

УДК 629.33

Расчет рулевого наконечника автомобиля в КОМПАС - 3D

Плахов Сергей Александрович

sa.plahov@yandex.ru

Голубина Светлана Александровна

golubinasa@bmstu.ru

Шапкин Ярослав Дмитриевич

ariksapkin@gmail.com

Шапкина Анастасия Валерьевна

sapkinaa519@gmail.com

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Представлено исследование напряженно-деформированного состояния рулевого наконечника автомобиля во встроенном модуле АРМ FEM программы КОМПАС-3D с использованием метода конечных элементов. Рассмотрены случаи нагружения рулевого наконечника в процессе прямолинейного движения, а также при повороте автомобиля. Показаны эпюры нагружения модели. Сделаны выводы о наиболее опасных участках напряжения шарового пальца. Приведены заключения о прочности шарового пальца и корпуса, а также об устойчивости автомобиля в процессе движения и поворота.

Ключевые слова: модель рулевого наконечника автомобиля, КОМПАС-3D, статический расчет на прочность, устойчивость автомобиля, МКЭ

Рулевой наконечник автомобиля — это элемент, подвергающийся постоянной знакопеременной нагрузке за счет передачи усилия от рулевой тяги на колеса, также знакопеременной нагрузке подвержен шарнир, соединяющий поворотную цапфу с рулевой рейкой. Выполнен из нескольких деталей, включая корпус, крышку корпуса и палец шаровой, соединяющий поворотную цапфу с рулевой рейкой, детали выполнены из высоколегированной стали марки 38ХМ [1]. При деформации рулевого наконечника нарушается геометрия рулевого управления, что приводит к снижению курсовой устойчивости автомобиля [2]. Для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) и используется семейство систем автоматизированного проектирования, универсальная система автоматизированного проектирования — КОМПАС-3D. Определим НДС рулевой тяги автомобиля во встроенном модуле АРМ FEM программы КОМПАС-3D (рис. 1) [3]. Для создания анализа МКЭ, следует построить 3D-модель в несколько упрощенном виде без отображения резьбы, некоторых скруглений и элементов, обладающих клиновидностью, для более точного разбиения модели на конечные элементы. В целях производительности расчета приведена половина модели рулевого наконечника. Модель для анализа включает в себя: корпус, крышку корпуса, палец шаровой (рис. 2).

Следующий шаг — запуск пакета расчета АРМ FEM. Для анализа необходимо задать контактные поверхности. Примем, что поверхности корпуса и крышки корпуса находятся в неподвижном контакте (связаны), поверхности шарового пальца и крышки корпуса задаются как сферическое шарнирное соединение. В следующем шаге анализа задаем материал «Простая Угле-

родистая Сталь», приступаем к разбиению модели на конечные элементы, выбираем тип сетки — 4-узловые тетраэдры. В качестве размера конечных элементов выбираем тело и задаем длины элементов 5 мм. Для более точного анализа рекомендуется выполнить расчет 10-узловыми тетраэдрами [3]. Чем выше порядок разбиения, тем дольше будет проводиться расчет модели. После создания сетки конечных элементов, задаются граничные условия. В случае, когда проводится расчет отдельной детали сборки задаются удаленные граничные условия. Они позволяют смоделировать закрепления детали в необходимом узле конструкции. В данном случае граничные условия заданы на резьбовую часть шарового пальца, а также на резьбовую часть корпуса. Запускается расчет на сжатие шарового пальца, с приложением силы вдоль оси шарового пальца. Статический расчет на прочность представлен на рис. 3.

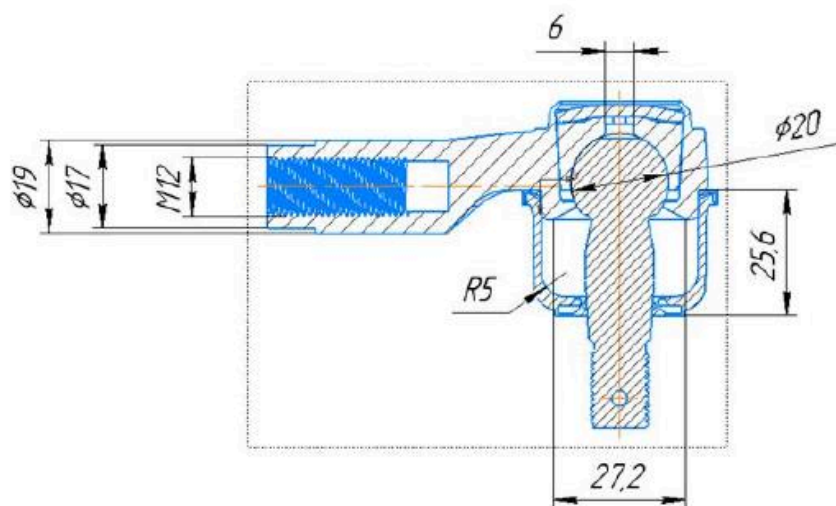


Рис. 1. Чертеж рулевого наконечника автомобиля

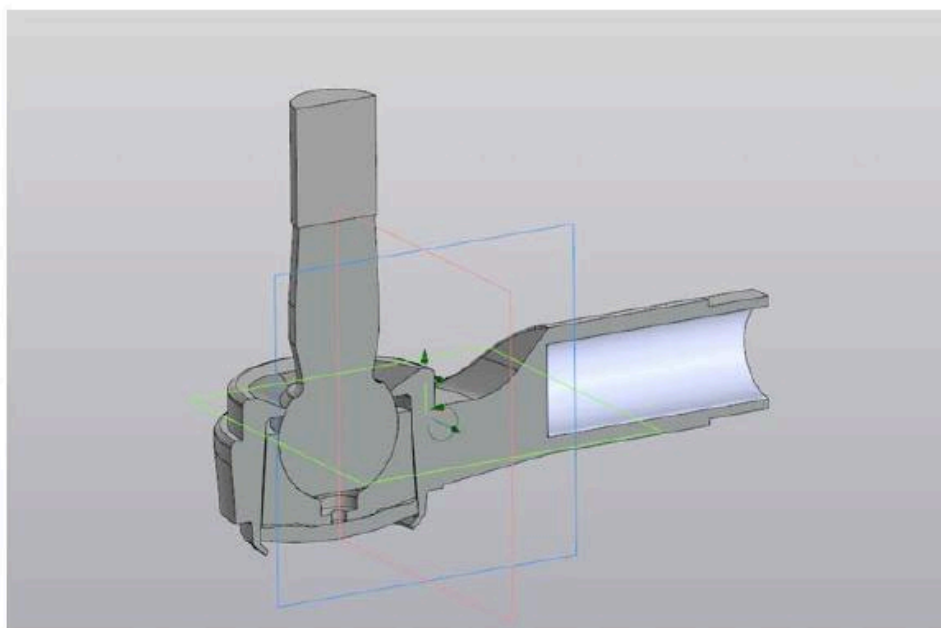


Рис. 2. Модель для анализа МКЭ

Из рис. 3. можно сделать вывод, что максимальная концентрация напряжений образуется в местах перехода цилиндрической поверхности в сферическую (шейка шарового пальца), корпус не является концентратором напряжений (согласно эпюре напряжений в минимальном значении). Исходя из полученных данных, деталь не претерпевает значительной деформации. Переходим к расчету на сжатие со стороны рулевой тяги автомобиля.

Следующий расчет производится на сжатие со стороны рулевой тяги в процессе поворота автомобиля, смоделируем граничные условия (близкие к усилию поворота цапфы автомобиля), знакопеременная нагрузка направлена вдоль оси корпуса. Результаты расчета на сжатие со стороны нагружения от рулевой тяги представлены на рис. 4.

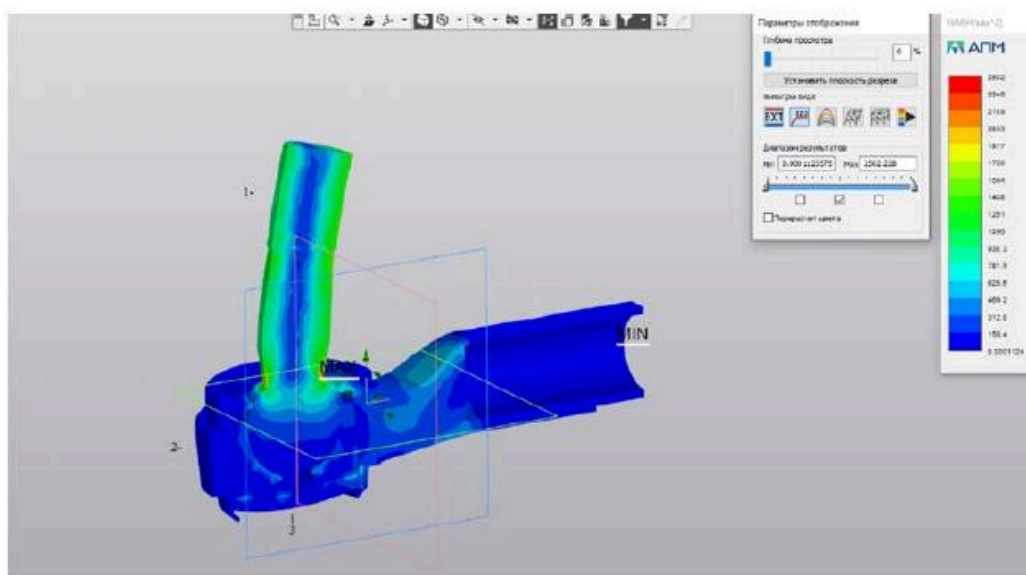


Рис. 3. Статический расчет на прочность (сжатие шарового пальца от реакции поворотной цапфы), вывод данных эквивалентного напряжения:
1 — резьбовая часть шарового пальца; 2 — корпус; 3 — крышка корпуса

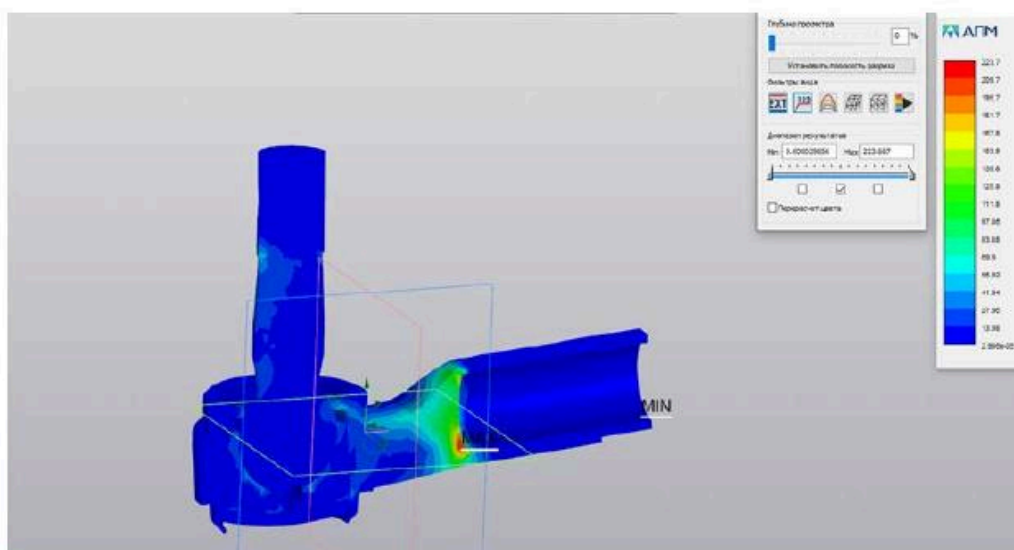


Рис. 4. Расчет на сжатие корпуса со стороны рулевой тяги

Из рис. 4. видно, что максимальные напряжения образуются на конце закрепления рулевой тяги, наблюдается незначительная концентрация напряжений на резьбовой части шарового пальца. Согласно методикам, приведенным в работе [4], важным элементом является шаровый палец. Оба расчета показали, что при различных типах нагружений, при полной массе автомобиля 1,2 т и расчетной нагрузке вдоль оси шарового пальца 10000 Н и нагрузке вдоль оси корпуса 8000 Н, не наблюдается значительная деформация шарового пальца в области шейки.

Литература

- [1] Йорнсен Р. *Шасси автомобиля. Рулевое управление*. Москва, Машиностроение, 1987, 227 с.
- [2] Рязанцев В.И. *Методы расчета и проектирования систем активного управления сходжением колес автомобиля*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014, 105 с.
- [3] Огороднов С.М., Орлов Л.Н., Кравец В.Н. *Конструкция автомобилей и тракторов*. Вологда, Инфра-Инженерия, 2019, 284 с.
- [4] Лысов М.И. *Рулевые управления автомобилей*. Москва, Машиностроение, 1972, 344 с.

Calculation of the steering tip of the car in KOMPAS - 3D

Plakhov S.A.	sa.plahov@yandex.ru
Golubina S.A.	golubinasa@bmstu.ru
Shapkin Y.D.	ariksapkin@gmail.com
Shapkina A.V.	sapkinaa519@gmail.com

BMSTU (KB), Kaluga, Russia

The article presents a study of the stress-strain state of the steering tip of a car in the built-in APM FEM module of the COMPASS-3D program using the finite element method. The cases of loading the steering tip in the process of rectilinear motion, as well as when turning the car, are considered. The loading diagrams of the model are shown. Conclusions are drawn about the most dangerous stress areas of the ball pin. Conclusions are given on the strength of the ball pin and the body, as well as on the stability of the car during movement and turning.

Keywords: car steering tip model, KOMPAS-3D, static strength calculation