СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 624.04
CC BY 4.0
DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-180-186 Оригинальная статья /Original article

Влияние конструктивных решений при динамическом расчете каркаса здания сложной формы

Э.К. Агаханов[1], М.К. Агаханов[3], Е.В. Труфанова[2], Д.А. Высоковский[2], А.З. Джабраилов[2]
[1] Дагестанский государственный технический университет,
[1]367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия,
[2]Донской государственный технический университет,
[2]344002, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия,
[3] Московский государственный строительный университет,
[3]129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия

Резюме. Цель. Исследование влияния конструктивной схемы на динамические характеристики каркаса здания сложной в плане формы. **Метод.** Разработано четыре варианта конструктивных решений каркаса здания сложной формы и построено четыре пространственных конечно-элементных моделей в программном комплексе Лира-САПР. Конечным элементам назначены проектные материалы и сечения. В моделях учтены нагрузки и воздействия в соответствии с действующей нормативной документацией для выбранного района строительства. Грунтовое основание учтено по однопараметрической модели Винклера. **Результат.** Выполнен динамический расчет разработанных моделей каркаса здания, получены частоты, формы собственных колебаний, ускорение верхнего этажа. Полученные результаты сравнивались с нормативными требованиями, рассматривалось их влияние на экономичность проектных решений исследуемого здания. **Вывод.** Анализ результатов динамического расчета показал, что применение нескольких вариантов проектирования дают возможность выбрать наиболее экономичный вариант каркаса здания. Так же в результате исследования получено, что разрезка каркаса здания сложной формы в плане на простые блоки не всегда эффективна с точки зрения оптимизации динамических характеристик.

Ключевые слова: метод конечных элементов, конечно-элементная модель, динамическое воздействие, формы колебаний, спектр частот колебаний, каркас здания

Для цитирования: Э.К. Агаханов, М.К. Агаханов, Е.В. Труфанова, Д.А. Высоковский, А.З.Джабраилов. Влияние конструктивных решений при динамическом расчете каркаса здания сложной формы. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024; 51(1): 180-186. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-180-186

Influence of design solutions during dynamic calculations building frame of complex shape

Agakhanov E.K.[1], Agakhanov M.K.[3], Trufanova E.V.[2], Vysokovsky Д.А.[2], Dzhabrailov A.Z.[1]
[1]Daghestan State Technical University,
[1]70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,
[2]Don State Technical University,
[2]1 Gagarin Square, Rostov-on-Don 344000, Russia,
[3]Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
[3]26 Yaroslavskoe highway, Moscow 3129337, Russia

Abstract. Objective. Investigation of the influence of the design scheme on the dynamic characteristics of the frame of a building of complex shape in plan. **Method.** Four variants of structural solutions for the frame of a complex-shaped building have been developed and four spatial

finite element models have been built in the Lira-SAPR software package. The final elements are assigned design materials and sections. The models take into account loads and impacts in accordance with the current regulatory documentation for the selected construction area. The ground base is taken into account according to the one-parameter Winkler model. **Results.** Dynamic calculation of the developed models of the building frame was performed, frequencies, forms of natural oscillations, acceleration of the upper floor were obtained. The results obtained were compared with the regulatory requirements, their impact on the cost-effectiveness of the design solutions of the building under study was considered. **Conclusion.** The analysis of the dynamic calculation results showed that the use of several design options makes it possible to choose the most economical version of the building frame. Also, as a result of the study, it was found that cutting the frame of a complex shape in terms of simple blocks is not always effective from the point of view of optimizing dynamic characteristics.

Keywords: finite element method, finite element model, dynamic impact, waveforms, oscillation frequency spectrum, building frame

For citation: E.K. Agakhanov, M.K. Agakhanov, E.V. Trufanova, D.A. Vysokovsky, A.Z. Dzhabrailov. Influence of design solutions during dynamic calculations building frame of complex shape. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2024; 51(1): 180-186. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-180-186

Введение. Актуальные нормы и правила проектирования зданий и сооружений требуют выполнения расчетов с учетом динамических воздействий. Для большинства зданий и сооружений основным таким воздействием является пульсационная составляющая ветровой нагрузки. Это связано с тем, что снижение постоянных нагрузок и создание больших, более гибких пространственных решений, приводит к значительному снижению жесткости здания [1]. Для контроля динамических характеристик проектируемого каркаса здания в современных программных комплексах выполняется модальный анализ. По результатам полученных параметров даются рекомендации по оптимальной компоновке конструктивных схем здания. Расчет на собственные колебания дает возможность не только повысить надежность инженерных решений, но и выбрать наиболее экономичное проектное решение объекта. При анализе результатов динамического расчета рассматривают формы с низкими частотами колебаний, считающиеся наиболее опасными. Наиболее экономичным считается конструктивная схема, в которой эффект закручивания в первых двух формах колебаний минимален [2-3].

Требования динамической комфортности в соответствии с действующей нормативной документацией являются обязательными к соблюдению. Оптимальной компоновкой считается конструктивная схема, в которой ускорение последнего этажа и отклонения здания от вертикали минимальны. Результаты модального анализа так же необходимы для дальнейшего моделирования пульсационной составляющей ветровой нагрузки. Разрабатываемые в современных программных комплексах пространственные динамические расчетные модели зданий повышают точность полученных результатов расчета.

Постановка задачи. Исследуемый объект - 20-тиэтажное здание, в плане имеет сложную форму (рис. 1). Конструктивная схема объекта – монолитный железобетонный каркас. Снеговой район местности проектируемого жилого дома - II-й, расчетное значение веса снегового покрова 140 кгс/м^2. Ветровой район местности III-й, нормативное значение ветрового давления – 38 кгс/м^2. Здание относится к нормальному уровню ответственности. Коэффициент надежности по ответственности γ_n=1,0.

Задача приближения работы элементов каркаса к состоянию, возникающему в реальных условиях, состоит в построении расчетной модели каркаса здания на основании принятых архитектурных и конструктивных решений с заданием жёсткостных характеристик и действующих нагрузок. Цель исследования – разработать оптимальное конструктивное решение по результатам модального анализа каркаса здания сложной формы.

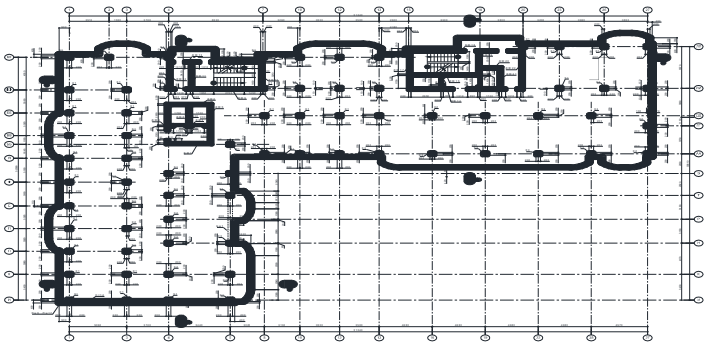

Рис. 1. Схема расположения несущих конструкций в плане
Fig. 1. Layout of load-bearing structures in plan

Методы исследования. Построения расчетной модели каркаса произведено с использованием расчетного программного комплекса Лира-САПР, основывающегося на методе конечных элементов (рис. 2) [4-7].

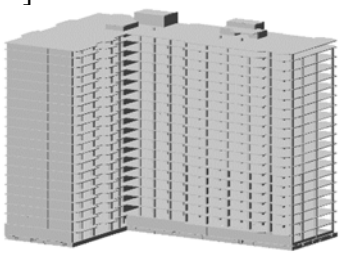

Рис. 2. Модель здания в ПК «Лира-САПР»
Fig. 2. Model of the building in the Lyra-SAPR PC

Задачей моделирования является разбивка каждой конструкции каркаса на определенное количество конечных элементов, которое и определяет приближение напряженно-деформируемого состояния этой конструкции к реальным условиям [8-9]. При построении расчетной модели каркаса здания была поставлена задача о реализации совместного расчета системы «Основание-фундамент-здание» [10-11]. Решение этой задачи позволит получить возникающие в конструкциях усилия и деформации при работе всего каркаса здания в целом с учетом деформаций грунтового основания [12-13]. В расчетной схеме была принята модель Винклера. Механические свойства модели Винклера характеризуются коэффициентом жесткости [14-15]. Средний размер конечного элемента принят 0,5×0,5 м, что позволило получить достаточно высокую точность результатов при разумных затратах машинного времени.

Пространственная плитно-стержневая модель 20-этажного здания разработана в программном комплексе Лира-САПР. В расчетной схеме учтены: колонны сечением 400х400 мм, 600х400, плиты перекрытий толщиной 190 мм, диафрагмы жесткости толщиной 200 мм и 250 мм, и 3 ядра жесткости лестнично-лифтовых блоков, состоящих из железобетонных диафрагм толщиной 200 мм. Материал конструкций - бетон класса В25, арматура класса А500. Диафрагмы жесткости и плиты перекрытий моделировались треугольными и четырехугольными изопараметрическими конечными элементами с шестью степенями свободы в узле. Колонны моделировались пространственными стержнями с 12-ю степенями свободы. Конечным элементам назначены свойства материалов, сечения и толщины, а также плотность и распределённая по поверхности нагрузка [16-18].

В расчете в соответствии с требованиями актуальных строительных норм и правил учтены следующие нагрузки: собственный вес несущих конструкций, постоянные, временные и кратковременные нагрузки.

Ветровая нагрузка учтена с пульсационной составляющей. Регулирование параметров собственных колебаний пространственного каркаса здания выполнено изменением жесткостей несущих конструкций каркаса и включением дополнительных элементов жесткости [19-20]. Рассмотрено три варианта расстановки несущих элементов каркаса:

Модель 1 – в расчетной схеме установлено минимальное количество диафрагм жесткости;

Модель 2 – установлены дополнительные диафрагм жесткости толщиной 200 мм и пролетом 4000 мм;

Модель 3 – отличается от первой схемы тем, что колонны по периметру здания заменены вытянутыми пилонами, толщиной 200 мм, кроме того, сплошная диафрагма толщиной 250 мм в торце здания по оси «И» так же заменена на несколько пилонов толщиной 250 мм.

Обсуждение результатов. В результате расчета трех расчетных моделей получено напряженно-деформационное состояние, характеризующееся перемещениями, частотами, ускорениями и усилиями (табл. 1).

Таблица 1. Динамические характеристики Моделей 1-3.
Table 1. Dynamic characteristics of Models 1-3.

№ модели models	№ формы Form No.	Частота, Гц Frequency, Hz	Круговая частота, рад/сек Circular frequency, rad/sec	Период, сек Period, sec	Ускорение этажа, мм/сек^2 Floor acceleration, mm/sec^2
1	1	0,26	1,64	3,839	2,92
	2	0,37	2,33	2,6946	15,92
	3	0,53	3,32	1.8904	3,44
2	1	0,26	1,65	3,8054	3,26
	2	0,37	2,35	2,6754	79,1
	3	0,53	3,32	1,8896	43.13
3	1	0,38	2,4	2,6209	1,18
	2	0,45	2,81	2,2385	4,48
	3	0,62	3,92	1,6010	2,49

Поскольку частота собственных колебаний по четвертой форме составляет 1,63-1,68 Гц, то ее согласно нормативной документации допускается не учитывать.

Значения максимального ускорения последнего этажа и перемещений в пределах нормативного, однако во второй форме собственных колебаний наблюдается эффект кручения, что может привести к перерасходу материалов (рис. 3).

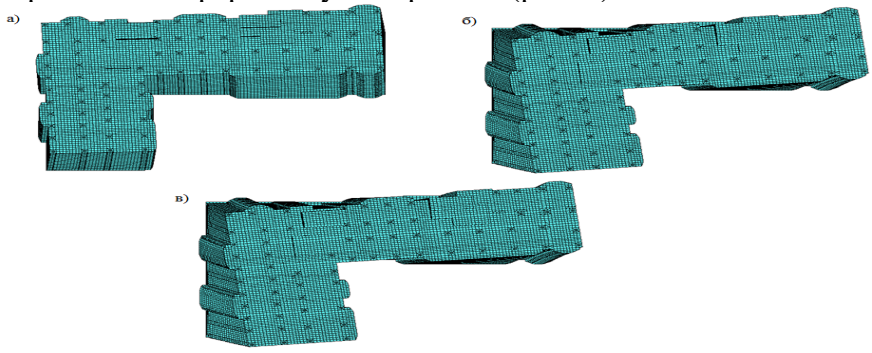

Рис. 3. Формы колебаний Моделей 1-3: а) 1 форма; б) 2 форма; в) 3 форма
Fig. 3. Forms of vibrations Models 1-3: a) 1 form; b) 2 form; c) 3 form

Добавив дополнительные диафрагмы жесткости к исходной схеме (Модель 2) увеличивается общий вес здания, но работа конструкций ухудшается - увеличиваются максимальные ускорения последнего этажа, и практически не изменяются значения частот собственных колебаний, периоды колебаний. При этом, крутильная составляющая во второй форме колебаний увеличивается, что приводит к перерасходу материала при конструировании. Заменив колонны по периметру здания на вытянутые вдоль фасада пилоны (Модель 3) вес здания не меняется, значения частот собственных колебаний увеличиваются, уменьшается значение максимального ускорения последнего этажа, и не исключается крутильная составляющая во второй форме колебаний. Рассмотрен еще один вариант конструктивной схемы (Модель 4), в котором предусмотрен деформационный шов по всей высоте здания, включая фундаментную плиту. При расчете по 4-ой расчетной схеме должны быть учтены еще 3 формы колебаний (табл. 2).

Таблица 2. Динамические характеристики Модели 4
Table 2. Dynamic characteristics of Model 4

№ модели models	№ формы Form No.	Частота, Гц Frequency, Hz	Круговая частота, рад/сек Circular frequency, rad/sec	Период, сек Period, sec	Ускорение этажа, мм/сек^2 Floor acceleration, mm/sec^2
4	1	0,20	1,28	1,8965	0,9
	2	0,25	1,57	4,0011	14,17
	3	0,31	1,94	3,2303	1,4
	4	0,35	2,19	2,8629	10,54
	5	0,62	3,88	1,6196	4,51
	6	0,67	4,18	1,5030	0,8

При делении здания деформационным швом два самостоятельных отсека, согласно результатов расчета, по четвертой схеме исключается крутильная составляющая в первых четырех низших формах (рис. 4).

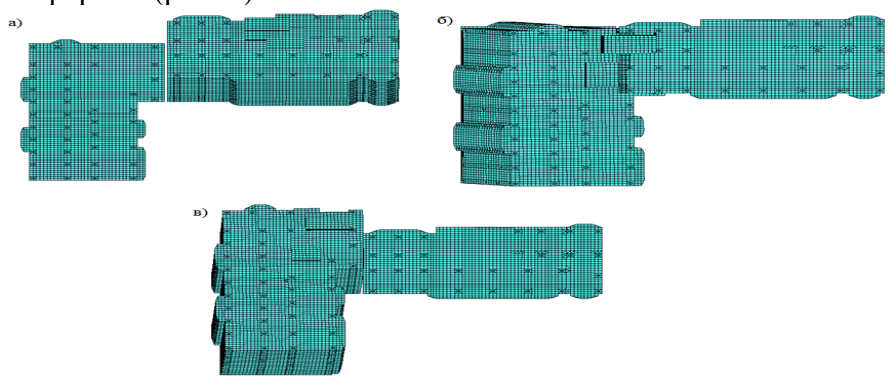

Рис. 4. Формы колебаний Модели 4: а) 1 форма; б) 2 форма; б) 3 форма
Fig. 4. Forms of vibrations Model 4: a) 1 form; b) 2 form; c) 3 form

Рассмотрев частоты, периоды и перемещения Модели 4 можно сделать вывод, что в правом отсеке недостаточно жесткости и требуется установка дополнительных диафрагм жесткости, что может привести к дополнительным расходам по материалам и утяжелению общего веса здания.

Вывод. При расчете высотных зданий сложной в плане формы с учетом динамических нагрузок для исключения крутильной составляющей в низших формах колебаний рекомендуется разделять здания деформационным швом таким образом, чтобы получались близкие к прямоугольной форме самостоятельные отсеки. В случае невозможности разделить здание на несколько деформационных блоков, а также для повышения жесткости зданий простой формы, рекомендуется устанавливать по периметру здания диафрагмы жесткости либо вместо колонн по периметру здания устанавливать вытянутые вдоль фасадов пилоны. Каркасы зданий, выполненные по такому принципу, имеют большую пространственную жесткость.

Библиографический список:

1. Хомяков И.П. Ветровые воздействия на высотные здания. Аллея науки. 2018. Т.1. № 5 (21). с. 599-604.
2. Агаханов, Э.К., Кравченко Г.М., Труфанова Е.В. Регулирование параметров собственных колебаний пространственного каркаса здания. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016. Т. 42, № 3. с. 8-15.
3. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Ладная Е.В. Рациональное проектирование элементов пространственного каркаса здания // Инженерный вестник Дона, 2017, №1
4. Batht K.-J. Finite Element Procedures. New Jersey: Prentice Hall, 1996.c.95-97.
5. Engel H. Structure Systems. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt. 1967. c.23-24.
6. Сагдатуллин М.К. Постановка задачи численного моделирования конечных деформаций МКЭ // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/postanovka-zadachi-chislennogo-modelirovaniya-konechnyh-deformatsiy-mke
7. Агаханов Э.К. О развитии комплексных методов решения задач механики деформируемого твердого тела». Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки, 2013.с. 14-19.

8. Агаханов Э.К. Вариационные принципы механики конструкций. Неделя науки - 2015. Сборник тезисов докладов XXXVI итоговой НТК преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов, Дагестанский государственный технический университет. Под ред. Т.А. Исмаилова. 2015. с. 118-119.
9. Агаханов Г.Э. Решение задач механики деформируемого твердого тела с использованием фиктивных расчетных схем //Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - № 3. - 2015.
10. Агаханов Э.К. Развитие комплексных методов в механике деформируемого твердго тела, Материалы Международной научно-практической конференции, ГГНТУ, г. Грозный, 2015. с. 99-105.
11. Абдуразаков Г.М., Абакаров А.Д. Построение расчетных моделей оценки живучести рамных систем при сейсмическом воздействии в сборнике: вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2015. с. 58-61.
12. Федоров Д.А., Мокляк К.Г. Численное исследование задачи совместного расчета конструкций с основаниями по реализациям в вычислительных комплексах SCAD и «ЛИРА». Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 12. с. 97-104.
13. Семенов В.С., Токарский А.В., Абдымомунов Э.Д. Влияние упругих свойств грунтового основания на систему "основание - здание - мансарда". Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2019. Т. 19, № 8. с. 121-126.
14. Агаханов Э.К., Кравченко Г.М., Осадчий А.С., Труфанова Е.В. Расчет зданий сложной геометрической формы на ветровые воздействия. // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. Т. 44. № 2. с. 8-17.
15. Кравченко Г.М., Коробкин А.П., Труфанова Е.В., Лукьянов В.И. Критерии оценки динамических моделей железобетонного каркаса здания, Science Time, 2014, с. 255-260.
16. Муртазалиев Г.М., Акаев А.И., Пайзулаев М.М. Основные соотношения начального этапа послекритического деформирования конструкций. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2013. № 28. с. 90-93.
17. Муртазалиев Г.М., Дибиргаджиев А.М. Вариационные принципы механики конструкций. В книге: Неделя науки - 2015. Сборник тезисов докладов XXXVI итоговой НТК преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. Под ред. Т.А. Исмаилова. 2015. с. 118-119.
18. Simbirkin V. Analysis of Reinforced Concrete Loadbearing Systems of Multistorey Buildings. Modern Building Materials, Structures and Techniques: CD-ROM Proceedings of the 8th International Conference, Vilnius, May 19-21, 2004.c.98-99.
19. Кшнякин А.Ю., Цуприк В.Г. Учет изменения прочностных характеристик конструкционных материалов в расчетах долговечности уникальных сооружений на основе динамических параметров сооружения. Евразийский союз ученых. 2018. № 4-1(49). с. 26-33
20. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Быкадоров Д.А., Борисов М.В. Регулирование напряженно-деформированного состояния уникального здания. Строительство и архитектура – 2022: материалы международной научно-практической конференции факультета промышленного и гражданского строительства, Ростов-на-Дону, 19–21 апреля 2022 года. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2022. с. 306-307.

References

1. Khomyakov I.P. Wind influences on high-rise buildings. *Alley of Science*. 2018; 1(5) (21):599-604. (In Russ)
2. Agakhanov, E.K., Kravchenko G.M., Trufanova E.V. Regulation of parameters of natural vibrations of the spatial frame of a building. *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences*. 2016; 42(3):8-15. (In Russ)
3. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Ladnaya E.V. Rational design of elements of the spatial frame of a building. *Engineering Bulletin of the Don*, 2017: 1(In Russ)
4. Batht K.-J. Finite Element Procedures. New Jersey: Prentice Hall, 1996:95-97.
5. Engel H. Structure Systems. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt. 1967:23-24.
6. Sagdatullin M.K. Statement of the problem of numerical modeling of finite deformations via FEM. *Bulletin of the Kazan Technological University.* 2013: 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/postanovka-zadachi-chislennogo-modelirovaniya-konechnyh-deformatsiy-mke (In Russ)
7. Agakhanov E.K. On the development of complex methods for solving problems in the mechanics of a deformable solid. *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences*, 2013:14-19. (In Russ)
8. Agakhanov E.K. Variational principles of structural mechanics. In the book: Science week - 2015 Collection of abstracts of reports of the XXXVI final scientific and technical conference of teachers, staff, graduate students and students of the Daghestan State Technical University. Ed. T.A. Ismailov. 2015: 118-119. (In Russ)
9. Agakhanov G.E. Solving problems of mechanics of a deformable solid using fictitious calculation schemes. *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences*. 2015:3. (In Russ)

10. Agakhanov E.K. Development of complex methods in the mechanics of deformable solids, Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Federal State Budgetary Educational Institution of GGNTU, Grozny, 2015: 99-105. (In Russ)
11. Abdurazakov G.M., Abakarov A.D. Construction of computational models for assessing the survivability of frame systems under seismic impact in the collection: issues of modern technical sciences: a fresh look and new solutions. Collection of scientific papers based on the results of the international scientific and practical conference. 2015: 58-61. (In Russ)
12. Fedorov D.A., Moklyak K.G. Numerical study of the problem of joint calculation of structures with foundations based on implementations in the SCAD and LIRA computer systems. News of higher educational institutions. Construction. 2011; 12: 97-104. (In Russ)
13. Semenov V.S., Tokarsky A.V., Abdymomunov E.D. The influence of the elastic properties of the soil foundation on the "base - building - attic" system. *Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University*. 2019; 19(8): 121-126.
14. Agakhanov E.K., Kravchenko G.M., Osadchiy A.S., Trufanova E.V. Calculation of buildings with complex geometric shapes for wind influences. *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences.* 2017; 44(2): 8-17. (In Russ)
15. Kravchenko G.M., Korobkin A.P., Trufanova E.V., Lukyanov V.I. Criteria for evaluating dynamic models of a reinforced concrete building frame, Science Time, 2014: 255-260.
16. Murtazaliev G.M., Akaev A.I., Paizulaev M.M. Basic relations of the initial stage after critical deformation of structures. *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences*. 2013; 28: 90-93.
17. Murtazaliev G.M., Dibirgadzhiev A.M. Variational principles of structural mechanics. In the book: Science week - 2015. Collection of abstracts of the XXXVI final scientific and technical conference of teachers, staff, graduate students and students of the Daghestan State Technical University. Ed. T.A. Ismailova. 2015: 118-119. (In Russ)
18. Simbirkin V. Analysis of Reinforced Concrete Loadbearing Systems of Multistorey Buildings. Modern Building Materials, Structures and Techniques: CD-ROM Proceedings of the 8th International Conference, Vilnius, May 19-21, 2004: 98-99.
19. Kshnyakin A.Yu., Tsuprik V.G. Taking into account changes in the strength characteristics of structural materials in calculations of the durability of unique structures based on the dynamic parameters of the structure. *Eurasian Union of Scientists*. 2018; 4-1(49): 26-33(In Russ)
20. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Bykadorov D.A., Borisov M.V. Regulation of the stress-strain state of a unique building. Construction and architecture - 2022: materials of the international scientific and practical conference of the Faculty of Industrial and Civil Engineering, Rostov-on-Don, April 19–21, 2022. Rostov-on-Don: Don State Technical University, 2022: 306-307. (In Russ)

Сведения об авторах:

Агаханов Элифхан Керимханович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортные сооружения и строительные материалы; Elifhan@bk.ru

Агаханов Мурад Киримханович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Сопротивление материалов»; muradak@mail.ru

Труфанова Елена Васильевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техническая механика»; el.trufanova@mail.ru

Высоковский Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техническая механика»; dmvysok@mail.ru

Джабраилов Адалет Залович, аспирант кафедры «Транспортные сооружения и строительные материалы», zalovich84@mail.ru

Information about authors:

Elifkhan K. Agakhanov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Department of Transport Facilities and Construction Materials; Elifhan@bk.ru,

Murad K. Agakhanov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Strength of Materials; muradak@mail.ru

Elena V. Trufanova Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Technical Mechanics; el.trufanova@mail.ru

Dmitry A. Vysokovsky, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Technical Mechanics; dmvysok@mail.ru

Adalet Z. Dzhabrailov, Postgraduate student of the Department of Transport Structures and Building Materials, zalovich84@mail.ru

Конфликт интересов / Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 24.11.2023.

Одобрена после рецензирования / Reviced 17.12.2023.

Принята в печать /Accepted for publication 17.12.2023.