средние статистические величины (при обеспечении достаточной представительности числа испытаний n), то есть [6]:

$$A_n = \frac{\sum_{i=0}^n A_i}{n}. \quad (3)$$

Расчётные показатели:

$$A_p = \frac{A_n}{\gamma}; \quad (4)$$

где γ – коэффициент надежности, принимаемый в зависимости от показателя точности для двустороннего доверительного предела, определяется следующим образом:

$$\gamma = \frac{1}{1 \pm \delta_A}. \quad (5)$$

Показатель точности, обозначаемый как δ_A :

$$\delta_A = \frac{t_\alpha V_A}{\sqrt{n}}, \quad (6)$$

где t_α – критерий Стьюдента, значения которого в зависимости от числа проведённых экспериментов и принятой доверительной вероятности табулированы Стьюдентом–Фишером [6];

V_A – коэффициент вариации, представляющий собой отношение среднеквадратического отклонения показателя к его нормативному значению, то есть:

$$V_A = \frac{S_{dis}}{A_n}. \quad (7)$$

Среднеквадратическое отклонение показателя S_{dis} определяется на основании выражения (2).

Для определения статистических значений рассмотрим прочность на сжатие бетонных кубов класса В60 состава 1 (контрольный состав). Для этого приведём результаты в форме табл. 2.

Таблица 2

Таблица статистических показателей прочности на сжатие бетонных кубов класса В60 (состав 1)

№	Результаты испытаний R , МПа	Среднеквадратическое отклонение $\Delta = \bar{R} - R_i$	$\Delta^2 = (\bar{R} - R_i)^2$
1.	57.49	0.381667	0.145669
2.	57.67	0.201667	0.040669
3.	57.39	0.481667	0.232003
4.	57.11	0.761667	0.580136
5.	57.37	0.501667	0.251669
6.	60.2	-2.32833	5.421136
	$\Sigma 347.22$		$\Sigma 6.6712$

Определим наличие грубой погрешности между значениями прочности на сжатие R , полученными в результате 6 испытаний, проведенных на (контрольных) бетонных кубах.

Среднее арифметическое значение прочности бетонных кубов на сжатие R_A :

$$R = \frac{\sum_{i=0}^n R_i}{n} = \frac{347.22}{6} = 57.87 \text{ МПа}$$

Среднеквадратическое отклонение показателя прочности бетонных кубов на сжатие согласно выражению (2):

$$S_{dis} = \sqrt{\frac{6.6712}{6-1}} = 1.1551.$$

При количестве экспериментов 6 согласно [3], статистический показатель составляет $v = 2.07$. Тогда согласно выражению (1):

$$v S_{dis} = 2.07 \cdot 1.054 = 2.39 \approx 2.4.$$

Из табл. 2 видно, что наибольшее значение прочности бетонных кубов на сжатие R равно $R_{max} = 60.2$. Тогда,

$$\Delta'_{max} = |57.87 - 60.2| = 2.33 < v S_{dis} = 2.4.$$

Меньшее значение равно $R_{min} = 57,11$. Следовательно,

$$\Delta'_{min} = |57.87 - 57.11| = 0.76 < vS_{dis} = 2.4.$$

То есть, в табл.2 нет грубой ошибки между прочностью бетонных кубов на сжатие R. Используя табл. 2, определяем средние значения нормативных и расчетных показателей прочности бетонных кубов на сжатие R:

Согласно выражению (7), соответствующий коэффициент вариации равен:

$$V_R = \frac{1.1551}{57.87} = 0.01996.$$

Если для коэффициента вариации $V=0.01996$ и числа испытаний, равного 6, оценить представительность выборки по графику, построенному на основе номограммы (рис. 1), составленной в соответствии с теоремой больших чисел, то выборка считается репрезентативной. Следовательно, результаты проведенных 6 испытаний являются достаточными для данного анализа.

При доверительном интервале $\alpha=0.85$ критерий Стьюдента-Фишера составляет $t_\alpha=1.16$. Определим показатели точности [4].

$$P_\alpha = \frac{1.16 \cdot 0.01996}{\sqrt{6}} = 0.009452.$$

Определим коэффициент надежности для прочности бетонных кубов на сжатие:

$$\gamma_R = \frac{1}{1 - 0.00945} \approx 1.01.$$

Расчетное значение:

$$R_p = \frac{57.87}{1.01} = 57.325 \text{ МПа.}$$

При доверительном интервале $\alpha=0.90$ критерий Стьюдента-Фишера составляет $t_\alpha=1.48$ и показатель точности прочности на сжатие бетонных кубов следующий:

$$P_\alpha = \frac{1.48 \cdot 0.01996}{\sqrt{6}} \approx 0.01206.$$

Определим коэффициент надежности по нижней границе: $\gamma_R = \frac{1}{1 - 0.01206} \approx 1.0122.$

Расчетное значение: $R_p = \frac{57.87}{1.0122} = 57.17 \text{ МПа.}$

При доверительном интервале $\alpha=0.95$ критерий Стьюдента-Фишера составляет $t_\alpha=2.01$ и показатель точности прочности на сжатие бетонных кубов следующий:

$$P_\alpha = \frac{2.01 \cdot 0.01996}{\sqrt{6}} \approx 0.0164.$$

Определим коэффициент надежности по нижней границе:

$$\gamma_R = \frac{1}{1 - 0.0163} \approx 1.0167.$$

Расчетное значение: $R_p = \frac{57.87}{1.0167} = 56.92 \text{ МПа.}$

При доверительном интервале $\alpha=0.98$ критерий Стьюдента-Фишера составляет $t_\alpha=2.74$ и показатель точности прочности на сжатие бетонных кубов следующий:

$$P_\alpha = \frac{2.74 \cdot 0.01996}{\sqrt{6}} \approx 0.0223.$$

Определим коэффициент надежности по нижней границе: $\gamma_R = \frac{1}{1 - 0.0223} \approx 1.023.$

Расчетное значение:

$$R_p = \frac{57.87}{1.023} = 56.58 \text{ МПа} .$$

Приведём результаты вероятностно-статистического анализа в форме табл. 3. Рассмотрим прочность на сжатие бетонных кубов состава 5 класса В60 – R.

Таблица 3

Таблица статистических показателей прочности на сжатие бетонных кубов класса В60 (состав 5)

№	Результаты испытаний $R, \text{ МПа}$	Среднеквадратическое отклонение $\Delta = \bar{R} - R_i$	$\Delta^2 = (\bar{R} - R_i)^2$
1.	60.5	2.45	6.0025
2.	60.6	2.35	5.5225
3.	64.1	-1.15	1.3225
4.	65.55	-2.6	6.76
5.	65.25	-2.3	5.29
6.	61.7	1.25	1.5625
	$\Sigma 377.7$		$\Sigma 26.46$

На основе шести испытаний бетонных кубов основного состава (состав №5) проведена проверка результатов на наличие грубой ошибки в значениях прочности на сжатие R. Среднее арифметическое значение прочности на сжатие бетонных кубов R:

$$R_n = \frac{\sum_{i=0}^n R_i}{n} = \frac{377.7}{6} = 62.95 \text{ МПа} .$$

Среднеквадратическое отклонение показателя прочности на сжатие бетонных кубов:

$$S_{dis} = \sqrt{\frac{26.46}{6-1}} = 2.3 .$$

При числе испытаний, равном 6, согласно источнику [4], статистический показатель составляет $\nu=2.07$. Тогда:

$$\nu S_{dis} = 2.07 \cdot 2.3 = 4.76 .$$

Согласно данным табл. 2, максимальное значение прочности на сжатие бетонных кубов равно $R_{max}=65.55$.

Следовательно:

$$\Delta'_{max} = |62.95 - 65.55| = 2.6 < \nu S_{dis} = 4.76 .$$

Минимальное значение прочности составляет $R_{min}=60.5$ МПа.

Таким образом: $\Delta'_{min} = |62.95 - 60.5| = 2.45 < \nu S_{dis} = 4.76$.

Следовательно, среди значений прочности на сжатие бетонных кубов R, приведённых в табл.3, грубой ошибки не обнаружено.

Используя данные табл. 3, определим нормативное и расчётное значения средней прочности на сжатие бетонных кубов R:

Коэффициент вариации, согласно выражению (7), равен: $V_R = \frac{2.3}{62.95} = 0.037$.

При коэффициенте вариации $V=0.037$ и числе испытаний $n=6$ согласно номограмме (рис. 1), построенной на основе теоремы больших чисел, выборка удовлетворяет требованию представительности. Таким образом, проведённые шесть испытаний обеспечивают достаточную статистическую основу для дальнейшего анализа.

При доверительной вероятности $\alpha=0.85$ критическое значение критерия Стьюдента–Фишера составляет $t_\alpha=1.16$. На этой основе производится определение показателей точности, полученных экспериментальных данных [5]:

$$P_\alpha = \frac{1.16 \cdot 0.037}{\sqrt{6}} = 0.0173 .$$

Определим коэффициент надёжности для прочности бетонных кубов при сжатии:

$$\gamma_R = \frac{1}{1-0.0173} \approx 1.018.$$

Расчётное значение: $R_n = \frac{62.95}{1.018} = 61.86 \text{ МПа}.$

При доверительном интервале $\alpha=0.90$ критерий Стьюдента-Фишера составляет $t_\alpha=1.48$ и показатель точности прочности на сжатие бетонных кубов следующий:

$$P_\alpha = \frac{1.48 \cdot 0.037}{\sqrt{6}} \approx 0.022.$$

Определим коэффициент надёжности для прочности бетонных кубов при сжатии:

$$\gamma_R = \frac{1}{1-0.022} \approx 1.023.$$

Расчётное значение: $R_n = \frac{62.95}{1.023} = 61.56 \text{ МПа}.$

При доверительном интервале $\alpha=0.95$ критерий Стьюдента-Фишера составляет $t_\alpha=2.01$ и показатель точности прочности на сжатие бетонных кубов следующий:

$$P_\alpha = \frac{2.01 \cdot 0.037}{\sqrt{6}} \approx 0.03.$$

Определим коэффициент надёжности для прочности бетонных кубов при сжатии:

$$\gamma_R = \frac{1}{1-0.03} \approx 1.031.$$

Расчётное значение: $R_n = \frac{62.95}{1.031} = 61.06 \text{ МПа}.$

При доверительном интервале $\alpha=0.98$ критерий Стьюдента-Фишера составляет $t_\alpha=2.74$ и показатель точности прочности на сжатие бетонных кубов следующий:

$$P_\alpha = \frac{2.74 \cdot 0.0037}{\sqrt{6}} \approx 0.041.$$

Определим коэффициент надёжности для прочности бетонных кубов при сжатии:

$$\gamma_R = \frac{1}{1-0.041} \approx 1.043.$$

Расчётное значение: $R_n = \frac{62.95}{1.043} = 60.38 \text{ МПа}.$

Сводные результаты вероятностно-статистического анализа представлены в табл. 4. Для других составов бетона аналогичные результаты приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 4

Таблица результатов вероятностно-статистического анализа состава № 2

№	Результаты испытаний R_i , МПа	Средн. арифм. значение R_c	Сред. арифм. отклонения Δ	Сред. квад. Δ^2	Сред. квад. отклонение (S_{dis})	Коэф. вариации V	Доверительные границы	Показатели точности P_α	Коэф. надёж. γ	Расчёт. значения R_p
1	58.55	56.806	-1.7433	3.03921	1.627	0.0286	$\alpha=0.85$	0.014857	1.01508	55.96269
2	56.51		0.2966	0.08801			$\alpha=0.90$	0.018956	1.01932	55.72986
3	58.47		-1.663	2.76667			$\alpha=0.95$	0.023501	1.02406	55.47167
4	57.4		-0.593	0.35204			$\alpha=0.98$	0.032036	1.03309	54.98682
5	54.71		2.096	4.39601						
6	55.2		1.6067	2.592						

Доверительные пределы, приведённые в табл. 3, 4, 5, устанавливаются в соответствии со степенью ответственности проектируемых зданий и сооружений [5]. Для установления степени ответственности зданий и сооружений с учётом требуемого уровня надёжности рекомендуется использовать предложение 3. Сирожиддинова [9].

Таблица 5

Таблица результатов вероятностно-статистического анализа состава № 3

№	Результаты испытаний R_i , МПа	Средн. арифм. значение R_c	Среднее арифм. отклонения Δ	Сред. кв. Δ^2	Сред. кв. отклонение (S_{dis})	Коэф. вариации V	Доверительные границы	Показатели точности P_α	Коэф. надёж. γ	Расчёт. значения R_p
1	49.85	49.931	0.081667	0.00666	1.5245	0.0305	$\alpha=0.85$	0.01446	1.01467	49.20971
2	48.56		1.371667	1.88147			$\alpha=0.90$	0.01845	1.01879	49.01055
3	50.93		-0.99833	0.99667			$\alpha=0.95$	0.02505	1.02569	48.68068
4	47.71		2.221667	4.93580			$\alpha=0.98$	0.03415	1.03536	48.22635
5	50.94		-1.00833	1.01673						
6	51.6		-1.6683	2.7833						

Таблица 6

Таблица результатов вероятностно-статистического анализа состава № 4

№	Результаты испытаний R_i , МПа	Средн. арифм. значение R_c	Среднее арифм. отклонения Δ	Сред. кв. Δ^2	Сред. кв. отклонение (S_{dis})	Коэф. вариации V	Доверительные границы	Показатели точности P_α	Коэф. надёж. γ	Расчёт. значения R_p
1	57.79	57.067	-0.72333	0.52321	0.8137	0.0143	$\alpha=0.85$	0.006753	1.00679	56.68129
2	57.7		-0.63333	0.40111			$\alpha=0.90$	0.008616	1.00869	56.57498
3	56.82		0.246667	0.06084			$\alpha=0.95$	0.011701	1.01184	56.3989
4	55.77		1.296667	1.68134			$\alpha=0.98$	0.015951	1.01621	56.15638
5	57.72		-0.65333	0.42684						
6	56.6		0.46667	0.21778						

Следует особо отметить, что в строительной практике при изготовлении бетона для монолитных конструкций и конструкций заводского изготовления его физико-механические показатели могут существенно отличаться от лабораторных значений. Это связано с невозможностью полного учёта влияния случайных факторов, таких как транспортировка, уплотнение, температурно-влажностные условия и др. Указанные факторы могут быть учтены лишь на основе систематических наблюдений, сбора статистической информации и её вероятностно-статистической обработки.

Вывод. Техническое состояние оборудования, используемого в процессе испытаний, представительность образцов, условия их приготовления и хранения, а также человеческий фактор в ходе испытаний могут приводить к различным систематическим и случайным ошибкам в результатах. Поэтому для обеспечения достоверности испытаний бетонных образцов необходимо на каждом этапе применять контрольные мероприятия на основе научного подхода. Это, в свою очередь, способствует обоснованности технических решений, принимаемых в процессе производства и проектирования.

В связи с этим, проведение экспериментальных исследований образцов бетона на каждом этапе требует научно обоснованной подготовки и организации контрольных процедур. Это обеспечивает возможность принятия обоснованных решений при выполнении проектных и строительных работ.

Применение методов теории надёжности и математической статистики (средние значения, стандартное отклонение, дисперсия, доверительные границы и др.) позволяет повысить достоверность результатов испытаний. Водно-цементное отношение, содержание волокон, гранулометрический состав заполнителей и другие параметры, влияющие на конечные характеристики бетона, рассматриваются как случайные величины. Степень их влияния может быть оценена методами теории вероятностей и математической статистики, что даёт возможность количественно определить вероятность воздействия каждого фактора.

Таким образом, использование вероятностного подхода позволяет обеспечить достоверность результатов экспериментальных исследований, а также гарантировать требуемый уровень прочности, устойчивости и надёжности бетонных и железобетонных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ржаницын А.Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность. М.: Стройиздат, 1978, 239 с.

- [2] Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. 6-е изд. М.: Юрайт, 2016, 480 с.
- [3] Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. 4-е изд., стер. М.: Высшая школа, 2007, 491 с.
- [4] Александрова О.В., и др. Статистические методы решения технологических задач. М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2015, 160 с.
- [5] Громыко Г.Л. Теория статистики: практикум. 2-е изд., доп. и перераб. М.: ИНФРА-М, 2001, 352 с.
- [6] Ермолаев Н.Н., Михеев В.В. Надёжность оснований сооружений. Л.: Стройиздат, 1976, 152 с.
- [7] ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2012, 31 с.
- [8] Ўз ДСт. 779:2023. Бетонлар. Назорат намунаси бўйича мустаҳкамликни аниқлаш усуллари. Тошкент: Ўзбекистон давлат стандарти, 2023, 18 с.
- [9] Сирожиддинов З.С. Расчёт и проектирование свайных фундаментов на основе теории надёжности: Дисс. на соискание уч. степ. д.т.н. Москва, МГСУ. 1993. 352 с.

Дата поступления
10.09.2025

Sirojiddinov Z., Gulomova X.A. Beton mustahkamligi sinovlari natijalarining ehtimollik-statistik tahlili
Annotatsiya. Maqolada mineral va kimyoviy qo'shimchalar bilan modifikatsiya qilingan mayda donador beton namunalari sinovdan o'tkazish jarayonida olingan natijalarining vakolatligini ta'minlanishi bilan bog'liq asosiy talablari ko'rib chiqildi. Sinov natijalarini statistik baholashda ishonch intervallari, standart og'ish va variatsiya koeffitsientlari aniqlandi. Tayyorlangan namuna etalonlar orqali hisoblash algoritmlari, ehtimoliy qiymatlarni aniqlash, ishonchlik koeffitsientlarini tanlash va ularning normativ me'yorlar bilan bog'liq jihatlari yoritilgan.

Kalit so'zlari: betonning kubik mustahkamligi, beton tarkibi, statistik baholash, ishonch intervallari, standart og'ish, variatsiya koeffitsienti, ehtimoliy qiymat, etalon, kafolatli, normativ me'yorlar

Sirojiddinov Z., Gulomova Kh.A. Probabilistic-statistical analysis of concrete strength test results

Abstract. This paper discusses the key factors that ensure the reliability of results from tests on fine-grained concrete specimens modified with mineral and chemical additives. Within the framework of statistical-probabilistic analysis, confidence intervals, standard deviation, and the coefficient of variation were determined. The study highlights calculation algorithms based on reference specimens, the determination of probabilistic values, the selection of reliability factors, and their relation to regulatory requirements.

Keywords: cube strength of concrete, concrete composition, statistical evaluation, confidence intervals, standard deviation, coefficient of variation, probabilistic value, reference specimen, guaranteed value, regulatory indicators.

УДК 539.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНО-РАДИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК, НЕСТАЦИОНАРНО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ВНУТРЕННЕЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТЬЮ

¹Мамасолиев К., ^{1,2}Исмоилов Э.А.

¹Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени Мирзо Улугбека, Самарканд, Узбекистан.

²Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова, Самарканд, Узбекистан.
E-mail: q-mamasoliev@mail.ru, eismoilov.samsu@gmail.com

Аннотация. В данной работе математически моделируются продольно-радиальные колебания трансверсально-изотропной цилиндрической оболочки, взаимодействующей с внутренней вязкой жидкостью. Взаимодействие между оболочкой и жидкостью рассматривается на основе уточненных уравнений движения. Для решения уравнений используются преобразования Фурье и Лапласа, граничные и контактные условия, а также метод конечных разностей. На основе практической задачи построены графики перемещений и показано их соответствие физической сущности. Результаты исследования имеют большое значение для проектирования и оптимизации промышленных конструкций.

Ключевые слова: трансверсально-изотропная цилиндрическая оболочка, вязкая жидкость, продольно-радиальные колебания, анализ смещений, граничные условия, условия контакта.

Введение. Упругие колебания цилиндрических оболочек и их взаимодействие с внутренними жидкостями играют важную роль в нефте- и газопроводах, реактивных двигателях и подводных сооружениях. Часто эти процессы изучаются в идеальных условиях, и сложные взаимодействия с жидкостью не учитываются в полной мере. Поэтому для определения продольно-радиальных колебаний трансверсально-изотропных цилиндрических оболочек необходимы усовершенствованные математические модели. В данной работе вместо традиционных гипотез были выведены уравнения продольно-радиальных колебаний обо-

СОДЕРЖАНИЕ

К.С.Султанов, М.М.Мирсаидов, А.Нуьмонов, З.Уразмухамедова. Напряженное состояние Кызылсайской грунтовой плиты под действием статических нагрузок	3
М.К.Усаров, Д.К.Шамсиев, Ф.А.Усанов. Продольные колебания многоэтажного здания с пространственным фундаментом на основе континуальной пластинчатой пространственной модели	11
З.Сирожидинов, Х.А.Гуломова. Вероятностно-статистический анализ результатов испытаний прочности бетона.....	21
К.Мамасолиев, Э.А.Исмоилов. Математическое моделирование продольно-радиальных колебаний трансверсально-изотропных цилиндрических оболочек, нестационарно взаимодействующих с внутренней вязкой жидкостью.....	30
Ш.И.Норматов. Определение минимального коэффициента устойчивости откосов грунтовых плотин методом кругло-цилиндрической поверхности скольжения с применением автоматизированного алгоритма нахождения центра окружности.....	38
А.Э.Кудратов. Устойчивость упругого стержня с гасителями колебаний при поперечных колебаниях.....	47
Ф.А.Усанов. Оценка напряженно-деформированного состояния пластины под действием касательных нагрузок на основе бимоментной теории.....	54
Б.Х.Хужаёров, Ж.Р.Туйгунов. Задача аномальной фильтрации жидкости в кусочно-неоднородной пористой среде.....	60
С.Худайкулов, Ж.Каниев, А.Абдувахобов. многофазные волны при взаимодействии дисперсных смесей с турбулентными потоками и их применение.....	71
М.Е.Мадалиев. Численный анализ 3d крыла Onera M6 на основе моделей турбулентности SA и SST.....	76
Д.С. Яхшибаев. Динамика перемешивания стратифицированных потоков туямуянского водохранилища.....	82
Т.Р.Пулатов, Ж.А.Умрзоков. Математическое моделирование движения жидкости в гидроаккумуляторе гидрорекуперационной тормозной системы.....	86
Г.А.Юсупходжаева, Д.С.Бекчанова. Технология по производству смесовой пряжи из вторичных отходов натурального шелка.....	91
Ш.Т.Равутов. Обоснование параметров зубчатого привода хлопкоуборочного аппарата, оснащенного малогабаритными эллиптическими барабанами	96
О.С. Норкузиев. Расчетный анализ процесса съема хлопка со шпинделей хлопкоуборочных машин.....	103
Л.Э.Турсунбоев. Определение сил реакции опор прижимного устройства шлифовальной машины.....	110
Абдукаримов А., Рахмонов Х.Н. Синтез комбинированных зубчато-рычажных дифференциальных передаточных механизмов.....	117
Д.М.Мухаммадиев, Х.А.Ахмедов, Б.Х.Примов, О.Х.Абзоиров. Экспериментальное исследование привода пильного волоконотделителя с семяотводящим устройством.....	130

MUNDARIJA

K.S.Sultanov, M.M.Mirsaidov, A.Nu'monov, Z.Urazmuhamedova. Qizilsoy gruntli to'g'onining statik kuchlar ta'sirida kuchlanishini baholash.....	3
M.K.Usarov, F.A.Usanov, D.K.Shamsiyev. Kontinual plastinali fazoviy model asosida fazoviy poydevorga ega ko'p qavatli binoning bo'ylama tebranishlari	11
Z.Sirojiddinov, X.A.Gulomova. Beton mustahkamligi sinovlari natijalarining ehtimollik-statistik tahlili.....	21
K.Mamasoliyev, E.A.Ismoilov. Ichki qovushoq suyuqlik bilan o'zaro nostatsionar ta'sirlashuvchi transversal-izotrop silindrik qobiqning bo'ylama-radial tebranishlarini matematik modellashtirish	30
Sh.I. Normatov. Aylana markazini avtomatlashtirilgan aniqlash algoritmini qo'llab, gruntli to'g'on qiyaliklari ustuvorligini minimal ustuvorlik koeffitsiyentini doiraviy-silindrik siljish sirti usuli bilan aniqlash	38
A.E. Kudratov. Dinamik so'ndirgichlar o'rnatilgan elastik sterjenning ko'ndalang tebranishlari ustuvorligi	47
F.A. Usanov. Bimoment nazariyasi asosida urinma yuklar ta'siridagi plastinaning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini baholash.....	54
B.Xujayorov, J.R.Tuyg'unov. Bo'lakli bir jinsli bo'lmagan g'ovak muhitda suyuqliklarning anomal sizish masalasi.....	60
S.Xudayqulov, J.Kaniev, A.Abdurahobov. Dispers aralashmalar turbulent oqimlar bilan o'zaro ta'sirlashganda ko'p fazali to'lqinlar va ularning qo'llanilishi.....	71
M.E. Madaliyev. SA va SST turbulent modeli asosida Onera M6 3D qanotining sonli tahlili	76
D.S. Yaxshiboyev Tuyamuyun suv omboridagi qatlamli oqimlar dinamika aralashishi.....	82
J.A.Umrzoqov, T.R. Pulatov. Hidroreperativ tormoz tizimidagi gidroakkumulyator ichidagi suyuqlik harakatini matematik modellashtirish	86
G.A.Yusupxodjayeva, D.S.Bekchanova. Tabiiy ipakning ikkilamchi chiqindilaridan aralash yigirilgan ip ishlab chiqarish texnologiyasi	91
Sh.T. Ravutov. Kichik gabaritli elliptik barabanlar bilan jihozlangan paxta terish apparati tishli yuritmasi parametrlarini asoslash ...	96
O.S.Norqo'ziyev. Paxta terim mashinalarining shpindel yuzasidagi paxta o'ramidan tozalash jarayonining hisobiy tahlili.....	103
L.E. Tursunboyev. Jilvirlash mashinasi uzatuvchi qurilmasining tayanchlaridagi reaksiya kuchlarini tadqiq qilish.....	110
A.Abdukarimov, X.N. Raxmonov. Kombinatsiyalangan tishli-richagli differensial uzatish mexanizmlarini sintez qilish.....	117
D.M.Muhammadiyev, H.A.Axmedov, B.X.Primov, O.X. Abzoirov. Chigiti chiqaruvchi qurilmali arrali tola ajratgich harakat uzatish tizimining eksperimental tadqiqoti.....	130