

# Содержание

<b>Введение</b> .....	9
<b>Предисловие</b> .....	11
<b>Глава 1</b>	
<b>Расчет на прочность посредством COSMOSWorks (SolidWorks Simulation)</b> .....	16
1.1. Особенности реализации контактных условий для оболочек с телами и с оболочками для несовместных сеток .....	17
1.2. Построение моделей сборок со сложными контактными условиями на примере гайковертов .....	26
1.2.1. Гайковерт с зубчатыми храповыми колесами.....	26
1.2.2. Гайковерт с храповым колесом и собачками.....	43
1.2.3. Выводы .....	56
1.3. Расчет сварных рамных конструкций, модели которых выполнены из листового металла и балок .....	57
1.4. Расчет болтосварных конструкций, модели которых выполнены посредством твердых тел.....	73
1.5. Расчет строительных конструкций из дерева и металла ....	92
1.5.1. Расчет ветровой нагрузки .....	93
1.5.3. Расчет ветровой нагрузки на базе СНиП .....	106
1.5.4. Прочность и жесткость .....	106
1.5.5. Расчет колонны .....	132
1.5.6. Расчет на прочность с учетом ветровой нагрузки .....	143
1.5.7. Балочная модель .....	145
1.5.8. Выводы .....	155
1.6. Прочность механизма подключения ступицы переднего колеса с учетом контактной задачи с пластичностью .....	156

---

1.7. Расчет фланцевых соединений.....	170
1.7.1. Расчет посредством объемных конечных элементов ...	171
1.7.2. Расчет на базе комбинированной сетки.....	184
1.7.3. Выводы.....	193
1.8. Расчет пружины.....	193
1.8.1. Условия функционирования и геометрическая модель.....	194
1.8.2. Расчет по геометрически-нелинейной модели.....	195
1.8.3. Расчет по линейной модели.....	203
1.8.4. Выводы.....	204
1.9. Структурная модель железобетонной кессонной плиты....	205
1.9.1. Особенности структурной модели железобетона.....	205
1.9.2. Особенности конечно-элементной реализации армированной конструкции.....	207
1.9.3. Интерпретация результатов.....	214
1.9.4. Влияние схемы опирания на жесткость и прочность....	217
1.9.5. Влияние центрального отверстия.....	221
1.9.6. Плита под нагрузкой.....	221
1.9.7. Выводы.....	223
1.10. Особенности решения нетиповых задач многоцикловой усталости.....	224
1.10.1. Имитация «мертвой нагрузки» в сочетании со знакопеременной силой.....	224
1.10.2. Имитация «мертвой нагрузки» в сочетании с пульсирующей силой.....	230
1.10.3. Скользящая сила.....	231
1.10.4. Усталость вращающегося вала при изгибе.....	237
1.10.5. Усталость вращающегося диска при действии радиальной силы.....	237
1.11. Расчет колеса с диском из легкого сплава.....	237
1.11.1. Определение сопротивления усталости колес при изгибе с вращением.....	237

1.11.2. Определение сопротивления усталости при динамической радиальной нагрузке .....	239
1.11.3. Определение жесткости бортовых закраин обода .....	240
1.11.4. Определение сопротивления колеса удару под углом 30° .....	244
1.11.5. Определение сопротивления колеса удару – численная модель .....	245
1.11.6. Выводы .....	270
1.11.7. Замечание .....	271
1.12. Расчет эффективных характеристик композитов .....	272
1.12.1. Базовый математический аппарат .....	272
1.12.2. Отработка расчетных моделей .....	275
1.12.3. Расчет эффективных модулей для однонаправленного материала с гексагональной упаковкой арматуры .....	288
1.12.4. Структурная модель однонаправленного композита применительно к расчету эффективной прочности .....	302
1.12.5. Выводы .....	309
1.13. Расчет металло-композитного баллона давления .....	310
1.13.1. Твердотельная модель анизотропной конструкции .....	310
1.13.2. Использование многослойных анизотропных оболочек в сочетании с твердым телом .....	313
1.13.3. Построение расчетной модели композитного баллона, армированного по геодезической траектории .....	315
1.13.4. Использование многослойных анизотропных оболочек.....	317
1.13.5. Интерпретация и анализ результатов.....	321
1.13.6. Критерии прочности анизотропных материалов и их применение .....	329
1.13.7. Выводы.....	333

## Глава 2

### Кинематический и динамический анализ посредством COSMOSMotion

<b>(SolidWorks Motion)</b> .....	334
2.1. Динамический анализ	
и уравнивание конусной дробилки .....	335
2.1.1. Постановка задачи .....	335
2.1.2. Адаптация геометрической модели .....	339
2.1.3. Подготовка динамической модели .....	344
2.1.4. Динамический анализ .....	347
2.1.5. Уравнивание системы относительно сил .....	353
2.1.6. Уравнивание системы относительно моментов ...	356
2.1.7. Модель с податливыми втулками .....	358
2.1.8. Выводы .....	362
2.2. Принудительное движение вдоль траектории .....	363
2.3. Построение геодезической траектории поверхности вращения .....	368

## Глава 3

### Анализ гидрогазодинамики и теплопередачи посредством COSMOSFloWorks

<b>(SolidWorks Flow Simulation)</b> .....	375
3.1. Тепловое испытание радиатора отопления .....	376
3.2. Нестационарная тепловая задача для объекта, движущегося со сверхзвуковой скоростью .....	399
3.2.1. Стратегия решения нестационарной тепловой задачи при наличии сверхзвукового течения .....	400
3.2.2. Стационарный расчет сверхзвукового течения .....	401
3.2.3. Нестационарный тепловой расчет – постановка задачи .....	410

3.2.4. Нестационарный тепловой расчет – управление процессом решения.....	413
3.2.5. Выводы .....	415
3.3. Расчет мачты на ветровую нагрузку.....	417
3.3.1. Расчет по СНиП .....	418
3.3.2. Стационарная модель .....	419
3.3.3. Нестационарная модель.....	429
3.3.4. Оценка резонансного вихревого возбуждения .....	434
3.3.5. Выводы .....	435

## **Глава 4**

### **Версия 2009 года – новые возможности .....**

4.1. SolidWorks Motion.....	438
4.1.1. Общие усовершенствования .....	438
4.1.2. Функциональность .....	440
4.2. SolidWorks Flow Simulation.....	444
4.2.1. Общие усовершенствования .....	444
4.2.2. Физические модели .....	445
4.2.3. Препроцессор.....	447
4.2.4. Постпроцессор .....	447
4.3. SolidWorks Simulation .....	449
4.3.1. Общие усовершенствования .....	449
4.3.2. Интерфейс .....	450
4.3.3. Граничные условия.....	452
4.3.4. Сетка.....	453
4.3.5. Изменения в реализации анализов определенных типов.....	453
4.3.6. Соединители .....	455
4.3.7. Контактные условия .....	455
4.3.8. Отображение и обработка результатов.....	458

### **Заключение .....**

### **Приложение.**

### **Задачи конкурсов мастеров COSMOSWorks .....**

# Введение

Данная книга является продолжением двух книг: «SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов» и «SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике»<sup>1</sup>, которые вышли двумя изданиями. Они отслеживают изменения как в непрерывно развивающихся программных продуктах, так и в понимании автором их идеологии и конкретного содержания.

Если в предыдущих изданиях существовал определенный компромисс между изложением содержания программ, описанием их интерфейса, то особенностью данной книги является ориентация на задачи, возникшие непосредственно в инженерной практике. Причина здесь в том, что современные версии COSMOSWorks (начиная с версии 2009 года – SolidWorks Simulation), COSMOS-Motion (SolidWorks Motion) имеют русскоязычный интерфейс, справочную систему и описание учебных примеров. При этом справочная система является вполне достаточной для овладения собственно программой, а также для понимания базовых принципов расчетных методик. COSMOSFloWorks (начиная с версии 2009 года – SolidWorks Flow Simulation) имеет предельно подробное описание интерфейса и алгоритмов в совокупности с впечатляющей номенклатурой тестовых примеров. К сожалению, в силу объективных причин, COSMOSFloWorks до сих пор не локализован. Однако значительная часть этих материалов – в интерпретации непосредственных авторов-разработчиков программы – воспроизведена в одном из упомянутых изданий.

Помимо учебных материалов, входящих в стандартную поставку, существуют фирменные пособия, используемые в учебных центрах SolidWorks Corporation, у официальных дилеров, в частности в SolidWorks Russia. Они охватывают практически весь диапазон настроек, инструментов, интерфейс как собственно SolidWorks на различных уровнях его применения, так и абсолютного большинства модулей, разрабатываемых непосредственно SolidWorks Corp. или во взаимодействии с фирмой. Кстати говоря, часть соответствующей документации доступна и на русском языке. К сожалению, пособия к курсам по расчетным модулям, по крайней мере, в 2009 году, имеются только в англоязычном варианте. В фирме SolidWorks Russia выполняется адаптация этих методик применительно к отечественной специфике, например, значительное внимание уделяется оформлению чертежей в соответствии с отечественными стандартами. Разумеется, разрабатываются и внедряются оригинальные учебные курсы. Следует отметить, что абсолютное большинство учебных программ одинаковы, как для коммерческих клиентов, так и для образовательных и научных учреждений. Для последних существуют специальные учебные и академические лицензии, абсолютно полные по функциональности (в частности, расчетные модули входят у них в максимально возможных конфигурациях), но радикально более дешевые. Это обеспечивает актуальность

---

<sup>1</sup> Книга «SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике» написана в соавторстве.

информации, предоставляемой образовательным учреждениям и, в какой-то мере, помогает им поддерживать современный уровень обучения.

Можно утверждать, что данная книга дополняет, как к официальные публикации и учебные материалы, так и те, которые являются частной инициативой. Первые – в большей степени, вторые – в меньшей ориентированы на освоение функциональности безотносительно конкретной сферы ее использования. Здесь же преследовалась цель – описать процесс решения реальных задач. При этом изложение имеет степень подробности, подкрепленную большим иллюстративным материалом, которая позволит улучшить технику работы с программами. Более того, книгу можно прочитать до знакомства с базовыми учебными материалами. Здесь, правда, рекомендуется сначала изучить основы соответствующих численных методов применительно к механике сплошной среды, динамике, гидрогазодинамике. Получив информацию о законченных решениях, можно с самого начала составить относительно полное представление о предмете. Такой путь более естествен для специалиста с хорошей инженерной эрудицией.

Одна из глав книги посвящена новым (на момент подготовки рукописи это была версия 2009 года) возможностям модулей Simulation. Здесь от общей идеологии допущено некоторое отступление, когда часть материала излагается на абстрактных примерах. Это связано с тем, что подобрать достойные общего внимания практические задачи просто не было возможности.