

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. П. М. МАШЕРОВА»

УДК 539.3 624:579(047.31)

№ госрегистрации 20062248

от 16.11.2006 г.

Инв. №

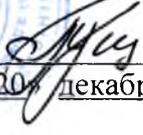
ББК 38.58631.0203

P17

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
д-р биологических наук,
профессор



 И.М. Прищепа
«20» декабря 2010 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
И ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГАБАРИТНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ,
СОСТОЯЩИХ ИЗ СОПРЯЖЕННЫХ ГОФРИРОВАННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ

ГПОФИ «СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

(заключительный)

Начальник НИСа
к. ист. н., доцент

10.12.2010 г.

подпись, дата

А. Л. Дединкин

Руководитель темы
д. ф.-м. н., профессор

10.12.2010 г.

подпись, дата

Г. И. Михасев

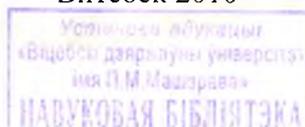
Нормоконтролер

10.12.2010 г.

подпись, дата

Т.В. Харкевич

Витебск 2010



Н-304

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

Зав. каф. «Био- и наномеханика»

Белорусского государственного
университета, профессор кафедры
«Прикладная математика
и механика»

УО «ВГУ им. П.М. Машерова»,

доктор физ.-мат. наук, профессор  09.12.2010. Г. И. Михасев (раздел 1, 3, заключение)

Исполнители темы:

Отвественный исполнитель

доцент

кафедры «Теоретическая и
прикладная математика»

УО «Витебский государственный
технологический университет»,
кандидат физ.-мат. наук

 09.12.2010. Т.В. Никонова (раздел 2, 4)

Доцент

кафедры «Прикладная математика
и механика»

УО «ВГУ им. П.М. Машерова»,
кандидат физ.-мат. наук

 09.12.2010. С.П. Кунцевич (введение, подраздел 4.3)

Доцент кафедры «Прикладная
математика и механика»

УО «ВГУ им. П.М. Машерова»,
кандидат физ.-мат. наук, доцент

 09.12.2010. Е.А. Корчевская (подраздел 2.4)

Реферат

Отчет 127 с., 37 рис., 7 табл., 106 источников.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ, СОСТАВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ, СОПРЯЖЕННЫЕ ПАНЕЛИ, ГОФРИРОВАННАЯ ОБОЛОЧКА, ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА, УПРУГОЕ ОСНОВАНИЕ, ЛОКАЛЬНАЯ ПОТЕРЯ УСТОЙЧИВОСТИ

Объектом исследования являются гладкие и гофрированные цилиндрические оболочки, а также составные тонкостенные конструкции, состоящие из сопряженных цилиндрических и гофрированных панелей и лежащие на упругом основании.

Цель работы – исходя из уравнений теории тонких оболочек с использованием асимптотических методов, разработать методики расчета критических бифуркационных нагрузок гладких и гофрированных цилиндрических оболочек, а также напряженно-деформированного состояния гладких и гофрированных оболочек и габаритных тонкостенных конструкций, состоящих из элементов цилиндрических панелей.

Методы исследования – асимптотический метод многих масштабов, асимптотический метод П.Е. Товстика, численные методы решения дифференциальных уравнений.

В отчете изложена методика расчета напряженно-деформированного состояния длинных тонкостенных конструкций на упругом основании, состоящих из цилиндрических панелей, учитывающая варианты подкрепляющих элементов и возможные условия их сопряжения. Разработаны пакеты прикладных программ, позволяющие рассчитывать мембранные усилия, моменты и деформации, возникающие в срединной поверхности соответствующих элементов конструкций, а также выполнять анализ влияния варианта сопряжения подкрепляющих элементов и геометрических характеристик конструкции на их величину. Получены соотношения для внешнего критического давления, приводящего к бифуркации безмоментного напряженно-деформированного состояния тонких длинных цилиндрических оболочек, а также оболочек средней длины, лежащих на упругом основании в рамках модели, учитывающей реакцию заполнителя от ожидаемого числа волн на поверхности оболочки. Предложена методика построения формальных асимптотических решений уравнений, описывающих локальную бифуркацию гофрированной оболочки средней длины, лежащей на упругом винклеровском основании, под действием неоднородного внешнего давления; получены формулы для критической нагрузки с учетом неоднородности упругого основания, нагружения и произвольного вида краев.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 МОДЕЛИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ГОФРИРОВАННЫХ ОБОЛОЧЕК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА	10
1.1 Модели упругого основания.....	10
1.2 Напряженно-деформированное состояние и устойчивость тонких цилиндрических и гофрированных оболочек на упругом основании	12
1.3 Анализ методов исследования напряженно-деформированного состояния и устойчивости тонких цилиндрических и гофрированных оболочек на упругом основании.....	14
2 НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КРУГОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ГОФРИРОВАННЫХ ОБОЛОЧЕК, ЛЕЖАЩИХ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ	17
2.1 НДС длинной цилиндрической оболочки, лежащей на упругом основании, под действием неоднородного давления.....	17
2.1.1 Постановка задачи	17
2.1.2 Случай постоянного коэффициента постели	19
2.1.3 Случай переменного коэффициента постели.....	23
2.2 Методика расчета НДС круговой цилиндрической оболочки конечной длины, лежащей на упругом основании, под действием неоднородного давления.....	28
2.2.1 Постановка задачи	28
2.2.2 Решение краевой задачи.....	30
2.3 Методика расчета НДС длинной гофрированной оболочки, лежащей на упругом основании, под действием неоднородного давления.....	36
2.3.1 Постановка задачи	36
2.3.2 Асимптотическое решение	39
2.3.3 Осесимметричное НДС гофрированной оболочки.....	40
2.3.4 Неосесимметричное НДС гофрированной оболочки.....	42
2.4 Методика расчета НДС длинной гофрированной панели, лежащей на упругом основании, под действием неоднородного давления.....	45
2.4.1 Постановка задачи	45
2.4.2 Метод решения.....	46
2.4.3 Осесимметричное НДС гофрированной панели.....	48
2.4.4 Неосесимметричное НДС гофрированной панели.....	49
2.4.5 Анализ результатов.....	51
3 НДС ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, СОСТОЯЩИХ ИЗ СОПРЯЖЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ.....	54
3.1 НДС тонкостенной цилиндрической панели, лежащей на упругом винклеровском основании с переменным коэффициентом постели	54
3.1.1 Постановка задачи	54
3.1.2 Решение задачи	56
3.1.3 Частные случаи неоднородного давления, действующего на цилиндрическую панель, лежащую на упругом основании	57
3.1.4 Сравнение результатов расчета НДС панели, полученных теоретически и с использованием МКЭ.....	61
3.2 Методика расчета НДС тонкостенной составной конструкции, залегающей в грунте.....	64
3.2.1 Постановка задачи	65

3.2.2	Решение задачи	69
3.2.3	Расчет НДС тонкостенной составной конструкции, состоящей из элементов гофрированных панелей и залегающей в грунте.....	75
4	УСТОЙЧИВОСТЬ КРУГОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ГОФРИРОВАННЫХ ОБОЛОЧЕК, ЛЕЖАЩИХ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО ДАВЛЕНИЯ	76
4.1	Устойчивость длинной цилиндрической оболочки, лежащей на упругом основании, под действием однородного внешнего давления.....	76
4.1.1	Цилиндрическая оболочка на упругом основании Винклера	77
4.1.2	Цилиндрическая оболочка на упругом основании, моделируемом упругим полупространством.....	79
4.2	Гофрированная оболочка конечной длины под действием однородного внешнего давления.....	82
4.2.1	Разрешающие уравнения	82
4.2.2	Асимптотическое решение	85
4.3	Методика исследования устойчивости гофрированной оболочки под действием неоднородного гидростатического давления.....	88
4.3.1	Асимптотическое решение	89
4.3.2	Анализ зависимости критического параметра нагружения и числа волн от физических и геометрических параметров	94
4.4	Устойчивость слоистых композитных цилиндрических оболочек при кручении	98
4.4.1	Асимптотическое решение	100
4.4.2	Нулевое приближение	101
4.4.3	Первое и второе приближения	102
4.4.4	Анализ результатов.....	103
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	105
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	108
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	115