

SPINAL INJURIES AS A TYPE OF OCCUPATIONAL INJURY

E.B. Golubeva

Abstract. *The article is devoted to the description and analysis of accidents resulting in spinal cord injuries. The consequences of such injuries are considered. The cause of injury not specified in the investigation materials was identified and a method of its elimination was proposed.*

Keywords: *spine, bruise, fracture, sacrum, lumbar spine.*

Об авторе:

ГОЛУБЕВА Елена Борисовна – аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: golubeva_eb@tvz.ru

About the author:

GOLUBEVA Elena Borisovna – Postgraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: golubeva_eb@tvz.ru

УДК 621.77.014

УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

А.С. Двужилов, Е.Д. Садыкова

© Двужилов А.С., Садыкова Е.Д., 2025

Аннотация. Статья посвящена анализу устойчивости сжатых стержней. Рассмотрены основные понятия и факторы, влияющие на поведение стержней под воздействием осевых нагрузок. Описаны методы анализа устойчивости.

Ключевые слова: сжатый стержень, критическая сила, устойчивость, кривизна стержня, материал, метод конечных элементов.

Устойчивость сжатых стержней является одной из ключевых тем в таких дисциплинах, как механика, сопротивление материалов и строительная инженерия. Понимание этого явления имеет большое значение для обеспечения безопасности и надежности конструкций, в которых используются сжатые элементы. Сжатые стержни применяются в различных областях: от строительства зданий и мостов до разработок в машиностроении и аэрокосмической промышленности.

Понятие об устойчивости сжатых стержней

Устойчивость – способность сохранять состояние при малых возмущениях внешнего воздействия.

Стержень (рис. 1) – тело, два размера которого (b и h) одного порядка и значительно меньше третьего (l); представителями стержня являются его ось и поперечное сечение [1].

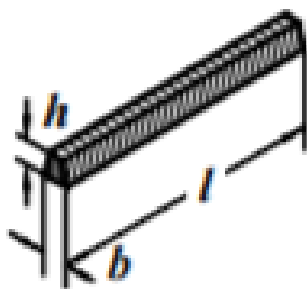


Рис. 1. Стержень [1]

Определение критической силы

Критическая сила – это значение внешней силы, при превышении которой сжатый стержень теряет устойчивость и начинает изгибаться. Такое состояние называется потерей устойчивости. Критическая сила зависит от геометрических параметров стержня, свойств материала и условий его закрепления.

Когда сжатый стержень подвержен сжимающим нагрузкам, он будет оставаться в равновесии до тех пор, пока приложенная сила не превысит критическую величину. При этом происходит неуправляемая деформация, которая может привести к разрушению конструкции [2].

Формулы для определения критической силы

Существует несколько формул (рис. 2) для расчета критической силы в зависимости от различных условий. Наиболее популярные из них – это формулы Эйлера, которые применяются к длинным сжатым стержням.

1. Формула Эйлера для простого сжатого стержня:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l^2}, \quad (1)$$

где $P_{кр}$ – критическая сила (кН); E – модуль упругости (МПа); J_{min} – момент инерции поперечного сечения стержня (m^4); l – эффективная длина стержня (м).

2. Формула Ф.С. Ясинского (иногда ее называют формулой Тетмайера – Ясинского):

$$P_{кр} = \sigma_{кр} \cdot A, \quad (2)$$

где $P_{кр}$ — критическая сила (кН); $\sigma_{кр}$ — критическое напряжение (МПа); A — площадь поперечного сечения брутто (см²).



Рис. 2. График зависимости $\sigma_{кр}$ от λ для стержней из пластичного материала [2]

Факторы, влияющие на устойчивость сжатых стержней:

1. Длина стержня.

Поведение длинных стержней под действием осевой сжимающей нагрузки отличается от поведения коротких: при достижении определенной критической величины сжимающей силы прямолинейная форма равновесия длинного стержня оказывается неустойчивой, и при превышении этой величины стержень начинает интенсивно искривляться [4].

2. Размеры и форма сечения.

При проектировании стержней, работающих на устойчивость, следует выбирать такую форму сечения, чтобы гибкость стержня была одинаковой относительно обеих главных осей его сечения (условие равноустойчивости) [4].

3. Материал.

При одинаковой гибкости менее устойчивым будет стержень, имеющий меньший модуль упругости, так как он потеряет устойчивость при меньшей силе по сравнению со стержнем, выполненным из более жесткого материала [4].

4. Способ крепления концов.

На величину критической силы влияют опорные закрепления.

5. Начальная кривизна стержня.

Начальная кривизна способствует тому, что с самого начала продольного нагружения стержня он изгибается. Даже небольшое превышение величины силы над ее критическим значением приводит к большим прогибам стержня и возникновению в нем высоких напряжений [3].

Для учета названных факторов при расчете на устойчивость коэффициент запаса устойчивости принимают несколько большим коэффициента запаса прочности.

Методы анализа устойчивости:

1. Метод Готтмана.

Более сложен в сравнении с другими, так как в нем учитывается не только длина стержня, но и нелинейные свойства материала. Позволяет более точно рассчитывать устойчивость коротких и толстых стержней, где влияние снижения прочности материала может быть значительным.

Метод включает в себя использование диаграмм «напряжение – деформация», в которых учитываются нелинейные свойства материала под воздействием сжимающих нагрузок.

2. Метод конечных элементов [5].

Позволяет провести детальный анализ сложных конструкций и форм. Стержень разбивается на конечные элементы, и каждый из них анализируется отдельно. Это позволяет получить точные результаты по распределению напряжений и деформациям в конструкции.

В методе конечных элементов могут учитываться сложные геометрические формы, различные материалы и нагрузки, а также условия закрепления [5].

3. Метод энергетического подхода.

Позволяет выявить критическую нагрузку путем анализа различных конфигураций и нахождения точек равновесия.

Анализ устойчивости может быть основан на сравнении потенциальной энергии системы до и после возникновения деформации. Потеря устойчивости происходит в тот момент, когда система достигает положения, при котором потенциальная энергия первоначальной конфигурации теряет устойчивость.

4. Метод Эйлера.

Предназначен для анализа длинных сжатых стержней, где искривление стержня малозначительно.

Расчет критической нагрузки, при которой стержень теряет устойчивость, производится по формуле (1).

С учетом возрастающей сложности и разнообразия конструкций важно непрерывное совершенствование теоретических основ, а также методов анализа и проектирования сжатых стержней. В конечном счете устойчивость сжатых стержней не только определяет долговечность

конструкций, но и играет первостепенную роль в защите жизни людей и охране окружающей среды. Инвестиции в научные исследования и разработки в этой области способствуют созданию более безопасного будущего.

Библиографический список

1. Икрин В.А. Сопротивление материалов с элементами теории упругости и пластичности: учебное пособие. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2005 (ППП Тип. Наука). 423 с. URL: http://imash.ru/netcat_files/file/BIBLIO/sopromat/Икрин%20В_А_%20-%20Сопротивление%20материалов%20-%202004.pdf (дата обращения: 06.12.2024).
2. Девятков С.А., Макеев С.А. Прочность стержней: учебное пособие. Омск: ОмГТУ, 2005. 54 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002709355> (дата обращения: 06.12.2024).
3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Машиностроение, 1979. 560 с. URL: <https://monographies.ru/en/book/section?id=7046> (дата обращения: 07.12.2024).
4. Реут Л.Е. Устойчивость сжатых элементов конструкций: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей (электронное учебное издание). Минск: БНТУ, 2021. 69 с. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/104397/Ustojchivost_szhatyh_ehlementov.pdf?sequence=1 (дата обращения: 07.12.2024).
5. Биргер И.А., Мавлютов Р.В. Сопротивление материалов. М.: МАИ, 1994. 511 с. URL: <https://djvu.online/file/YUwSFubMbVONs> (дата обращения: 07.12.2024).

STABILITY OF COMPRESSED BARS

A.S. Dvuzhilov, E.D. Sadykova

Abstract. The article is devoted to the analysis of stability of compressed rods. Basic concepts and factors influencing the behavior of rods under the influence of axial loads are considered. The methods of stability analysis are described.

Keywords: compressed rod, critical force, stability, rod curvature, material, finite element method.

Об авторах:

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

САДЫКОВА Елизавета Дмитриевна – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: 89607004395liza@gmail.com

About the authors:

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Material Strength, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

SADYKOVA Elizaveta Dmitrievna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: 89607004395liza@gmail.com

УДК 531

ХРУПКОЕ РАЗРУШЕНИЕ: МЕХАНИЗМЫ И КРИТЕРИИ

А.Д. Макарова, А.С. Двужилов

© Макарова А.Д., Двужилов А.С., 2025

***Аннотация.** Статья предназначена для инженеров, исследователей и студентов, работающих в области механики разрушения, материаловедения и проектирования конструкций. Рассмотрено хрупкое разрушение материалов, которое характеризуется отсутствием пластической деформации или ее незначительностью до момента разрушения. Описаны различные механизмы хрупкого разрушения. Для каждого механизма представлены критерии, используемые для прогнозирования и предотвращения хрупкого разрушения. Обсуждены факторы, влияющие на хрупкое разрушение, такие как размер зерна, наличие дефектов, температура и скорость нагружения. Дана комплексная трактовка понятия хрупкого разрушения, его механизмов и критериев, представлены практические рекомендации по предотвращению такого типа отказов.*

***Ключевые слова:** хрупкое разрушение, механизмы разрушения, критерии разрушения, трещины, межзеренные границы, факторы.*

Хрупкое разрушение – это вид разрушения твердого тела (элемента или всей конструкции) при распространении трещины, в котором размер зоны пластической деформации незначительно мал по сравнению с размером трещины или поперечником твердого тела. Под действием