

Совершенствование конструкции подклиновой пружины узла гашения колебаний тележки грузового вагона средствами 3D – моделирования

А. В. Габеев¹, Д. В. Гавриков²

¹ООО «АСЛЗ», гор. Барнаул

²ОАО «Алтайвагон», гор. Новоалтайск

Аннотация: Предложено комплексное использование САД и САЕ- технологий для совершенствования подклиновой наружной пружины рессорного подвешивания трехэлементной тележки грузового вагона модели 18-100. В качестве исходного прототипа была выбрана пружина наружная, разработки ОАО «НПК Уралвагонзавод». Твердотельное моделирование и оценка напряженно-деформированного состояния выполнялось в инструментальной среде Autodesk Inventor Professional 2015. Это позволило получить более прочную конструкцию пружины по сравнению с базовой пружиной при условии сохранения габаритных размеров.

Ключевые слова: тележка грузового вагона, подклиновая пружина, узел гашения колебаний, 3d – моделирование, прочность, долговечность, работоспособность, фрикционный клин.

Узел гашения колебаний грузового вагона представляет нагруженный узел, работоспособность которого определяется эксплуатационной стойкостью подклиновых пружин. Такие повреждения, как излом пружин в первую очередь приводят к нарушению стабильной работы фрикционного узла гасителя колебаний и передаче повышенных динамических нагрузок на боковые рамы тележки, которые могут привести к появлению усталостных трещин в боковой раме и к её разрушению. Низкая эксплуатационная стойкость пружин рессорного подвешивания обусловлена, прежде всего, низким уровнем их физико-механических свойств и качества изготовления, поэтому повышение их долговечности актуально и требует проведения дополнительных исследовательских работ. Основным направлением этой работы являются совершенствование конструкции пружин и подбор материала для их изготовления. С целью оценки долговечности пружин рессорного подвешивания и причин их изломов в эксплуатации проведем

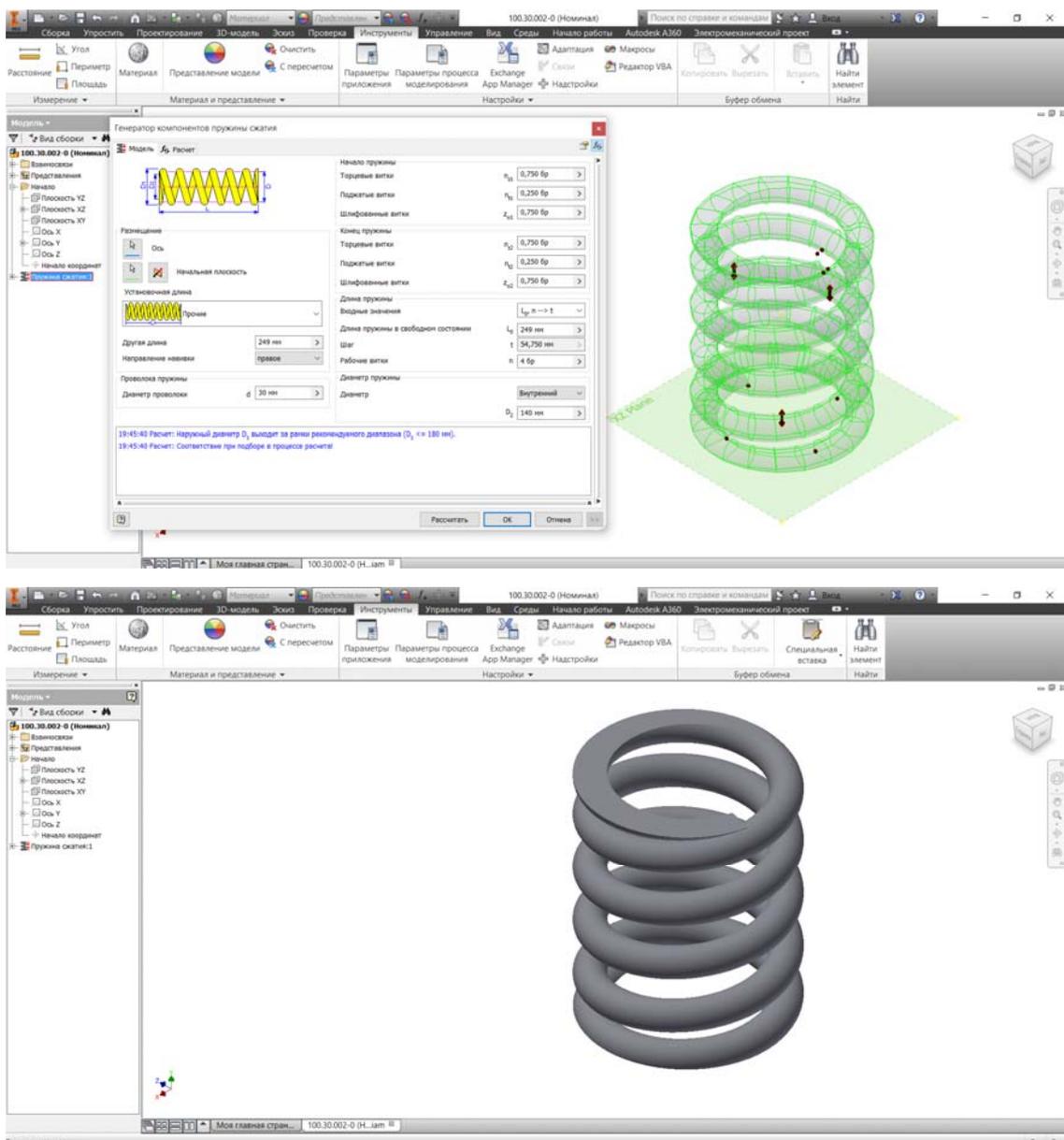
анализ напряженно-деформированного состояния, пружин рессорного подвешивания тележки модели 18-100 [1-4].

Типовые пружины, устанавливаемые в тележку модели 18-100 и её аналоги, изготавливаются из стали марки 55С2 ГОСТ 14959-79. Современные технологии компьютерного моделирования позволяют выполнить реинжиниринг серийно выпускаемой типовой пружины путем модификации конструкции и последующей её оценки на основе результатов инженерного анализа прочностных свойств. Рассмотрим выполнение заключительной итерации [5].

В качестве исходного варианта исполнения выбрана широко используемая типовая наружная пружина тележки модели 18-100. На рисунке 1 показана 3D модель пружины, полученная в инструментальной среде системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor Professional 2015 [6-7]. При создании 3D модели детали, получение конечного решения основывалось на твердотельном моделировании, и последовательном уточнении текущего состояния с использованием уже имеющейся геометрии, и новых геометрических примитивов, с помощью встроенного мастера проектирования пружин сжатия [8-10].

Масса наружной пружины тележки модели 18-100, соответствующей построенной 3D модели, составляет 14,78кг.

В соответствии с требованиями оценка прочности элементов тележек производится с учетом действия усилий по расчетным режимам. Выполним расчет на третьем режиме эксплуатации, как наиболее неблагоприятном по воздействию на рессорное подвешивание.



а)

б)

Рис. 1 – Мастер проектирования пружин сжатия Autodesk Inventor Professional 2015: а - задание параметров пружины; б – законченная модель, полученная на основании заданных параметров [6]

В соответствии с указанными требованиями оценка прочности элементов тележек производится с учетом одновременного действия усилий по расчетным режимам. Выполним расчет для третьего режима эксплуатации, как наиболее неблагоприятного по воздействию на рессорное подвешивание.

На рессорное подвешивание тележки действует вертикальная сила:

$$P_g = (1 + K_{\text{дв}}) \cdot 0,5 \cdot (T + Q - 2g_{\text{тел}} + 2g_{\text{н.б.м.}}), \quad (1)$$

где: $K_{\text{дв}} = 0,348$ – коэффициент вертикальной динамики при осевой нагрузке 23,5 т на ось;

$T+Q= 94$ т – тара и грузоподъемность вагона при нагрузке на ось 23,5 т;

$g_{\text{тел}} = 4,75$ т - масса тележки грузового вагона;

$g_{\text{н.б.м.}} = 0,52$ т - масса надрессорной балки тележки грузового вагона.

Тогда: $P_g = (1 + 0,348) \cdot 0,5 \cdot (94,0 - 2 \cdot 4,75 + 2 \cdot 0,52) = 57,65$ т.

На один рессорный комплект действует сила, равная

$$P_k = \frac{P_g}{2} = \frac{57,645}{2} = 28,823 \text{ т} \quad (2)$$

Жесткости рессорного комплекта $C_k = 882$ т/м.

В соответствии с [3] прогиб поддерживающих клинья пружин равен:

$$z_{\text{кл}} = \frac{z}{1 + \text{tg}\alpha_1 \cdot \text{tg}\alpha_2} = \frac{0,049}{1 + 1 \cdot 0} = 0,049 \text{ м}, \quad (3)$$

где $\alpha_1 = 45^\circ$ - угол наклона трущихся поверхностей фрикционных клиньев и надрессорной балки;

$\alpha_2 = 0^\circ$ - угол наклона трущихся поверхностей фрикционных накладок, устанавливаемых на боковых рамах тележки и клиньев;

$z = 0,049$ м – прогиб основных пружин рессорного комплекта.

Реакции пружин, поддерживающих фрикционный клин:

$R_H = C_H \cdot z_{\text{кл}}$ - наружная пружина и $R_B = C_B \cdot z_{\text{кл}}$ - внутренняя пружина, где $C_H = 41$ т/м и $C_B = 22$ т/м - жесткость наружной и внутренней пружины соответственно.

Допускаемое напряжения среза  для стали 55С2 ГОСТ 14959 составляет 650 МПа. Напряжения, возникающие под воздействием расчетных нагрузок, показаны на рисунке 2 [7].

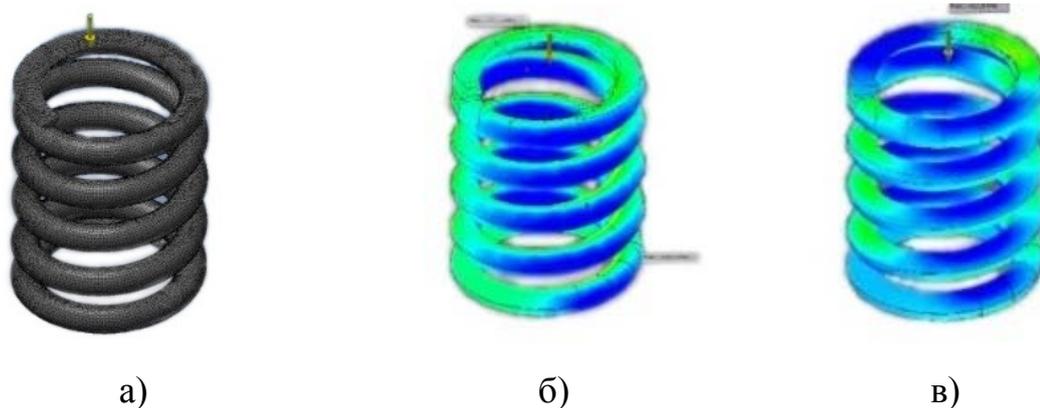


Рис. 2 - 3D-модель пружины. а - разбиение на конечные элементы, б - касательные напряжения τ_{xy} ; в - касательные напряжения τ_{xz} .

Для получения более точного распределения напряжений и обеспечения условия получения не менее трех слоев в толщинах стенок модели, размер конечных элементов задан величиной в 3 мм. Анализ компьютерного моделирования показаны на рисунках 2а и 2б. Из результатов расчета напряжений в пружине исходной конструкции установлено, что максимальная величина касательных напряжений по оси XY и оси XZ составила 233 МПа и 482 МПа, что говорит о запасе прочности равной 1,24.

В результате исследования распределения напряжений по всему объему 3D модели детали были определены конструктивные элементы, обладающие достаточным запасом прочности и позволяющие изменить характеристики текущей модели пружины. Получение новой конструкции пружины заключалось в подборе оптимальных геометрических размеров.

В качестве подбора оптимальных геометрических параметров исходной пружины, был выбран параметр - количество рабочих витков. При неизменных параметрах - высота, диаметра прутка, внутреннего и наружного диаметра пружины. В итоге 3D-модель новой (более жесткой) конструкции пружины имеет вид, показанный на рисунке 3. Масса пружины, полученной на основе построенной 3-D модели, составляет 13,08 кг.



Рис. 3 – 3D-модель пружины новой конструкции

Аналогично ранее выполненному компьютерному эксперименту с деталью-прототипом выполнен инженерный анализ пружины новой конструкции. Результаты выполнения расчетов напряжений показаны на рисунке 4.



Рис. 4 - 3D-модель пружины: а-касательные напряжения τ_{xy} ; б-касательные напряжения τ_{xz} .

В конструкции новой пружины максимальные касательные напряжения по оси XY и оси XZ составили 226 МПа и 451 МПа. По сравнению с допускаемым напряжением 650 МПа для стали марки 55С2 14959 обеспечивается запас прочности равный 1,33.

Выводы

1. Современных технологий 3D моделирования позволяют оценить распределение напряжений при нагружении пружины, создать новую

конструкцию пружины с увеличенной жесткостью на 24%, увеличенной прочностью на 7% и уменьшить металлоёмкость на 13%.

Литература

1. Шпади Д. В.. Новым грузовым вагонам - инновационные узлы и детали // Журнал Техника Железнодорожных дорог. 2012 №1. – С.46.
2. Габец А.В. Специальный чугуун для отливки фрикционного клина тележки железнодорожного вагона // Ползуновский вестник. 2013. № 4/2. С.51-52.
3. Шагур Л.А., Челногов И.И., Никольский Л.Н., Никольский Е.Н., Котуранов В.Н., Проскурнев П.Г., Казанский Г.А., Спиваковский А.Л., Девятков В.Ф.Вагоны: Учебник для вузов ж.д. транспорта / Под ред. Шагура Л.А. Транспорт, 1980.
4. Марков А. М., Габец Д. А., Габец А. В., Каргин В. В. Моделирование технологии изготовления чугунного колпака скользуна // Инженерный вестник Дона. 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2808
5. М.П. Шишкарев, К.О.Кобзев Распределение нагрузки в адаптивных фрикционных муфтах второго поколения (Часть 1) // Инженерный вестник Дона. 2013. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1784
6. Алиева Н.П., Журбенко П.А., Сенченкова Л.С. Построение моделей и создание чертежей деталей в системе Autodesk Inventor // М. ДМК Пресс. 2011. С. 112.
7. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520мм (несамоходных) от 1996. М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ.
8. Jankowski G., Doyle R. SolidWorks For Dummies. 2 edition John Wiley & Sons, 2011. pp. 12-50



9. Г.В. Даровской Совершенствование механизма нагружения машин трения типа «Амслер» // Инженерный вестник Дона. 2008. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/72

10. Alex Ruiz, Gabi Jack, Josh Mings. SolidWorks 2010: No Experience Required. 2 edition John Wiley & Sons, 2010. pp. 33-65

References

1. Shpadi D. V. Zhurnal Tehnika Zheleznodorozhnyh dorog. 2012 №1. pp.46.

2. Gabets A.V. Polzunovskij vestnik. 2013. № 4/2. pp.51-52.

3. Shadur L.A., Chelnorov I.I., Nikol'skij L.N., Nikol'skij E.N., Koturanov V.N., Proskurnev P.G., Kazanskij G.A., Spivakovskij A.L., Devjatkov V.F. Vagony: Uchebnik dlja vuzov zh.d. transp [Cars: The textbook for higher education institutions railway transport]. Pod red. Shadura L.A. Transport, 1980.

4. Markov A. M., Gabec D. A., Gabec A. V., Kargin V. V. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2808

5. M.P. Shishkarev, K.O.Kobzev. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2013. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1784

6. Alieeva N.P., Zhurbenko P.A., Senchenkova L.S. Postroenie modelej i sozdanie chertezhej detalej v sisteme Autodesk Inventor [Creation of models and creation of drawings of details in Autodesk Inventor system]. M. DMK Press. 2011. pp. 112.

7. Normy dlja rascheta i proektirovanija vagonov zheleznyh dorog MPS kolei 1520mm (nesamohodnyh) ot 1996. M [Norms for calculation and design of cars of the railroads of Ministry of Railways of a track 1520mm (not self-propelled) 1996]: GosNIIV-VNIIZhT.



8. Jankowski G., Doyle R. SolidWorks for Dummies. 2 edition John Wiley & Sons, 2011. pp. 12-50
9. G.V. Darovskoj. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2008. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/72
10. Alex Ruiz, Gabi Jack, Josh Mings. Solid Works 2010: No Experience Required. 2 edition John Wiley & Sons, 2010. pp. 33-65