

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАЛОСТНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РУЛЕВОЙ СОШКИ И ШАРОВОГО ПАЛЬЦА

**Бадиков К.А., Сторчилова Т.А.,  
Научный руководитель канд. техн. наук Чернова Г. А.  
Волгоградский государственный технический университет**

В работе рассматриваются возможности САПР программ при проектировании деталей рулевого управления, а именно шаровой опоры. Рассмотрены возможности и порядок создания модели. Приведен пример расчета с использованием моделирования с учетом усталостной прочности.

Цель данной работы заключается в оценке прочности элементов рулевого управления автобуса, наиболее подверженных выходу из работоспособного состояния из-за усталостного разрушения.

В Волжской автоколонне МУП ВАК-1732 с 2006 года введены в эксплуатацию автобусы «Волжанин-32901» в количестве 14 единиц вместимостью сидячих мест 25, общих 40 мест. Рулевое управление 32901 выполнено на базе шасси ТАТА 613 с рулевым механизмом фирмы ZF.

Процесс постепенного накопления повреждений материала под действием переменных напряжений, приводящий к изменению его свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению, называется усталостью. Способность материалов воспринимать эти повторные и знакопеременные напряжения без разгрузки называется сопротивлением усталости, или циклической прочностью [2].

В начале был проведен химический анализ сплава, из которого изготовлены пальцы. В рамках работы был выбран оптико-эмульсионный метод. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оптико-эмульсионного метода для Волжанин-32901

№	Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	V	W
1	98,42	0,5328	0,0953	0,714	0,0749	0,0186	0,0383	0,0336	0,0112	0,0373
2	98,50	0,4667	0,0868	0,7081	0,0721	0,0161	0,0449	0,0318	0,0126	0,029
3	98,43	0,4793	0,1055	0,7112	0,0761	0,0233	0,0413	0,0341	0,0128	0,0468
4	98,45	0,4929	0,0959	0,7111	0,0744	0,0193	0,0415	0,0331	0,0122	0,0377

По результатам анализа было определено, что шаровые опоры изготовлены из конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества ВСт6пс. Максимальное напряжение изгиба для этой стали составляет 170 МПа. Также было определено, что шаровые опоры не имеют термообработки [3].

В качестве программного продукта для расчет на статическую и усталостную прочность бала выбрана библиотека прочностных расчетов АРМ FEM в системе Компас-3D. В начале было определено усилие на шаровом пальце рулевой сошки и самой сошке, чтобы использовать это усилие в компьютерном расчете.

Расчётная схема сошки рулевого механизма и шарового пальца сошки представлена на рис. 1. Максимальный угол поворота сошки составляет  $\alpha = \pm 45^\circ$  для 32901 и  $47^\circ$  для 52702 и это определяет переменный характер нагружения шарового пальца. Опасные сечения А-А и Б-Б. (см. рис. 1) [1,4].

Рулевая сошка рассчитывается на сложное напряжение от изгиба и кручения. Существующие методики предлагают производить расчёт деталей рулевого управления по максимальным напряжениям без учета переменного характера нагрузки. В рамках

проводимой исследовательской работы использован метод определения нагрузок в элементах рулевого управления на усталостную прочность шарового пальца.

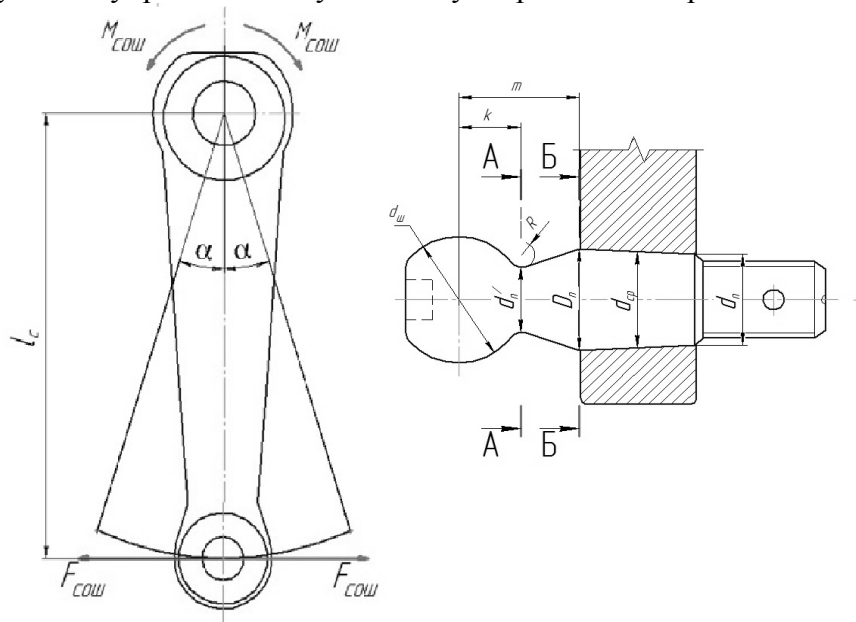


Рисунок 1 - Расчетная схема сошки и шарового пальца рулевого механизма

Усилие на шаровом пальце сошки  $P_c$  определяется по формуле:

$$P_{c\ 32901} = \frac{M_{PM}}{l_c} = \frac{1153}{0,185} = 6234 \text{ Н};$$

где  $l_c$  – расстояние от оси вала сошки до оси рулевого пальца (см. рис. 1).

Определяем усилие на сошке  $P_{cosh}$  при наличии гидроусилителя:

$$P_{cosh} = \frac{M_{p.k.} \cdot U_{PM} \cdot \eta_{pm}}{l_c} = \frac{53,14 \cdot 23,6 \cdot 0,92}{0,185} = 6234 \text{ Н}$$

где  $U_{PM}$  – угловое передаточное число рулевого механизма;

$\eta_{pm}$  – КПД рулевого механизма;

$M_{cosh}$  – крутящий момент на сошке:

$$M_{cosh} = M_{p.k.} \cdot U_{PM} = 53,14 \cdot 23,6 = 1254 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

момент на рулевом колесе  $M_{p.k.}$ :

$$M_{p.k.} = P_{pk} \cdot R_{PK} = 250 \cdot 0,2125 = 53,14, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где  $R_{PK}$  – радиус рулевого колеса.

При расчете значение усилия на рулевом колесе принимается равным 250 Н по ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость».

Определяем усилие на сошке  $P_{cosh}$  при наличии гидроусилителя:

$$P_{cosh} = \frac{M_{p.k.} \cdot U_{PM} \cdot \eta_{pm}}{l_c} = \frac{53,14 \cdot 23,6 \cdot 0,92}{0,185} = 6236, \text{ Н}$$

В начале был произведен статический расчет на прочность для определения напряжений в шаровой опоре и рулевой сошке. Существует также понятие статической выносливости применительно к конструкциям, для которых основной является постоянная нагрузка, а переменные нагрузки значительной величины действуют за время службы сравнительно небольшое количество раз. По существу, область статической выносливости охватывает область малоциклового усталости, но в отличие от обычной малоциклового усталости периодически повторяющиеся нагрузки

прикладываются значительно реже. Результаты расчета представлены на рисунке 2. Так как шаровая опора изготовлена из стали ВСт6пс, максимальное напряжение изгиба которой составляет 170 МПа, то следует, что опора в месте соединения головки и галтели не соответствует требованиям.

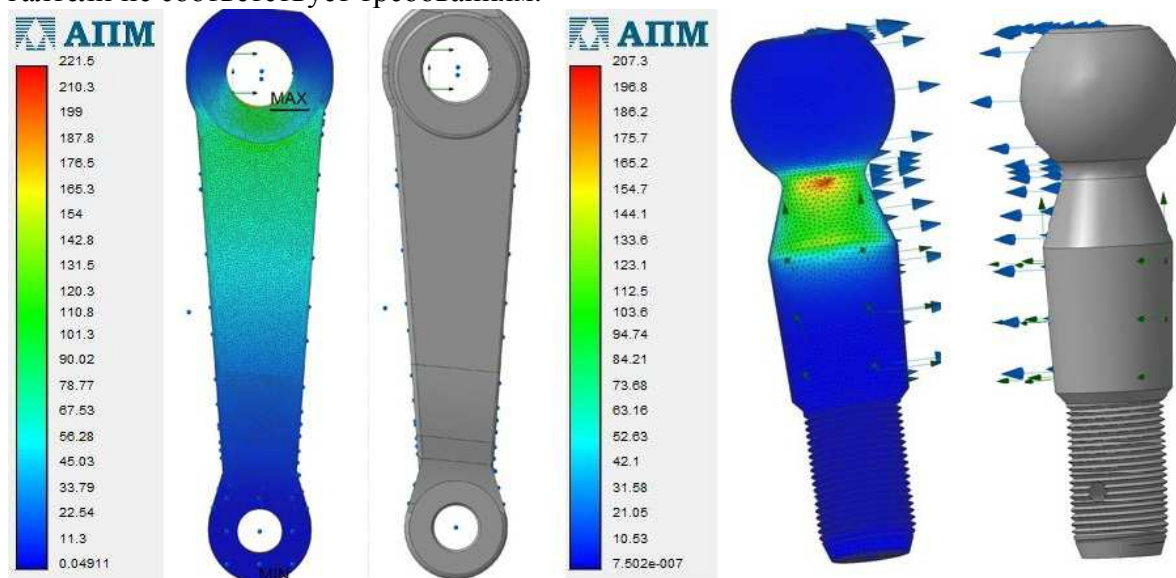


Рис. 2 – Результат на статическую прочность

При расчете на усталость принимаем, что напряжения от изгиба шарового пальца изменяются по симметричному циклу. Амплитудное напряжение  $\sigma_a$  равно максимальному напряжению от изгиба, поэтому произведен расчет шарового пальца сошки на усталостную прочность. Коэффициент чувствительности материала к местным напряжениям для конструкционных сталей принимаем 0,7; теоретический коэффициент концентрации напряжений – 0,91; шероховатость поверхности – 0,25 мкм; коэффициент поверхностной обработки – 1. Все эти параметры задавались при расчете в программе. Результаты по коэффициенту запаса прочности представлены на рис. 3.

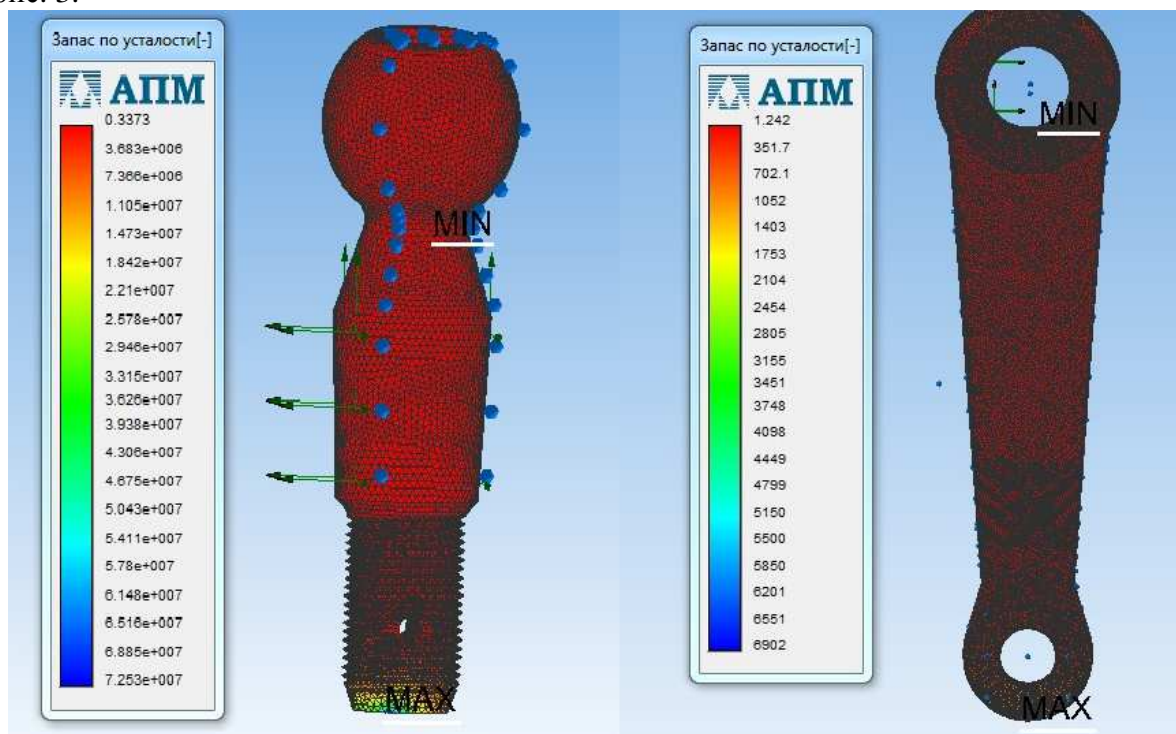


Рис. 3 – Результат расчета на усталостную прочность

Шаровой палец, является частью шаровых шарниров – наиболее ответственных узлов рулевого управления, определяющих работоспособность и безопасность их эксплуатации. Поэтому очень важно учитывать значимость данного узла при оценке прочности деталей рулевого управления. На надежность и долговечность работы, определяющих ресурс опоры, оказывают влияние механические свойства материала, вкладыша и пальца, а также стабильность их эксплуатационных характеристик во времени. Различают многоцикловую и малоцикловую усталость. Согласно ГОСТ 23207-78 многоцикловая усталость – это усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит в основном при упругом деформировании, а малоцикловая усталость – усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит при упруго-пластической деформации по ГОСТ 25.502-79.

Полученный коэффициент запаса прочности шаровой опоры составляет 0,3373, в том же месте, как и в полученном расчете на статическую прочность. Это ниже допустимого, который равен 1,2. Следовательно, условие прочности не выполняется. Запас прочности входит в допустимые параметры, однако в месте отверстия сошки под рулевой вал необходимо повысить прочностные свойства материала. Материал является важным фактором, когда говорится об эксплуатационных свойствах шаровых шарниров, таких как предел прочности, коррозионная стойкость, износостойкость, усталостная прочность, которые влияют на ресурс всего рулевого управления. Расчет показал, что ВСт6пс без термообработки для шарового пальца, используемого в автобусе «Волжанин-32901», не позволяет достичь допустимого уровня прочностной надежности. Для того чтобы запас прочности был равен или больше допустимого, нужно диаметр пальца в сечении Б-Б увеличить до 35 мм, а в сечении А-А до 20 мм. Однако более эффективным методом будет применение, при изготовлении пальца, стали с более высокой степенью твердости, например Сталь 40 или 45 или применять Сталь 30 с термообработкой. Этим самым увеличится допустимое напряжение изгиба. Это позволит не увеличивать размеры шаровой опоры и повысит прочность.

### Список литературы

- 1) Бадиков, К.А. Расчёт сошки рулевого управления автобуса «РИТМИКС» [Электронный ресурс] / Бадиков К.А., Чернова Г.А. // Молодёжь и наука : сб. матер. IX всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных с междунар. участием, 15-25 апр. 2013 г. / Сибирский федеральный ун-т. - Красноярск, 2013. - С. Режим доступа : [http://conf.sfu-kras.ru/conf/mn2013/report?memb\\_id=6496](http://conf.sfu-kras.ru/conf/mn2013/report?memb_id=6496).
- 2) Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей: справочное пособие в 6 томах. Том 1. Дефекты производства и эксплуатационные неисправности / В.Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд., стер. – М.: ООО «ИПЦ «Маска», 2013. – 373 с.
- 3) Чернова, Г.А. Оценка прочности шаровой опоры рулевого управления автобуса / Чернова Г.А., Бадиков К.А., Тышкевич В.Н. // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта : сб. науч. тр. : по матер. 72-й науч.-метод. и науч.-исслед. конф. МАДИ / Московский автомобильно-дорожный гос. техн. ун-т (МАДИ). - М., 2014. - С. 98-102.
- 4) Чернова, Г.А. Расчёт сошки рулевого управления автобуса «Волжанин-4298» / Чернова Г.А., Бадиков К.А., Щипцова Т.А. // Современные наукоёмкие технологии. - 2013. - № 8 (ч. 1). - С. 12-13.