

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 539.3:624.04

Гусейнова С.В., Дибиргаджиев А.М., Муртазалиев Г.М.

ВОЗМОЖНЫЕ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Guseinova S.V., Dibirgadzhiyev A.M., Murtazaliyev G.M.

POSSIBLE STATEMENTS OF PROBLEMS OF LOSS OF STABILITY DESIGNS

Дается методика определения группы предельного состояния тонкостенных систем по условию потери устойчивости равновесных форм. Отмечено, что для однозначного определения состояния конструкции следует выявить «природу» критической точки, от которой зависит характер послекритического деформирования конструкции. Приводится одна возможная классификация постановок задач потери устойчивости.

Ключевые слова: потеря устойчивости, нелинейные задачи, предельные состояния, теория ветвления, энергетические поверхности, особые точки.

The technique of definition of group of a limit condition of thin-walled systems on a condition of loss of stability of equilibrium forms is given. It is noted that for unambiguous definition of a condition of a design it is necessary to reveal "nature" of a critical point on which character after critical deformation of a design depends. To be brought one possible classification of statements of problems of loss of stability.

Key words: stability loss, nonlinear tasks, limit states, theory of branching, power surfaces, special points.

По утверждению Р. Беллмана – «устойчивость является сильно перегруженным термином с неустановившимся определением».

Анализ опубликованных в последние годы данных об авариях металлических конструкций показывает, что более трети (35%) основных видов отказов приходится на потерю местной и общей устойчивости.

Такое положение требует пристального внимания к этой проблеме, поскольку многообразие постановок, упрощений и методов решения нелинейных краевых задач расчета конструкций, с учетом одного или одновременно нескольких видов нелинейностей, как бы размазало различные постановки, критерии и методы решения задач устойчивости. Во многих случаях, решение задачи устойчивости завуалировано в решении самой исходной нелинейной задачи, очень часто, без обоснования соответствующего критерия. Все это создает иллюзию того, что при решении нелинейных задач, особенно при решении гео-

метрически нелинейных задач, вопросы устойчивости получаемых равновесных состояний как бы решаются автоматически [1].

Как известно, в теории устойчивости сооружений, в частности и в теории устойчивости равновесных состояний строительных конструкций, различают два рода эффектов, объединенных одним термином неустойчивость - потеря устойчивости "первого" и "второго" рода [2], которые по терминологии введенной еще А.Пуанкаре характеризуются точкой бифуркации и предельной точкой соответственно [3], хотя такая классификация, как справедливо отмечается в работах [2,3], далеко не универсальна, не достаточно тонка и полна, что требует более подробных дополнительных исследований.

Сложность и трудность расчетов конструкций в нелинейных постановках заключаются в том, что они связаны с необходимостью анализа разрывных явлений, происходящих при плавном и непрерывном изменении значений параметров самих конструкций и действующей нагрузки, входящих в исходные нелинейные уравнения, описывающих поведение под нагрузкой различных систем. Механически эти разрывные явления проявляются в виде скачкообразных и внезапных переходов рассматриваемой системы из одного возможного равновесного состояния в другие состояния.

При анализе этих особенностей возникает ряд задач, строгие математические критерии которых установлены в теории ветвления решений нелинейных уравнений [4].

Первая задача заключается:

- в установлении всевозможных форм равновесия системы решением исходных нелинейных краевых задач 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.

Вторая задача - исследование устойчивости всех найденных форм равновесия основного процесса, включающая:

- поиск 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 посткритического поведения конструкции, для чего требуется анализ более высокого порядка, чем при решении первых двух задач.

В соответствии с этим, исследование поведения под нагрузкой тонкостенных систем, представляющее решение, целесообразно разбить на три этапа, в каждом из которых решаются последовательные и взаимосвязанные задачи, вносящие поэтапную дополнительную ясность в изучаемые явления и, в конечном итоге, позволяющие выявить все характерные особенности упруго-нелинейного деформирования, склонных к потере устойчивости, тонкостенных систем.

Отметим, что такое разделение проблемы на изучение форм докритического (исходного) деформирования, механизма ветвления (бифуркации) равновесных форм и послекритического анализа является условным, принятым с целью придания предмету исследования обозримые границы, поскольку многообразие задач, упрощений и расчетных методов сделало этот раздел механики практически необозримым [5].

Такое положение привело к тому, что в существующем нормативном документе [6], устанавливающем основные положения по расчету строительных конструкций, оснований всех видов зданий и сооружений на силовые воздействия, явление потери устойчивости формы равновесия отнесено к первой или ко второй группе предельных состояний, ставшее предметом продолжающих до сих пор дискуссий и обсуждений на страницах научно-технической литературы [7,8]. Поэтому, несмотря на громадное количество работ теоретического и экспериментального характера, проблема классификации явлений потери устойчивости строительных конструкций по группам предельных состояний ни в теоретическом, ни в практическом отношении полностью еще не решена и она остается привлекательной, сложной и актуальной проблемой строительной механики.

В классической постановке бифуркационных задач теории упругой устойчивости исходят из допущения, что исходное напряженное состояние, т. е. состояние до потери устойчивости, определяется уравнениями линейной теории упругости и пренебрегают изменениями, происходящими в самой системе.

В нелинейных задачах, в которых учитываются те существенные изменения, претерпеваемые конструкцией в процессе нагружения, интуитивное определение основного процесса, исходных равновесных форм и их состояний, являющихся первыми элементами логической схемы исследования задач устойчивости затруднительно, что может служить основанием для недоразумений. Поэтому будем придерживаться определений данных в работе [9], условимся называть выделенный определенным образом внутренний процесс - основным, равновесные формы этого процесса, устойчивость которых контролируется - исходными, а продолжение, предписываемое этим процессом, - основным продолжением. Другие продолжения и формы будем называть побочными.

С учетом отмеченного, кроме классификации нелинейных краевых задач принятой в нелинейной строительной механике и подробно изложенной в работах [10], в бифуркационных задачах возможны следующие постановки (рис. 1-3):

- линейный основной процесс и линеаризованная постановка задачи устойчивости исходной равновесной формы основного процесса (классическая постановка), определяющая точку бифуркации (ветвления) исходной равновесной формы основного процесса, соответствующего значения параметра критической нагрузки и, с точностью до масштаба, собственную функцию задачи, описывающую конфигурацию системы в момент потери устойчивости - 1 тип задач;

- линейный основной процесс и нелинейная постановка задачи устойчивости исходной равновесной формы основного процесса, позволяющая дополни-

тельно выявить "природу" критической точки бифуркации, а следовательно, и характер начального этапа послекритического (после ветвления равновесных форм) деформирования конструкции - 2 тип задач;

- нелинейный основной процесс, учитывающая изменения, происходящие в системе в основном процессе и линеаризованная постановка задачи определения критических нагрузок бифуркации путем отыскания точек бифуркаций на кривых или поверхностях равновесных состояний, без выявления "природы" этих точек - 3 тип задач;

- нелинейный основной процесс и нелинейная постановка задачи устойчивости исходных равновесных форм основного процесса, выявляющая "природу" точки бифуркации (ветвления) исходных равновесных форм основного процесса, характеризующей начальный этап послекритического поведения конструкции - 4 тип задач.

На рис. 1 показаны указанные типы задач на графиках «нагрузка-характерное перемещение», являющихся информативно емкими характеристиками в изучении поведения конструкции под нагрузкой, представляющих множество особых точек энергетических поверхностей соответствующих задач (рис. 2,3).

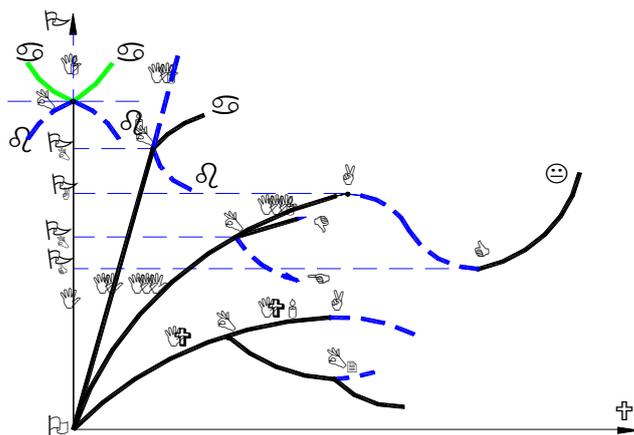


Рисунок 1 - Графическое представление возможных постановок задач устойчивости конструкций

I – устойчивые (I' – неустойчивые) равновесные состояния исходной формы основного процесса;

II – устойчивые (II' – неустойчивые) состояния исходной формы линейного основного процесса;

III – устойчивые (III' – неустойчивые) состояния исходной формы нелинейного основного процесса;

IV – равновесные состояния нелинейного деформирования и нелинейных последующих бифуркаций;

а-а – состояния устойчивой послебифуркационной равновесной формы побочного процесса;

б-б, а-б, б-а, -- неустойчивые послебифуркационные ветви;

А, С – предельные точки; В – точка бифуркации (ветвления).

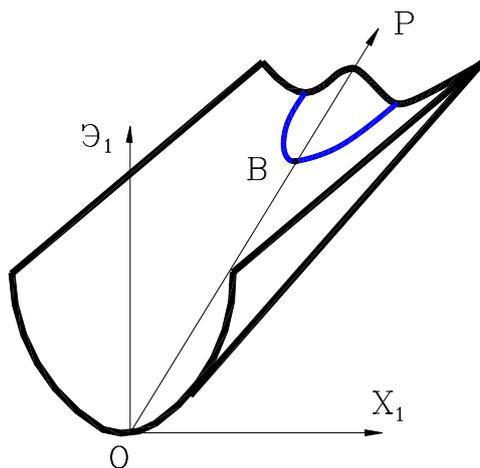


Рисунок 2 - Топология энергетической поверхности для 1 и 2 типов задач

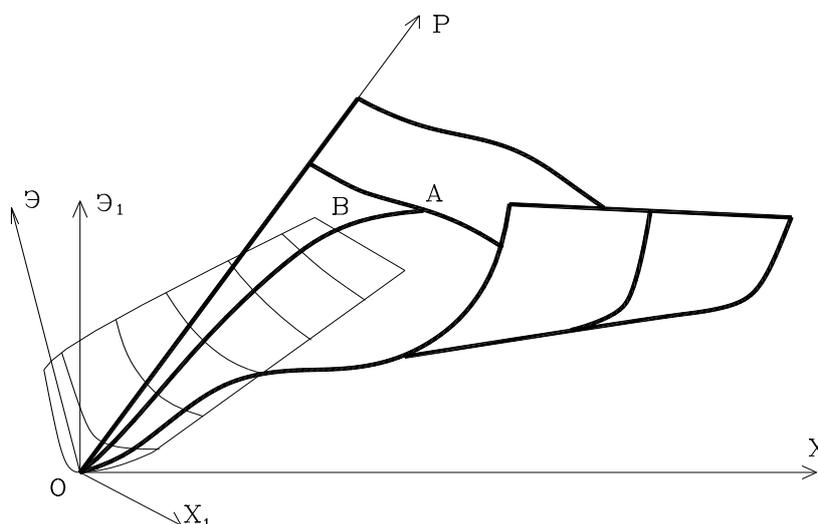


Рисунок 3 - Топология энергетической поверхности для 3 и 4 типов задач

Вывод.

Из приведенной классификации следует, что для однозначного определения группы предельного состояния конструкций по условию потери устойчивости нужно решать задачи 2 и 4 типов, поскольку 1 и 3 тип задач является их частными случаями.

Библиографический список:

1. 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.
2. Пановко Я.Г. О типах потери устойчивости упругих систем при статических нагрузках. //Строительная механика: Сб. статей. -М.: Стройиздат, 1966. - С.118-125.

3. Койтер В.Т. Устойчивость и закритическое поведение упругих систем //Механика. Периодич. сб. пер. иностр. лит. -М.: ИЛ, 1960. -N5. -С. 99-110.
4. Вайнберг М.М., Треногин В.А. Теория ветвления решений нелинейных уравнений. -М.: Наука,1969. -527 с.
5. Хатчинсон Дж.В., Койтер В.Т. Теория послекритического поведения конструкций //Механика. Периодический сборник переводов иностранных статей. - М.: Мир, 1971. -N3. -С.131-149.
6. 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.
7. Совершенствование нормирования расчета строительных конструкций и оснований. Райзер В.Д., Бать А.А., Отставнов В.А., Сухов Ю.Д. //Строит. механика и расчет сооружений, 1988. -N3. -С.59-61.
8. Броуде Б.М., Бельский Г.И., Беляев Б.И. О потере устойчивости как предельном состоянии стальных конструкций //Строит. механика и расчет сооружений. -1990. -N3. -С.88-91.
9. Ключников В.Д. Устойчивость упруго-пластических систем. - М.: Наука, 1980.- 249 с.
10. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики.- М.: Стройиздат, 1978. - 208 с.
11. Муртазалиев Г.М. Методы теории катастроф в задачах устойчивости оболочек. Махачкала ИПЦ ДГТУ, Махачкала, 2004 год.- 176 с.

УДК 691.32

Жуков А.З., Хаджишалапов Г.Н., Хежев Т.А., Хежев Х.А.

ЖАРОСТОЙКИЕ ФИБРОВЕРМИКУЛИТОБЕТОННЫЕ КОМПОЗИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

Zhukov A.Z., Khadzhashalapov G.N., Khezhev T.A., Khezhev KH.A.

THE HIGH-TEMPERATURE (OXIDATION-RESISTANT) FIBROVERMIKULITOBETON COMPOSITES WITH THE PUMICE APPLICATION

Разработаны жаростойкие композиты с применением портландцемента, вспученного вермикулита, вулканического пепла, базальтовых волокон. Исследованы составы и свойства вермикулитобетонных композитов. Получены математические модели зависимости прочности жаростойких фибровермикулитобетонных композитов от процента армирования и отношения длины волокон к их диаметру.

Ключевые слова: жаростойкие свойства, портландцемент, вспученный