

**УДК 004.4**  
**ББК 32.973.26-018.2**  
**А60**

**Алямовский А. А.**

**А60** Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. М.: ДМК Пресс, 2019. 464 с., ил. (Серия «Проектирование»).

**ISBN 978-5-97060-717-6**

Предметом книги является подробное рассмотрение реальных инженерных проблем, решенных посредством модулей SolidWorks Simulation (COSMOSWorks, COSMOSMotion и COSMOSFloWorks). Это задачи анализа прочности, кинематики, динамики, гидрогазодинамики и теплопередачи.

Прочтя книгу, читатель получит полное представление о функциональности алгоритмов и программ, ознакомится с методиками использования численных методов, присутствующих в популярной системе проектирования. Книга может быть полезна как начинающим специалистам для формирования мировоззрения в области инженерного анализа, так и опытным инженерам-расчетчикам для углубления и конкретизации знаний применительно к современным реализациям расчетных модулей SolidWorks.

Особенностью издания является обсуждение вопросов, связанных с совместным применением нормативных расчетных методик и универсальных компьютерных моделей, на базе реальных инженерных задач. Прослеживается путь решения от постановки задачи до обсуждения результатов.

В качестве приложений предлагаются задачи Конкурса мастеров SolidWorks/COSMOSWorks, сопровождаемые результатами.

На сайте [www.dmkpress.com](http://www.dmkpress.com) выложены геометрические и расчетные модели большинства задач, на базе которых построена книга. Многие модели включают результаты расчетов. Также на сайт издательства помещены полноцветные иллюстрации, приведенные в книге.

**УДК 004.4**  
**ББК 32.973.26-018.2**

**Алямовский Андрей Александрович**

## **Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation**

Главный редактор Мовчан Д. А.  
 dmkipress@gmail.com  
 Литературный редактор Стукалова О. М.  
 Верстка Старцевой Е. М.  
 Дизайн обложки Мовчан А. Г.

Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.  
 Усл. печ. л. 43,5. Тираж 100 экз.

Издательство ДМК Пресс

Веб-сайт издательства: [www.dmk.ru](http://www.dmk.ru)

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

**ISBN 978-5-97060-717-6**  
 © Алямовский А. А.  
 © Оформление ДМК Пресс, 2019

# Краткое содержание

<b>Введение.....</b>	<b>9</b>
<b>Предисловие.....</b>	<b>11</b>
<b>Глава 1</b>	
<b>Расчет на прочность посредством COSMOSWorks (SolidWorks Simulation) .....</b>	<b>16</b>
<b>Глава 2</b>	
<b>Кинематический и динамический анализ посредством COSMOSMotion (SolidWorks Motion) .....</b>	<b>334</b>
<b>Глава 3</b>	
<b>Анализ гидрогазодинамики и теплопередачи посредством COSMOSFloWorks (SolidWorks Flow Simulation) .....</b>	<b>375</b>
<b>Глава 4</b>	
<b>Версия 2009 года – новые возможности .....</b>	<b>436</b>
<b>Заключение .....</b>	<b>459</b>
<b>Приложение.</b>	
<b>Задачи конкурсов мастеров COSMOSWorks .....</b>	<b>461</b>

# 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

## 6 Содержание

---

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 (SolidWorks Motion) .....

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 (SolidWorks Flow Simulation) .....

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

## 8 Содержание

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 ..... 436

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 ..... 459

## Приложение.

### Задачи конкурсов мастеров COSMOSWorks ..... 461