

**СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**  
**BUILDING AND ARCHITECTURE**

**УДК 624.04**

**DOI: 10.21822/2073-6185-2021-48-4-171-177**

Оригинальная статья /Original Paper

**Предельное состояние по условию потери устойчивости равновесных форм**

**Г.М. Муртазалиев, М.М. Пайзулаев**

Дагестанский государственный технический университет,  
367026 г. Махачкала, пр. И.Шамиля,70, Россия

**Резюме. Цель.** Целью исследования является определение группы предельного состояния по условию потери устойчивости формы равновесия конструкций. **Метод.** Исследование основано на положениях теории устойчивости равновесных состояний строительных конструкций; теории ветвления решений нелинейных уравнений; метода возмущений; методов теории катастроф. **Результат.** Обобщены результаты анализа послекритического поведения конструкций, основанного на решении задачи в более высоких приближениях и из фундаментальных положений теории катастроф. Доказано, что исследование устойчивости равновесных форм конструкций с помощью алгебраических средств и геометрических образов теории катастроф позволяет однозначно определить тип критических точек бифуркации, предсказать характер поведения конструкции и определить группу предельного состояния, к которой следует отнести достигнутое конструкцией состояние. **Вывод.** Представляется необходимым переименование порядковых номеров типов критических точек бифуркаций для того, чтобы они совпадали с номерами соответствующих им групп предельных состояний.

**Ключевые слова:** предельные состояния, равновесные формы, потеря устойчивости, бифуркация (ветвление), послекритическое поведение, предельные нагрузки, теория катастроф

**Для цитирования:** Г.М. Муртазалиев, М.М. Пайзулаев. Предельное состояние по условию потери устойчивости равновесных форм. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2021; 48(4): 171-177. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-4-171-177

**Limit state according to the condition of loss of stability of equilibrium forms**

**G.M. Murtazaliev, M.M. Paizulaev**

Daghestan State Technical University,  
70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367026, Russia

**Abstract. Objective.** The purpose of the study is to determine the group of the limiting state according to the condition of loss of stability of the equilibrium form of structures. **Method.** The study is based on the provisions of the theory of stability of equilibrium states of building structures; branching theory of solutions of nonlinear equations; perturbation method; methods of catastrophe theory.

**Result.** The results of the analysis of the post-critical behavior of structures based on the solution of the problem in higher approximations and from the fundamental provisions of the theory of catastrophes are generalized. It is proved that the study of the stability of equilibrium forms of structures using algebraic means and geometric images of the theory of catastrophes makes it possible to unambiguously determine the type of critical bifurcation points, predict the nature of the behavior of the structure, and determine the limit state group to which the state reached by the structure should be attributed. **Conclusion.** It seems necessary to rename the ordinal numbers of the types of critical points of bifurcations so that they coincide with the numbers of the groups of limit states corresponding to them.

**Keywords:** limit states, equilibrium forms, buckling, bifurcation (branching), post-critical behavior, limit loads, catastrophe theory

**For citation:** G.M. Murtazaliev, M.M. Paizulaev. Limit state according to the condition of loss of stability of equilibrium forms. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2021; 48(4):171-177. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-4-171-177

**Введение.** Совершенствование норм и правил обеспечения надежности строительных конструкций и оснований остается краеугольным камнем всей теории сооружений как науки призванной разработать новые, совершенствовать существующие положения по расчету и внедрять их в практику проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. После утраты огромного числа крупных специалистов и смены поколений исследователей в период рыночного реформирования страны, многие научные учреждения реанимируются, восстанавливаются и возвращаются к выполнению своих функций.

Мировые наука и практика в области строительства обогатились (порой не без потерь не только материальных ценностей, но и человеческих жизней) новыми идеями и явлениями, такими как прогрессирующее разрушение, живучесть сооружений и т.д. [9, 18]. Проявлением такого возрождения является появление новых, переработанных, исправленных и переизданных основных глав СНиПов, иногда под другим названием – типа свода правил (СП) и др. Определение группы предельного состояния по условию потери устойчивости формы равновесия строительных конструкций широко обсуждалось в отечественной научной литературе. Результатом этих работ и явилось включение явления потери устойчивости как в I, так и во II группы предельных состояний документа [1] в зависимости от последствий такого явления.

В новом межгосударственном стандарте [2] некоторые положения старого стандарта [1] изменены или вовсе изъяты и не всегда в сторону улучшения и совершенствования. Так, в существующем стандарте «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» [2], принятом в 2014 г. и вступившем в силу в 2015г., потеря устойчивости формы, приводящая к затруднению нормальной эксплуатации, включенная в пункт 2 из предыдущего издания стандарта ГОСТ 27751-88, изъята из второй группы предельных состояний.

На наш взгляд, такое решение является шагом назад в деле понимания сути происходящих явлений и последующего совершенствования норм и правил проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. О необходимости дополнительного анализа этих явлений и выявления характера начального этапа послекритического поведения конструкции указано в трудах известных отечественных и зарубежных ученых в этой области [3-17]. В этих работах заключен единодушный вывод: для предсказания поведения конструкции в критической (послекритической) области нужно анализировать качество состояния в критических точках, поскольку глобальное послекритическое поведение конструкции зависит от «природы» точки бифуркации.

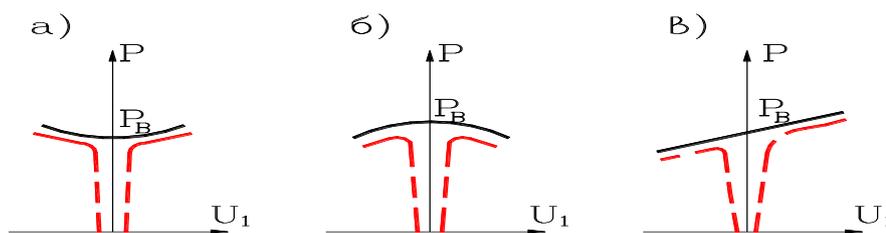
Как отмечено, после горячих дискуссий, в указанном межгосударственном стандарте [1], устанавливающем основные положения по расчету строительных конструкций, оснований всех видов зданий и сооружений на силовые воздействия, явление потери устойчивости формы равновесия было отнесено к первой или ко второй группе предельных состояний, а в новом стандарте потеря устойчивости формы, приводящая к затруднению нормальной эксплуатации, изъята из второй группы предельных состояний.

**Постановка задачи.** При анализе напряженно-деформированного состояния конструкций строятся кривые равновесных состояний, являющиеся информативно емкими характеристиками, на которых определяются особые точки, в которых происходит качественное изменение в поведении конструкций. В теории устойчивости сооружений, в частности в теории устойчивости равновесных состояний строительных конструкций, различают два рода эффектов, объединенных одним термином неустойчивость – потеря устойчивости «первого» и «второго» рода, которые по терминологии введенной еще А.Пуанкаре, характеризуются точкой бифуркации и предельной точкой, соответственно, хотя такая классификация, как справедливо отмечается во многих работах [3-17], далеко не универсальна, не достаточно тонка и полна, что

требует более подробных дополнительных исследований.

Сами по себе эти точки скорее сигнализируют об опасности, чем позволяют оценить истинную степень этой опасности. В частности, остается открытым вопрос: может ли рассчитываемая конструкция после бифуркации (ветвления) равновесных форм нести дополнительную нагрузку или же такая возможность исключается? Для ответа на этот вопрос следует более пристально изучить «природу» названных точек, представляющих большую теоретическую и практическую ценность более глубоким анализом происходящих явлений, что и послужило выбором цели исследования.

**Методы исследования.** В существующей литературе по устойчивости упругих систем эти точки разделены на два типа [3]. Точка бифуркации, относящаяся к устойчивой послекритической ветви деформирования конструкции, названная критической точкой бифуркации первого типа (рис. 1, а).



**Рис.1. Критические точки бифуркации**

**Fig.1. Critical bifurcation points**

В этом случае предельная нагрузка больше бифуркационной, исходная форма равновесия сменяется другой устойчивой формой, соответствующая конструкция совершает постепенный и плавный («мягкий») переход в смежное равновесное состояние с формой выпучивания  $U_1$ . Точка бифуркации, принадлежащая к неустойчивой послекритической области, названа критической точкой бифуркации второго типа (рис. 1, б). В этом случае бифуркационная нагрузка является предельной, при которой исходная форма равновесия сменяется неустойчивой формой, соответствующая конструкция совершает скачкообразный и внезапный («жесткий») переход в новое, отдаленное от исходного, состояние равновесия. Возможен и промежуточный вариант, изображенный на (рис. 1, в)

По сути дела, от типа точки бифуркации (ветвления) исходных равновесных форм зависят: характер начального этапа послекритического поведения и глобальные качественные изменения в послекритическом деформировании конструкций; чувствительность конструкции к несовершенствам; соотношение между значениями параметров бифуркационных и предельных нагрузок, знание которого выявляет физические возможности объекта после ветвления равновесных форм и формирует инженерное представление о мере опасности достижения данного критического состояния. Ясно, что в зависимости от последствий, к которым может привести достижение того или иного уровня, гарантия против его наступления должна быть различной, что в свою очередь достигается определением группы предельного состояния, к которой следует отнести данное критическое состояние конструкции. Важно выяснить: является ли найденная критическая точка бифуркации (ветвления) исходных равновесных форм точкой потери (исчерпания) несущей способности конструкции и соответствующее состояние отнести к I группе предельных состояний или же она является точкой потери устойчивости исходной равновесной формы конструкции, не исчерпавшей еще своей несущей способности, а состояние конструкции затрудняет ее нормальную эксплуатацию, такое состояние должно быть отнесено ко II группе предельных состояний.

Несмотря на то, что каждой точке бифуркации соответствует некоторая задача о собственных значениях, характер поведения различных конструкций при нагрузках близких к критическим резко меняется. Известно, что плоские пластинки выдерживают нагрузки, значительно превышающие критические, тогда как для оболочек эксперименты показывают, что выпучи-

вание происходит в большинстве случаев при нагрузках лежащих значительно ниже критических нагрузок бифуркации, получаемых из решения задач о собственных значениях, и связано оно с их весьма неустойчивым послекритическим поведением [7,8].

**Обсуждение результатов.** Для ответа на поставленные вопросы, следует определить: к какому участку послебифуркационной (вторичной, побочной) равновесной ветви относится сама точка бифуркации, определяющая момент потери устойчивости исходной равновесной формы: если точка бифуркации принадлежит неустойчивой вторичной ветви, то выпучивание приобретает характер прощелкивания, следовательно, точка бифуркации является предельной точкой, в которой происходит потеря несущей способности и конструкция совершает внезапный скачкообразный переход в несмежные равновесные состояния; если же точка бифуркации относится к начальному участку устойчивой вторичной равновесной ветви, то конструкция после бифуркации постепенно и плавно переходит в смежную (побочную) равновесную форму, т.е. она способна нести дополнительную нагрузку.

Для численной реализации удобнее пользоваться дифференциальными уравнениями, получаемые непосредственно из исходной системы линейных или нелинейных дифференциальных уравнений на основе метода возмущений.

При этом поведение конструкции описывается решением исходных уравнений следующего вида:

$$\begin{aligned} W &= W_0 + \xi W_1 + \xi^2 W_2 + \dots; \\ F &= F_0 + \xi F_1 + \xi^2 F_2 + \dots, \end{aligned} \quad (1)$$

где:  $\xi$  – малый параметр;

$W_0$  и  $F_0$  – параметры исходного напряженно-деформированного состояния конструкции, устойчивость которого изучается из решения линейных или нелинейных уравнений, описывающих исходный процесс и не содержащих параметр  $\xi$ ;

$W_1$  и  $F_1$  – собственные функции, характеризующие возможную форму выпучивания конструкции, определяемые решением системы уравнений устойчивости, получаемых из исходной системы уравнений, содержащих параметр  $\xi$  в первой степени;

$W_2$  и  $F_2$  – функции, характеризующие послекритическое поведение конструкции, получаемые из исходных уравнений и содержащие малый параметр во второй степени.

Решение этих трех задач соответствует алгоритму решения, в общем случае, нелинейных краевых задач, строгие математические критерии которых установлены в теории ветвления решений нелинейных уравнений [22].

Первая задача заключается в установлении возможных форм равновесия конструкции решением исходной (линейной или нелинейной) краевой задачи с параметрами, характеризующими исследуемый основной процесс; в определении границ существования каждой найденной возможной формы равновесия основного процесса; в установлении возможных способов перехода конструкции из одной найденной формы равновесия в другую. Вслед за этим встает вторая задача – исследование устойчивости всех найденных форм равновесия основного процесса, включающая: отыскание значений параметра нагрузки, при которых происходит бифуркация (ветвление) равновесных форм основного процесса; определение числа ответвляющихся решений и их кратности; установление конфигураций равновесных форм побочного процесса.

Третья задача заключается в определении характера начального этапа послекритического поведения конструкции, для чего требуется анализ более высокого порядка, чем при решении первых двух задач.

Таким образом, исследование поведения под нагрузкой различных конструкций, названное авторами статьи общей нелинейной краевой задачей, разбивается на три этапа, в которых решаются последовательные, отдельные, но взаимосвязанные задачи, вносящие поэтапную ясность в изучаемые явления и, в конечном итоге, позволяющие выявить все характерные особенности деформирования, склонных к потере устойчивости конструкций. Эти задачи могут

быть решены различными приближенными аналитическими и численными методами [15].

Одной из теорий, интенсивно развивающейся и широко популярной не только в математике, но и в самых различных областях науки, ставшей в последние годы эффективным и полезным средством анализа многочисленных разрывных явлений природы является прикладная математическая теория – теория катастроф [11, 15, 19, 23]. Методы этой теории непосредственно применимы к решению задач, в которых минимизируется или максимизируется некоторая функция. Поскольку изучение вопросов равновесия и устойчивости равновесных форм механических систем сводится к анализу локальных свойств потенциальной энергии, то для исследования этих вопросов широко используются методы теории катастроф. Не вдаваясь в подробное описание основ и методов данной теории, которые изложены в [11, 19], отметим, что в теории устойчивости сооружений – эта теория об изучении качества равновесных состояний конструкций, описываемых выражением потенциальной энергии, которые могут быть устойчивыми или неустойчивыми в зависимости от изменения значений параметров самих конструкций и внешних воздействий.

Существенную роль играет теория катастроф в установлении зависимости экспериментально наблюдаемых форм равновесий упругих систем от числа управляющих параметров, позволяющих классифицировать явления потери устойчивости консервативных систем, где для этих целей широко используется концепция «структурной устойчивости», общая идея которой заключается в том, что все физические явления устойчивые настолько, чтобы быть повторно наблюдаемыми, и должны быть устойчивыми по отношению к малым возмущениям [11, 19, 23, 24].

Сведение задач исследования устойчивости равновесных форм конструкций к хорошо изученным алгебраическим средствам и геометрическим образам теории катастроф позволяет однозначно определить тип критических точек бифуркации, предсказать характер поведения конструкции и определить группу предельного состояния, к которой следует отнести достигнутое конструкцией состояние.

**Вывод.** Приведенные доводы к определению группы предельного состояния по потере устойчивости равновесных форм конструкций основаны на анализе результатов исследований отечественных и зарубежных специалистов, а также собственных исследований авторов, получивших поддержку официальных оппонентов, известных отечественных ученых и членов диссертационного совета Д033.04.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук при ЦНИИСК им. Кучеренко [14]. Данные о соотношениях между критическими и предельными значениями параметров нагрузок, выявляющие реальные физические возможности и скрытые резервы несущей способности рассчитываемых конструкций, позволяют однозначно определить группу предельного состояния, рассматриваемого равновесного состояния.

Потеря устойчивости форм равновесий строительных конструкций должна быть отнесена к первой или ко второй группе предельных состояний в зависимости от типа (природы) критической точки бифуркации (ветвления) равновесных форм, что, видимо, и должно быть дополнительно уточнено и сформулировано (с учетом и других замечаний) в основополагающем документе [2]:

- к первой группе предельных состояний должна быть отнесена потеря устойчивости равновесных форм, характеризуемая критической точкой бифуркации второго типа (согласно принятой в [3] терминологии), при которой значение параметра критической нагрузки бифуркации (ветвления) равновесных форм является значением параметра предельной нагрузки для рассчитываемой конструкции;
- ко второй группе предельных состояний следует отнести потерю устойчивости форм, характеризуемой критической точкой бифуркации первого типа (согласно [3]), при которой значение параметра предельной нагрузки выше значения параметра критической нагрузки бифуркации (ветвления), соответствующего данной точке.

В связи с изложенным, представляется более оправданным переименование порядковых номеров типов названных критических точек бифуркаций для того, чтобы они совпадали с номерами соответствующих им групп предельных состояний.

#### Библиографический список:

1. ГОСТ 27751-88 (СТ СЭВ 384-87). Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. Введ. с 01.07.88. -М.: Изд-во стандартов, 1988. -9 с.
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Введ. с 01.07.15. -М.: Стандартиформ, 2015. - 16с.
3. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. - М.: Машиностроение, 1991. - 333с.
4. Болотин В.В. О понятии устойчивости в строительной механике //Проблемы устойчивости в строительной механике. - М.: Стройиздат, 1965. -С. 6-27.
5. Броуде В.М. Потеря устойчивости как предельное состояние//Строительная механика и расчет сооружений. 1970. - №6.-С.4-7.
6. Броуде В.М., Бельский Г.И., Беляев В.И. О потере устойчивости как предельном состоянии стальных конструкций //Строительная механика и расчет сооружений. 1990. -№3. -С.88-91.
7. Будянский Б., Хатчинсон Дж. Выпучивание: Достижение и проблемы //Механика деформируемых твердых тел: Направления развития: Сб. статей. -М.: Мир, 1983. - С.121-160.
8. Ведяков И.И., Райзер В.Д. Надежность строительных конструкций. Теория и расчет – М.: Издательство АСВ, 2018. – 414с.
9. Ведяков И.И., Еремеев П.Г., Одесский П.Д., Попов Н.А., Соловьев Д.В. Расчет строительных конструкций на прогрессирующее обрушение: нормативные требования – Вестник НИЦ Строительство 2019, № 4 – С. 16-24с.
10. Ведяков И.И., Еремеев П.Г., Одесский П.Д., Попов Н.А., Соловьев Д.В. Анализ нормативных требований к расчету строительных конструкций на прогрессирующее обрушение - Вестник НИЦ Строительство 2019, № 2 – С. 15-29.
11. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. В 2 кн. -М.: Мир, 1984. Кн.1. -350 с.
12. Койгер В.Т. Устойчивость и закритическое поведение упругих систем //Механика. Периодич. сб. пер. иностр. лит. - М.: ИЛ, 1960. -№5. -С. 99-110.
13. Муртазалиев Г.М. О предельных состояниях по условию потери устойчивости /Деп.в ВИНТИ 06.01.93, N 12 - В 93.
14. Муртазалиев Г.М. Методы теории катастроф в задачах устойчивости пологих оболочек //Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. -М. ЦНИИСК им.Кучеренко:1996. -С. -40.
15. Муртазалиев Г.М. Методы теории катастроф в задачах устойчивости оболочек – Махачкала: ИПЦ, ДГТУ, 2003 – 176с.
16. Пановко Я.Г. О типах потери устойчивости упругих систем при статических нагрузках. //Строительная механика: Сб. статей. -М.: Стройиздат, 1966. - С.118-125.
17. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, ошибки и парадоксы.-3-е изд., перераб.-М.: Наука, 1979. -384 с.
18. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций – М: Издательство АСВ, 2007, - 256с.
19. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. -М.: Мир, 1980. -608 с.
20. Райзер В.Д., Муртазалиев Г.М. Закритические равновесные состояния пологих оболочек вращения. //Строительная механика и расчет сооружений.-1980. -№1. -С.40-45.
21. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании – М: Издательство АСВ, 1998, - 304с.
22. Теория ветвлений и нелинейные краевые задачи на собственные значения /Под ред.Дж.Б. Келлера и С. Антмана. -М.: Мир, 1974. -256 с.
23. Томпсон Д.М.Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике. -М.: Мир, 1985.- 256 с.
24. Травуш В.И., Волков Ю.С. О параметрической модели нормирования и требованиях ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» - БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. №2 (1002), С. 36-38

#### References:

1. GOST 27751-88 (ST SEV 384-87). Reliability of building structures and foundations. Basic provisions for the calculation. Introduction from 01.07.88. M.: Publishing house of standards, 1988; 9 (In Russ).
2. GOST 27751-2014. Reliability of building structures and foundations. Basic provisions. Introduction from 01.07.15. -M.: Standartinform. 2015;16. (In Russ)
3. Alfutov N.A. Fundamentals of calculating the stability of elastic systems. M.: Mashinostroenie, 1991. 333p. (In Russ)
4. Bolotin V.V. On the concept of stability in structural mechanics. *Problems of stability in structural mechanics*. - M.: Stroyizdat, 1965; 6-27. (In Russ)
5. Broude V.M. Loss of stability as a limiting state. [Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy] *Structural mechanics and calculation of structures*. 1970; 6: 4-7. (In Russ)
6. Broude V.M., Belsky G.I., Belyaev B.I. On the loss of stability as the limiting state of steel structures. [Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy] *Structural mechanics and calculation of structures*. 1990; 3:88-91. (In Russ)
7. Budyansky B., Hutchinson J. Buckling: Achievement and problems. *Mechanics of deformable solids: Directions of development: Sat. articles*. M.: Mir, 1983; 121-160. (In Russ)
8. Vedyakov I.I., Raiser V.D. Reliability of building structures. Theory and calculation. M.: DIA Publishing House, 2018; 414. (In Russ)
9. Vedyakov I.I., Eremeev P.G., Odessky P.D., Popov N.A., Soloviev D.V. Calculation of building structures for progressive collapse: regulatory requirements. *Bulletin of the NIC Construction* 2019; 4: 16-24. (In Russ)

10. Vedyakov I.I., Ereemeev P.G., Odesskii P.D., Popov N.A., Soloviev D.V. Analysis of regulatory requirements for the calculation of building structures for progressive collapse. *Bulletin of the NIC Construction* 2019; 2: 15-29. (In Russ)
11. Gilmore R. Applied Catastrophe Theory. In 2 books. M.: Mir, 1984; 1: 350. (In Russ)
12. Koiter V.T. Stability and supercritical behavior of elastic systems. *Mechanics. Periodic Sat. per. foreign lit.* M.: IL, 1960; 5: 99-110. (In Russ)
13. Murtazaliev G.M. On the limit states under the condition of loss of stability. Dep. in VINITI 06.01.93; 12 - B 93. (In Russ)
14. Murtazaliev G.M. Methods of the theory of catastrophes in problems of the stability of shallow shells. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. M. TsNIISK named after Kucherenko: 1996; 40. (In Russ)
15. Murtazaliev G.M. Catastrophe theory methods in shell stability problems Makhachkala: IPTs, DSTU, 2003;176. (In Russ)
16. Panovko Ya.G. On the types of stability loss of elastic systems under static loads. *Structural mechanics: Sat. articles.* -M.: Stroyizdat, 1966; 118-125. (In Russ)
17. Panovko Ya.G., Gubanova I.I. Stability and oscillations of elastic systems: Modern concepts, errors and paradoxes. - 3rd ed., Rev. M.: [Nauka] Science. 1979; 384. (In Russ)
18. Perelmuter A.V. Selected problems of reliability and safety of building structures. M: DIA Publishing House, 2007; 256. (In Russ)
19. Poston T., Stuart I. Catastrophe theory and its applications. M.: Mir, 1980; 608. (In Russ)
20. Raiser V.D., Murtazaliev G.M. Supercritical equilibrium states of shallow shells of revolution. [Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy] *Structural mechanics and calculation of structures.* 1980; 1: 40-45. (In Russ)
21. Raiser V.D. Reliability theory in building design. M: DIA Publishing House. 1998; 304. (In Russ)
22. Theory of branching and nonlinear boundary value problems for eigenvalues. Under the editorship of J.B. Keller and S. Antman. M.: Mir, 1974; 256. (In Russ)
23. Thompson D.M.T. Instabilities and catastrophes in science and technology. M.: Mir, 1985; 256. (In Russ)
24. Travush V.I., Volkov Yu.S. On the parametric model of regulation and the requirements of GOST 27751-2014 "Reliability of building structures and foundations. Basic Provisions" BST: *Bulletin of Construction Equipment.* 2018; 2 (1002): 36-38(In Russ)

**Сведения об авторах:**

Муртазалиев Гелани Муртазалиевич, доктор технических наук, профессор, кафедры сопротивления материалов, теоретической и строительной механики; [ventav@mail.ru](mailto:ventav@mail.ru)

Пайзулаев Магомед Муртазалиевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой сопротивления материалов, теоретической и строительной механики; [ventav@mail.ru](mailto:ventav@mail.ru)

**Information about the authors:**

Gelani M. Murtazaliev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department Resistance of Materials, Theoretical and Construction Mechanics; [ventav@mail.ru](mailto:ventav@mail.ru)

Magomed M. Payzulaev, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Head of the Department Resistance of Materials, Theoretical and Construction Mechanics; [ventav@mail.ru](mailto:ventav@mail.ru)

**Конфликт интересов/Conflict of interest.**

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

Поступила в редакцию/ Received 12.10.2021.

Одобрена после рецензирования / Revided 10.11.2021.

Принята в печать/ Accepted for publication 12.11.2021.