

**УДК [62-112+624.01]:004.9SolidWorks Simulation**

**ББК 30.4с515**

A60

Алямовский А. А.

A60 SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.: ил.

**ISBN 978-5-97060-140-2**

Книга развивает тему практического использования инструментов инженерного анализа SolidWorks для решения задач прочности, устойчивости, динамики, механики композитов, гидродинамики и теплопередачи. Подобранные актуальные примеры, потребовавшие использования большей части функционала программ, а также разработки специфических приёмов. Изложение ведётся последовательно: постановка задачи, подготовка геометрической модели, её преобразование в расчётную, наложение граничных и контактных условий, получение рациональной сетки, настройка вычислительного процесса, анализ и интерпретация результатов, выводы и рекомендации. Все этапы сопровождаются комментариями, описывающими мотивацию действий автора, анализируются разнообразные подходы к решению, как методические, так и технические.

Некоторые задачи решаются с использованием нормативной базы, регламентирующей соответствующие эксперименты. Результатом являются расчётные модели и методы их использования, воспроизводящие эти эксперименты.

В первую очередь книга предназначена для практикующих инженеров, занимающихся расчётами профессионально или эпизодически. Также она будет полезна преподавателям и студентам, чтобы оценить перспективы овладения инструментами расчётов в среде SolidWorks. Те, кто занимается повышением квалификации на уровне аспирантуры, надеемся, найдут полезную информацию о том, как внести элементы исследования в обыденные, на первый взгляд, ситуации.

На сайте издательства [dmkpress.com](http://dmkpress.com) содержатся цветные иллюстрации, которые будут полезны для анализа результатов расчётов, а также изрядная часть моделей, как в формате SolidWorks, так и eDrawings.

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.

© Алямовский А. А., 2014

© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2015

ISBN 978-5-97060-140-2

# Оглавление

<b>Об авторе .....</b>	<b>8</b>
<b>Введение .....</b>	<b>9</b>
<b>Глава 1. SolidWorks Simulation – статика, параметрические расчёты, усталость и композиты .....</b>	<b>11</b>
1.1. Параметрический анализ модели зажимного приспособления .....	12
1.1.1. Постановка задачи .....	13
1.1.2. Расчётная модель.....	13
1.1.3. Результаты статического анализа и их интерпретация.....	20
1.1.4. Исследование отклика соединения на изменение крутящего момента .....	22
1.1.5. Выводы .....	30
1.2. Прочностной расчёт сосуда с учётом объёмного расширения содержимого, имитирующего фазовый переход.....	31
1.2.1. Постановка задачи .....	31
1.2.2. Расчётная модель.....	32
1.2.3. Результаты и их интерпретация .....	42
1.2.5. Выводы .....	46
1.3. Прочность горизонтальной ёмкости в грунте.....	47
1.3.1. Постановка задачи .....	47
1.3.2. Подбор эквивалентной упругой среды, моделирующей нелинейную сыпучую среду .....	49
1.3.3. Пространственная задача прочности и устойчивости .....	61
1.3.4. Выводы .....	71
1.4. Построение диаграммы свинчивания резьбовых соединений труб.....	71
1.4.1. Постановка задачи .....	71
1.4.2. Расчётная модель.....	73
1.4.3. Результаты для крутящего момента 2500 Н·м .....	77
1.4.4. Исследование отклика соединения на изменение крутящего момента .....	80
1.4.5. Анализ возможности использования симметрии .....	83

1.4.6. Выводы .....	86
1.5. Расчёт жёсткости трёхлистовой рессоры .....	86
1.5.1. Постановка задачи .....	86
1.5.2. Расчетная модель .....	88
1.5.3. Результаты и их интерпретация .....	96
1.5.4. Выводы .....	104
1.5.5. Корректировка модели применительно к версии 2014 года .....	105
1.5.6. Многоцикловая усталость рессоры .....	112
1.5.7. Построение геометрической модели листов рессоры .....	117
1.6. Многоцикловая усталость вала мешалки .....	123
1.6.1. Постановка задачи .....	123
1.6.2. Расчётная модель и результаты статического анализа .....	125
1.6.3. Расчётная модель и результаты многоциклоой усталости .....	133
1.6.4. Результаты усталостного расчёта модифицированной конструкции .....	140
1.6.5. Выводы .....	142
1.7. Прочность перфорированных конструкций .....	142
1.7.1. Постановка задачи .....	143
1.7.2. Отработка упрощений расчётной модели .....	144
1.7.3. Расчётная модель .....	158
1.7.4. Выводы .....	171
1.8. Расчёт эффективных характеристик жёсткости сотового заполнителя .....	172
1.8.1. Постановка задачи .....	172
1.8.2. Выбор расчётной модели .....	173
1.8.3. Прогнозирование свойств в различных направлениях .....	175
1.8.4. Результаты по совокупности упругих характеристик .....	187
1.9. Моделирование многослойных композитных конструкций с сотовым заполнителем .....	187
1.9.1. Постановка задачи .....	188
1.9.2. Выбор рациональной модели .....	190
1.9.3. Эффективные характеристики сот .....	191
1.9.4. Расчётная модель при действии силы тяжести и избыточного давления .....	191
1.9.5. Расчётная модель при действии силы тяжести и локальных нагрузок .....	198
1.9.6. Выводы .....	205
1.10. Расчёт объектов на гибком подвесе .....	205
1.10.1. Постановка задачи .....	205
1.10.2. Расчётная модель для симметричной системы .....	205

1.10.3. Результаты для несимметричных систем .....	214
1.10.4. Выводы .....	223
1.11. Прочность и жёсткость композитной рамки на подвесе с нагружением податливыми объектами .....	224
1.11.1. Постановка задачи .....	224
1.11.2. Выбор расчётной схемы .....	226
1.11.3. Геометрическая модель .....	227
1.11.4. Расчётная модель .....	228
1.11.5. Результаты и их интерпретация .....	234
1.11.6. Выводы .....	237
1.12. Жёсткость и прочность автомобильного прицепа-цистерны .....	238
1.12.1. Постановка задачи .....	240
1.12.2. Построение расчётной геометрической модели .....	240
1.12.3. Построение расчётной модели .....	251
1.12.4. Приведение расчётной массы к реальной .....	260
1.12.5. Результаты и их интерпретация .....	263
1.12.6. Выводы .....	270
1.13. Устойчивость тонкостенной сборной стойки .....	272
1.13.1. Постановка задачи .....	272
1.13.2. Расчётная модель .....	274
1.13.3. Результаты для линейной модели .....	279
1.13.4. Результаты для нелинейной модели .....	281
1.13.5. Выводы .....	286

## Глава 2. SolidWorks Simulation – резонанс

### и динамика ..... 289

2.1. Расчёт резонансных характеристик антенны .....	290
2.1.1. Постановка задачи .....	291
2.1.2. Подготовка эффективной модели подшипников .....	294
2.1.3. Подготовка эффективной модели привода .....	307
2.1.4. Расчётная модель антенны .....	311
2.1.5. Вычислительная модель .....	323
2.1.6. Результаты и их интерпретация .....	331
2.1.7. Выводы .....	335
2.2. Прочность и собственные частоты шиберной задвижки .....	336
2.2.1. Постановка задачи .....	336
2.2.2. Расчётная модель для статики .....	338
2.2.3. Результаты для статики .....	352
2.2.4. Особенности модели и результаты для закрытой задвижки .....	356

2.2.5. Расчётная модель для собственных частот .....	357
2.2.6. Результаты для собственных частот .....	363
2.2.7. Выводы .....	365
2.3. Динамика светофора .....	366
2.3.1. Постановка задачи .....	366
2.3.2. Расчётная модель и результаты для статического анализа .....	367
2.3.3. Расчётная модель и результаты для собственных частот .....	377
2.3.4. Расчётная модель и результаты для модального анализа .....	381
2.3.5. Расчётная модель и результаты для гармонических колебаний...	390
2.3.6. Выводы .....	395
2.4. Динамические испытания аппаратуры .....	395
2.4.1. Постановка задачи .....	395
2.4.2. Расчётная модель.....	397
2.4.3. Результаты и их интерпретация .....	405
2.4.4. Анализ влияния параметров демпфирования и его модели на состояние системы .....	413
2.4.4. Вибрационный анализ .....	416
2.4.5. Выводы .....	419

## **Глава 3. SolidWorks Flow Simulation – гидрогазодинамика и теплопередача ..... 421**

3.1. Исследование сопротивления теплопередаче оконного блока в тепловой камере .....	423
3.1.1. Постановка задачи .....	423
3.1.2. Методика реальных испытаний.....	424
3.1.3. Методика виртуальных испытаний.....	428
3.1.4. Расчётная модель.....	440
3.1.5. Результаты и их интерпретация .....	448
3.1.6. Влияние условий эксперимента на состояние системы .....	456
3.1.7. Оценка теплового сопротивления посредством модели без течения в SolidWorks Simulation.....	458
3.1.8. Выводы .....	462
3.2. Моделирование заполнения выработки продуктами сгорания .....	463
3.2.1. Постановка задачи .....	463
3.2.2. Расчётная модель.....	464
3.2.3. Результаты и их интерпретация .....	472
3.2.4. Оценка влияния настроек модели и вычислительного процесса на результат .....	476
3.2.5. Выводы .....	477

3.3. Расчёт параметров перетока воды между ванными градирни самотёком .....	478
3.3.1. Постановка задачи .....	478
3.3.2. Расчётная модель.....	479
3.3.3. Результаты и их интерпретация .....	481
3.3.4. Параметрический анализ зависимости расхода от разницы уровней .....	483
3.3.5. Выводы и перспективы .....	487
3.4. Тепловой расчёт модуля с гофрированными теплообменниками .....	487
3.4.1. Постановка задачи .....	488
3.4.2. Стратегия решения задачи и упрощения геометрической модели .....	489
3.4.3. Построение модели гофрированного теплообменника как виртуальной пористой среды .....	491
3.4.4. Расчётная модель для одного модуля – сравнение моделей.....	507
3.4.5. Расчётная модель для всей конструкции .....	512
3.4.6. Выводы .....	517
3.5. Гидравлический расчёт трёхступенчатого центробежного насоса .....	518
3.5.1. Постановка задачи .....	518
3.5.2. Расчётная модель.....	520
3.5.3. Результаты для модели без кавитации.....	536
3.5.4. Выводы .....	539
3.6. Аэродинамические характеристики радиального вентилятора.....	540
3.6.1. Постановка задачи .....	540
3.6.2. Расчётная модель.....	541
3.6.3. Результаты и их интерпретация .....	556
3.6.4. Выводы и перспективы .....	559