

Н.Ф. КАШАПОВ, Л.С. САБИТОВ

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК
ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Н.Ф. КАШАПОВ, Л.С. САБИТОВ

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК
ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ**

Монография



**КАЗАНЬ
2019**

УДК 539.3
ББК 22.3
К31

*Монография поддержана Российским фондом
фундаментальных исследований в 2018 году*

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор, академик АН РТ,
зав. кафедрой теоретической механики Института математики
и механики им. Н.И. Лобачевского КФУ **Ю.Г. Коноплев**;
доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры
прикладной математики Математического института
им. С.М. Никольского РУДН **А.К. Кубанова**

Кашапов Н.Ф.

К31 Напряженно-деформированное состояние тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля / Н.Ф. Кашапов, Л.С. Сабитов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019. – 252 с.

ISBN 978-5-00130-107-3

В монографии излагаются исследования, посвященные определению напряженно-деформированного состояния тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля, применяемых в строительстве высотных сооружений и машиностроении. Выведены разрешающие уравнения задачи в перемещениях. Приводятся примеры решения уравнений методом конечных разностей и сравнение с результатами экспериментов.

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, для аспирантов и студентов, занимающихся расчетами элементов конструкций на устойчивость и прочность.

УДК 539.3
ББК 22.3

ISBN 978-5-00130-107-3

© Кашапов Н.Ф., Сабитов Л.С., 2019
© Издательство Казанского университета, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НДС ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ	7
1.1. Классификация высотных сооружений	7
1.2. Исходные теоретико-экспериментальные основы физико-математической модели. (Гипотеза, исходный постулат и концепция теории)	10
1.3. Локализация проблемы (ограничение области исследований)	13
1.4. Математическая модель тонкостенного стержня-оболочки закрытого профиля со слабой конусностью и переменной толщиной стенки	24
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НДС УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ	71
2.1. Теоретические основы оценки НДС опорного узла с конической вставкой	71
2.2. Теоретические основы оценки НДС телескопического узла	87
2.3. Теоретические основы исследования НДС стыка проводов опоры ВЛ с изолятором	100
2.4. Теоретические основы исследований НДС опоры ВЛ с фундаментом балластного типа	111
ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НДС ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ И ИХ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	113
3.1. Новые конструктивные решения высотных сооружений	113
3.2. Новые конструкции узлов тонкостенных стержней	121
3.3. Математическое моделирование новых высотных сооружений и их узловых соединений	128
3.4. Математическое моделирование совместной работы высотного сооружения на примере опоры ВЛ с фундаментом балластного типа	142
ГЛАВА 4. ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА НДС ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК И ИХ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	150
4.1. Расчёт НДС тонкостенного стержня-оболочки закрытого профиля со слабой конусностью и переменной толщиной стенки в ПК «AutoRSS.02»	150
4.2. Расчёт НДС телескопического узла тонкостенных стержней-оболочек в ПК «AutoRSS.01»	154
4.3. Расчёта НДС опорного узла тонкостенного стержня с применением конической вставки в ПК «AutoRSS.03»	160
4.4. Расчёт НДС узла соединения провода с изолятором в ПК «AutoRSS.04»	165
ГЛАВА 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК И ИХ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	168
5.1. Экспериментальные исследования тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля на специальном стенде ИС-1	168
5.2. Экспериментальные исследования узлов соединений тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля	177
5.3. Экспериментальные исследования тест-образца «опора-фундамент-грунт»	183
5.4. Экспериментальные исследования стержней-оболочек на динамические нагрузки	205
Общие выводы	211
Библиографический список	216