РАЗДЕЛ XVI. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдулмажидов Х.А., Абдулмажидов Р.А., Поддубный В.И.

Расчет на прочность деталей строительных машин с учетом теплового влияния в системе Компас

*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/lj-11-2018-140

idsp: ljjournal-11-2018-140

Аннотация

В статье представлен прочностной расчет деталей машин методом конечных элементов с учетом влияния температуры в системе Компас. Выявлено существенное влияния температуры в широком диапазоне на запас прочности конструкции. Определена зависимость запаса прочности для пластичных металлов и сплавов от изменения температуры. Даны рекомендации по выбору металлов и сплавов для изготовления элементов машин применяемых в условиях широкого изменения температуры внешней среды.

Ключевые слова: графический редактор, компьютерные программы, программа Компас, расчет на прочность, запас прочности, влияние температуры на прочность, метод конечных элементов.

Abstract

The paper presents calculation of finite element machine components, taking into account the effect of temperature in the system of Compass. Revealed a significant effect of temperature in a wide range on the margin of the structure. Determined the dependence of the safety margin for Ductile metals and alloys from temperature changes. Recommendations at the choice of the metals and alloys for the manufacture of machine elements used in the context of a broad external temperature.

Keywords: image editor, computer programs, program compass calculation for strength, durability, temperature influence on strength, finite element method.

Для проектирования и проведения прочностных расчетов деталей машин, конструкций рабочего оборудования, элементов рабочих органов строительных и мелиоративных машин в настоящее время применяется множество различных компьютерных программ [1, 2]. К ним относятся такие системы как: MechanicalDesktop, SolidWorks, T-flex, InventorPro, Компас и другие. Причем, методика создания объемных элементов, проведения прочностных расчетов методом конечных элементов, создания сборок и подготовки технической документации в данных программах, в целом, идентична. Однако определенные отличия в работе данных программ существуют, в этом смысле у каждой программы имеются свои достоинства и недостатки. В ранних версиях некоторых программ отсутствовал модуль проведения прочностного расчета. К примеру, в продукции компании Autodesk, в программе InventorPro имеется модуль для анализа напряжений, однако отсутствует опция для учета влияния температуры на прочность детали. В последних версиях продукции отечественной компании Аскон – Компас имеется модуль для проведения прочностных расчетов методом конечных элементов, в котором можно определить запас прочности разрабатываемых деталей и конструкций машин с учетом температурных влияний.

Учебные бесплатные студенческие версии программы Компас широко используются в проектной лаборатории кафедры «Машины и оборудование

природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [3]. В данной лаборатории разрабатываются новые или модернизируются уже существующие конструкции мелиоративных, строительных и дорожных машин, которые могут работать в различных климатических условиях. Температурный диапазон эксплуатации строительных машин может быть в пределах от -40 до $+40^{\circ}$. Такой разброс температур необходимо учитывать при создании новых конструкций и деталей машин.

В программе Компас, в отличие от классической схемы проектирования элементов машин, конструкции и детали машин изначально создаются в объеме, а затем инструментами для ассоциативного черчения объемные элементы переводятся в плоскость, т.е. на основе объемного элемента формируется техническая документация на его изготовление. Объемные элементы в программе Компас можно получать выдавливанием и вращением эскизов, кроме того в системе имеется множество опций для редактирования объемных деталей. Также в программе можно определить масс-инерционные характеристики деталей.

Создание новых деталей и конструкций машин требует проведения их прочностных расчетов. Расчет на прочность методом конечных элементов в программе Компас проводится в следующей последовательности: создание объемной детали; задание материала; определение опор; установка нагрузок; создание конечно-элементной сетки; проведение расчета; получение результатов в виде таблиц и гистограмм.

В случае расчета детали на прочность с учетом влияния температуры, в данную последовательность добавляется пункт «Задание температуры».

В настоящей работе в качестве примера рассматривается расчет балки на прочность методом конечных элементов. Рассматриваемая балка представляет собой конструкцию прямоугольного сечения высотой 15 мм и шириной 10 мм. Длина элемента составляет 150 мм. По краям балки имеется две опоры, материал балки – сталь. План проведения исследований предусматривает предварительное проведение расчета без учета температуры и выполнение расчетов балки при 5 различных значениях температуры. Основным исследуемым параметром, определяемым после каждого расчета, является коэффициент запаса прочности.

Значения коэффициента запаса прочности для стальных конструкций приводятся в справочной литературе. Нормативный коэффициент запаса прочности регламентируется для строительных конструкций строительными нормами и правилами (СНиП), для машиностроительных – внутриотраслевыми заводскими нормами. В большинстве случаев для пластичных материалов он принимается равным $n = 1,5-2,5$, для хрупких – $n = 2,5-5$ [4, стр. 33].

В целом на величину коэффициента запаса прочности влияют такие параметры как геометрические размеры конструкции и материал изготовления. Однако сам процесс расчета на прочность методом конечных элементов в той или иной компьютерной программе выявляет свои внутренние факторы, от которых зависит показатель прочности, это, в частности, относится к размерам конечных элементов (тетраэдров) [5, 6, 7]. Очевидно, что учет влияния температуры при расчете на прочность конструкции представит совершенно отличающиеся значения коэффициента запаса прочности. Именно определению этой зависимости посвящена настоящая работа.

Теоретические исследования проводились по схеме однофакторного эксперимента, определяющего изменение целевой функции при разных значениях одного, наиболее весомого фактора при неизменности и постоянстве других. В качестве целевой функции принят запас прочности. Основным фактором, влияющим на целевую функцию для данных конкретных исследований, принят тепловой фактор – температура конструкции. Предварительно в программе Компас версии «Компас-3DV16» создается описанная выше модель конструкции балки. Далее в менеджере библиотек выбирается раздел «Расчет и построение», в котором задается опция «APM FEM: прочностной анализ». Затем устанавливаются закрепления в определенных плоскостях и прилагается сила величиной

3000 Н. Далее задается температура для первого опыта равная 5°C, после чего формируется конечно-элементная сетка и проводится расчет (рис.1).

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		1.964819	26.028688

Рисунок 1. Фрагмент прочностного расчета балки в системе АПМ Компас-3DV16

Результаты расчета представляются в виде отдельного отчета с таблицами и гистограммами. Прочностной расчет с учетом температуры подразумевает проведение исследований для 5 значений температуры 5, 10, 20, 30 и 40°C. Листинг обработки данных исследований в системе Excel представлен на рисунке 2. Процесс изменения запаса прочности для исследуемой конструкции балки при различных значениях температуры наиболее адекватно описывает полиномиальная аппроксимация с величиной достоверности $R^2=0,8817$.

Рисунок 2. Результаты исследований по определению зависимости коэффициента запаса прочности от изменения температуры

Анализ результатов теоретических исследований в модуле прочностного расчета системы Компас-3DV16 показывает, что с увеличением температуры детали в промежутке от 5 до 20°C коэффициент запаса прочности увеличивается до 3,3 единиц, однако высокий запас прочности говорит об излишнем расходе металла. Дальнейшее увеличение температуры в диапазоне от 20 до 50°C показывает плавное уменьшение коэффициента запаса прочности. При температуре 50°C получено значение

коэффициента запаса прочности $n = 1,12$, что значительно меньше допустимого значения. Проведенные исследования в определенной мере подтверждают возможность применения стальных деталей и конструкций при эксплуатации строительных машин. Однако при низких температурах близких к -40°C значения коэффициента запаса прочности для данной конструкции с той же нагрузкой находится ниже допустимых величин и составляет по исследованиям в системе Компас $n=1,135$, а значение коэффициента запаса по текучести $n_t = 0,65$. В этом случае можно сделать вывод о том, что балка не предназначена для имеющейся нагрузки при данной температуре.

1. Абдулмажидов, Х.А. Обоснование основных параметров и режимов работы ковшовых каналоочистительных машин для зоны осушения. – Дис. канд. техн. наук. – М.: МГУП, 2000 г.
2. Абдулмажидов, Х.А. Совершенствование рабочего оборудования каналоочистителя РР-303. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2011. №2 (47). С.58-60
3. Абдулмажидов, Х.А. Компьютерные технологии в преподавании инженерных дисциплин / Х.А. Абдулмажидов // Тенденции развития науки и образования. – 2018. - № 34-1. - С.5-7.
4. Костенко, Н.А. Сопротивление материалов / Н.А. Костенко, С.В. Балясникова, Ю.Э. Волошановская, М.А. Гулин, Е.М. Русанова, О.Н. Тихонова, В.П. Юматов. – М.: Издательство «Высшая школа», 2000. – С. 432.
5. Абдулмажидов, Х.А. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе InventorPro / Х.А. Абдулмажидов, А.С. Матвеев // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2016. - №2 (72). – С.40-46.
6. Абдулмажидов, Х.А. Использование программы InventorPro при конструировании элементов машин природообустройства / Х.А. Абдулмажидов // В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. – 2018. – С. 3-7.
7. Абдулмажидов, Х.А. Уточненные прочностные расчеты рабочих органов машин природообустройства в системе InventorPro / Х.А. Абдулмажидов, А.С. Матвеев // Международный технико-экономический журнал. - 2018. - № 3. – С. 7-14.

Афони́на Е.В.

Создание модели и чертежа колеса зубчатого при изучении деталей общемашиностроительного применения

*ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
(Россия, Брянск)*

doi:10.18411/lj-11-2018-141

idsp: ljjournal-11-2018-141

Аннотация

Рассматриваются преимущества и недостатки использования 2D- и 3D-библиотек для автоматизированного проектирования деталей общемашиностроительного применения на примере детали «колесо зубчатое», содержащей типовые конструктивные и технологические элементы.

Ключевые слова: зубчатое колесо, валы и механические передачи, конструктивные элементы, трехмерная модель, чертеж.

Abstract

The advantages and disadvantages of using 2D-and 3D-libraries for computer-aided design of parts of a general machine-building application are considered on the example of a “cogwheel” part containing typical structural and technological elements.

Keywords: gear, shafts and mechanical gears, structural elements, three-dimensional model, drawing.

При изучении правил выполнения рабочих чертежей деталей обучающиеся выполняют эскизы и чертежи натуральных деталей общемашиностроительного