

SHAPE MEMORY EFFECT IN METAL ALLOYS

E.V. Sirotkina, A.S. Dvuzhilov

Abstract. *The principle of the shape memory effect is described. The differences between alloys with one-sided and two-sided shape memory effects are highlighted. Some properties of metals with the shape memory effect are considered, as well as the fields of application of this phenomenon in various industries.*

Keywords: *shape memory effect, metal alloys, working principle of shape memory effect, phases, properties, application.*

Об авторах:

СИРОТКИНА Ева Валерьевна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: esirotkina-2005@mail.ru

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

About the authors:

SIROTKINA Eva Valeryevna – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: esirotkina-2005@mail.ru

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

УДК 531

МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

П.С. Смирнова, А.С. Двужиллов

© Смирнова П.С., Двужиллов А.С., 2026

Аннотация. *В статье рассмотрены основные методы, используемые для анализа напряженно-деформированного состояния конструкций, которые являются ключевыми для обеспечения*

надежности и безопасности строительства. Наряду с классическими подходами, такими как метод конечных элементов, описаны новые технологии, включая численные и аналитические методы, и проведен их сравнительный анализ. Сделан вывод о том, что анализ напряженно-деформированного состояния необходим для улучшения проектных решений и повышения уровня безопасности строительных конструкций.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, строительные конструкции, безопасность конструкций*

Напряженно-деформированное состояние (НДС) характеризует распределение напряжений и деформаций в материале конструкции под воздействием внешних нагрузок. Анализ НДС строительных конструкций является важным этапом проектирования и оценки их надежности, позволяющим предотвратить разрушения и обеспечить безопасность эксплуатации зданий и сооружений.

Существует несколько основных методов анализа НДС.

1. Метод конечных элементов

Это один из наиболее распространенных методов, позволяющих моделировать сложные конструкции [1, 2]. Применяется для анализа сложных геометрий, различных материалов и условий нагружения.

Суть метода заключается в разбиении конструкции на конечные элементы, для каждого из которых решаются уравнения равновесия. Надежность получаемых при этом результатов зависит от корректности выбранной расчетной схемы, а степень детализации расчетной модели определяется исходя из характера решаемой задачи. При проектировании стальных конструкций, как правило, ограничиваются рассмотрением стержневых расчетных моделей. При составлении расчетной схемы легкой фермы узлы сопряжения элементов между собой обычно определяют как шарнирные, причем такое допущение не всегда соответствует действительным условиям работы конструкции. Для определения характеристик и сечений несущих элементов на этапе проектирования достаточно результатов расчета стержневой модели.

2. Метод аналитических решений

Используется для простых конструкций с известными геометрическими формами и нагрузками (балки, плиты, стержни).

Основные уравнения механики сплошных сред позволяют получить аналитические выражения для напряжений и деформаций.

Для проведения анализа необходимо определить граничные и нагрузочные условия, которые воздействуют на элемент. Аналитические методы дают возможность предварительно оценить поведение элементов без необходимости проведения дорогостоящих экспериментов. Однако они имеют некоторые ограничения: с их помощью можно оценить НДС детали сложной геометрической формы только приближенно, без оценки точности получаемых результатов.

3. Метод численных интегралов

Применяется при невозможности получить аналитическое решение задачи.

Для определения напряжений и деформаций используются численные методы интегрирования.

4. Метод упругих моделей

Включает физическое моделирование конструкций с использованием упругих материалов.

Позволяет исследовать поведение конструкции под нагрузкой в лабораторных условиях. На основе информации о величинах напряжений можно спрогнозировать, не превышают ли они критических значений, которые приводят к разрушению.

Помимо физического, используется и математическое моделирование деформирования конструкций [3]. Данный метод позволяет добиться достаточно высокой точности без проведения экспериментов, что может ускорить и удешевить исследования.

5. Метод предельного состояния

Дает возможность определить, при каких условиях конструкция будет работать безопасно.

Сущность метода заключается в том, что устанавливают предельные состояния и вводят систему расчетных коэффициентов, которые гарантируют устойчивость и неразрушаемость конструкции от наступления этих предельных состояний при самых невыгодных сочетаниях нагрузок и минимальной прочности материалов.

Предельным называют такое состояние конструкции, при котором она перестает отвечать предъявляемым к ней требованиям [4]. Например, в ней образуются трещины, когда они недопустимы по условиям эксплуатации, либо ее прогибы превышают предельно допустимые, либо конструкция разрушается.

В данном методе выделены две группы предельных состояний: по несущей способности и по пригодности к нормальной эксплуатации конструкций.

Задача первой группы – гарантировать несущую способность конструкции, т. е. предотвратить следующие состояния:

хрупкое, вязкое или иного характера разрушение;

потерю устойчивости конструкции или ее положения;
усталостное разрушение (для этого проводится расчет на выносливость конструкций, находящихся под воздействием многократно повторяющихся подвижных или пульсирующих нагрузок);
разрушение от совместного воздействия силовых факторов и внешней среды (включая агрессивность среды, попеременное замораживание и оттаивание и т. п.).

Во вторую группу входят расчеты по образованию трещин, по раскрытию и закрытию трещин, по деформациям.

Основная задача расчета по методу предельных состояний – создание условий, не допускающих переход конструкций в предельное состояние в течение всего срока эксплуатации.

6. Методы экспериментального исследования

Включают натурные испытания и испытания образцов в лаборатории.

Используются датчики для измерения деформаций и напряжений в реальных условиях [5].

Таким образом, каждый из рассмотренных методов имеет свои ограничения по сложности конструкций и типов нагрузок.

Метод конечных элементов и экспериментальные методы обеспечивают высокую точность, в то время как аналитические методы могут давать приближенные результаты для сложных задач.

Метод конечных элементов требует значительных вычислительных ресурсов, тогда как аналитические методы проще в реализации.

Анализ НДС строительных конструкций является ключевым аспектом обеспечения их надежности и безопасности. При этом выбор метода зависит от специфики задачи, требуемой точности и доступных ресурсов. Современные технологии, такие как метод конечных элементов, открывают новые возможности для более глубокого понимания поведения конструкций под нагрузкой.

Библиографический список

1. Агапов В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций. М.: АСВ, 2004. 248 с.
2. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: учебник для вузов. СПб.: Лань, 2004. 656 с.
3. Двужиллов А.С., Зубчанинов В.Г. Математическое моделирование процессов пластического деформирования материалов // Математическое моделирование в естественных науках. 2014. Т. 1. С. 88–91.
4. Металлические конструкции / Ю.И. Кудишин [и др.]; под ред. Ю.И. Кудишина. М.: Академия, 2011. 688 с.

5. Землянский А.А. Обследование и испытание зданий и сооружений: учебное пособие. М.: АСВ, 2004. 240 с.

METHODS OF ANALYSIS OF STRESSED-STRAIN STATE OF BUILDING STRUCTURES

P.S. Smirnova, A.S. Dvuzhilov

Abstract. *The article discusses the main methods used for analyzing the stress-strain state of structures, which are crucial for ensuring the reliability and safety of construction. Along with classical approaches such as the finite element method, new technologies, including numerical and analytical methods, are described and compared. The article concludes that analyzing the stress-strain state is essential for improving design solutions and enhancing the safety of building structures.*

Keywords: *stressed-strain state, building structures, structural safety.*

Об авторах:

СМИРНОВА Полина Сергеевна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: 3006-polina@mail.ru

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

About the authors:

SMIRNOVA Polina Sergeevna – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: 3006-polina@mail.ru

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru