РАЗДЕЛ X. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Карячкин Я.Г., Кеняйкин Д.С., Ефанов С.А.

Анализ напряженно деформированного состояния детали «Вал быстроходный»

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»

Рузавский институт машиностроения (филиал)
(Россия, Саранск)

doi: 10.18411/lj-01-2021-59

idsp: ljjournal-01-2021-59

Аннотация

В статье приводится статический анализ конструкции детали. В качестве метода анализа используется метод конечных элементов, а в качестве среды моделирования SOLIDWORKS Simulation.

Разработаны граничные условия по перемещениям обеспечивающие вычислительную эффективность, а также адекватность получаемых решений.

Результаты анализа напряженно-деформированного состояния представлены в наглядной форме, пригодной для оценки.

Ключевые слова: конечно-элементный анализ, напряженно-деформированное состояние, SOLIDWORKS Simulation.

Abstract

The article provides a static analysis of the design of the part. The analysis method uses the finite element method, and the SOLIDWORKS Simulation modeling environment.

Boundary conditions for displacements have been developed to ensure computational efficiency, as well as the adequacy of the solutions obtained.

The results of the analysis of the stress-strain state are presented in a visual form suitable for assessment.

Keywords: the finite element analysis, the stress deformed state, SOLIDWORKS Simulation.

Деталь «Вал быстроходный» входит в состав редуктора Ц2У-160. Данная деталь относится к классу вал шестерня, деталям тел вращения с элементами зубчатого зацепления.

Деталь, предназначена для сообщения крутящего момента другим деталям редуктора. На поверхности диаметром 30 мм устанавливаются радиально упорные подшипники. В процессе работы «Вал быстроходный» испытывает напряжения, вызванные крутящим и изгибающим моментами и подвергается нагреву.

3D модель детали «Вал быстроходный» была построена в среде SolidWorks. Весь процесс построения можно условно разбит на три шага. На первом шаге при помощи ToolBox была построена зубчатая поверхность. На втором шаге были построены ступенчатые поверхности. На третьем шаге построили шпоночный паз. Результат представлен на рисунке 1.

Рисунок 1. – 3D модель детали

Для задания свойств материала была использована библиотека «solidworksmaterials».

Прежде чем приступать к расчету прочности детали были определены возникающие усилия и допустимые напряжения.

В передачах с цилиндрическими косозубыми колесами в зацеплении действует сила, которую раскладывают на три взаимно перпендикулярные составляющие [1]. На окружную силу F_t , H , радиальную силу F_r , H и осевую силу F_a , H .

Также на деталь оказывает воздействие сила от ременной передачи F_b , H .

Зубчатые передачи проверяют на выносливость по контактным напряжениям $[\sigma_H] \leq 554,5$ МПа, во избежание усталостного выкрашивания рабочих поверхностей и на выносливость зубьев по напряжениям изгиба $[\sigma_F] \leq 285,7$ МПа, для предотвращения усталостного разрушения зубьев.

Детали имеющие шпоночные соединения необходимо проверять на смятие $[\sigma_{см}] \leq 80$ МПа [1].

Из написанного выше следует, что под действием сил зацепления напряжение на одном зубе не должно превышать 285,7 МПа, так как оно является наименьшим из двух определенных, напряжение на шпоночном пазу не должно превышать 80 МПа, а напряжение на остальных элементах детали не должно превышать предел текучести материала 370 МПа.

Анализ напряженно деформированного состояния детали «Вал быстроходный» был выполнен в SolidWorks Simulation [2-6].

В начале анализа необходимо определить основные параметры модели. Создать проект анализа – «Новое исследование» и назначить тип анализа – «Статический».

Добавим в 3D модель ограничения и нагрузки, согласно терминологии «SolidWorks Simulation» – крепления и внешние нагрузки соответственно.

На модель исследуемой детали были приложены следующие ограничения:

- на места посадки радиально упорных подшипников были проложены ограничения на перемещения в осевом и радиальном направлениях;
- на боковую поверхность шпоночной канавки было приложено ограничение на перемещение в направлении перпендикулярном к этой грани.

В качестве внешних нагрузок прикладываем три взаимно перпендикулярных силы действующих на зуб в зацеплении и силу от ременной передачи. Так как угол обхвата шкива равен 162 градусам то и силу прикладываем не на всю поверхность, а на часть равную углу обхвата.

Данная задача решалась методом конечных элементов [7 - 9].

Для создания конечно элементной сетка была запущена команда «Создание сетки».

Трехмерная модель с приложенными граничными условиями и наложенной конечно-элементной сеткой представлена на рисунке 2.

Рисунок 2. Модель с граничными условиями и наложенной конечно-элементной сеткой

Следующим шагом запускалась программа на расчет. Для этого выбиралась команда «Запуск».

Вал быстроходный будет считаться годным, если напряжение на каждом зубе не превысит 285,7МПа, напряжение на шпоночном соединении 80МПа и если напряжения на всей детали не превысят предел текучести 370МПа.

Результаты вычислений представлены на рисунке 3.

Рисунок 3. Диаграмма напряжений по Мизесу

В результате проведенных расчетов не одно из условий, налагаемых на деталь, не было нарушено, из чего следует, что деталь является годной.

Результаты анализа конструкции детали «Вал быстроходный» позволяют сделать выводы, что если в дальнейшем возникнет необходимость увеличить передаваемую мощность, то необходимо внести изменения в конструкцию детали, увеличив количество шпоночных пазов или заменить шпоночный паз шлицевой поверхностью.

1. Детали машин и основы конструирования / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, А.В. Карп и др.; Под ред. М.Н. Ерохина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 2011. 512 с.
2. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в Solid Works Simulation. -М.: ДМК Пресс, 2010, -464 с., ил. (Серия «Проектирование»).
3. Бегеев В.И. Анализ статической прочности и жесткости поворотного кулака электромобиля BRAVOEGO / Бегеев В.И., Ефанов С.А. // САПР и графика. 2019. № 12 (278). С. 70-72.
4. Ефанов С.А. Сингулярность при решении задач методом конечных элементов / Ефанов С.А. // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 55-1. С. 31-35.
5. Бояров Г.В. Анализ конструкции детали "Втулка разгрузочная" / Бояров Г.В., Ефанов С.А., Чугунов М.В., Мартышкин А.П. // В сборнике: МАШИНОСТРОЕНИЕ: НАУКА, ТЕХНИКА, ОБРАЗОВАНИЕ материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Рузаевский институт машиностроения. 2017. С. 12-16.
6. Енин И.А. Анализ конструкции детали "Основание центробежной муфты" / Енин И.А., Ефанов С.А. // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 65-1. С. 115-118.
7. Котин А.В. Моделирование радиального нагружения восстановленного подшипникового соединения шпиндельного узла / Котин А.В., Ефанов С.А. // В сборнике: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ. МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ. Саранск, 2017. С. 461-465.
8. Котин А.В. Надежный способ восстановления неподвижного соединения вал-подшипник / Котин А.В., Водяков В.Н., Кузнецов В.В., Конаков А.В., Ефанов С.А. // Сельский механизатор. 2015. № 8. С. 34-35.
9. Ефанов С.А. Обеспечение параметрической надежности ремонтно-технологического оборудования восстановлением шпиндельных узлов полимерными композиционными материалами: дис. ... канд. техн. Наук: 05.20.03 / Ефанов Сергей Александрович. – Саранск., 2015. – 131 с.