

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗИНОВОГО ЭЛЕМЕНТА ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО РОЛИКА ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Ю.В. Медведев, С.А. Коростелев, Н.С. Корнев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрено напряженно-деформированное состояние резинового элемента поддерживающего ролика гусеничного движителя трактора класса 3. Выявлены области концентрации напряжения. Даны предложения по усовершенствованию конструкции.

Ключевые слова: гусеничный движитель, резиновый элемент, напряженно-деформированное состояние, Муни-Ривлин, удельная энергия деформации, касательные напряжения.

ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A RUBBER ELEMENT OF A SUPPORTING ROLLER OF CATERPILLAR TRACKS

Y.V. Medvedev, S.A. Korostelev, N.S. Kornev

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Considered the stress-strain state of the rubber element of the supporting roller of caterpillar tracks of the tractor class 3. The proposals for improvement of the design. Areas of stress concentration are identified.

Keywords: caterpillar mover, rubber element, the stress-strain state, Mooney-Rivlin, the specific strain energy, shear stresses.

Гусеничные машины нашли широкое применение в следующих отраслях экономики страны: в сельском хозяйстве, добыче полезных ископаемых, в строительстве, в лесозаготовительной промышленности и т.д. Использование транспортного средства в этих отраслях предполагает передвижение по грунтовым дорогам и бездорожью, что в свою очередь предъявляет высокие требования к надежности его ходовой части.

Опыт эксплуатации существующих гусеничных движителей, эксплуатационные испытания, а также экспериментальные исследования опытных конструкций показывают, что основные узлы гусеничного движителя испытывают высокие динамические нагрузки, что указывает на необходимость конструктивного совершенствования гусеничного движителя.

Применение опорных катков малого диаметра в конструкции гусеничного движителя позволяет снизить металлоёмкость и сделать более равномерной эпюру давления под опорной ветвью гусеничного движителя. Применение подобной конструкции вынуждает вводить в неё поддерживающие ролики для свободной ветви, что позволяет значи-

тельно снизить её колебания при движении гусеничной машины.

Поддерживающий ролик – элемент гусеничного движителя, предназначенный для поддержания верхней ветви гусеничной ленты и облегчения её натяжения, уменьшающий её провисание; использование большего количества поддерживающих катков уменьшает необходимую для натяжения гусеницы силу.

Во время движения поддерживающий ролик взаимодействует со свободной ветвью гусеничного обвода, что приводит к высоким динамическим нагрузкам, действующим на него [1, 2].

С целью снижения динамических нагрузок в конструкции поддерживающего ролика применяют резиновый бандаж. Во время эксплуатации резиновый бандаж испытывает предварительные деформации, связанные с его монтажом в поддерживающем ролике.

При сборке необходимо обеспечить надежное фиксирование резинового элемент 24. Это условие обеспечивается осевым перемещением крышки 25 поддерживающего ролика. За счет осевого перемещения крыш-

ки резина начинает перемещаться в радиальном направлении, что приводит к возникновению контактного давления между резиной и металлическими элементами поддерживающего ролика и созданию сил трения, надежно удерживающих резиновый элемент от проворачивания (рисунок 1).

При движении трактора в месте контакта гусеничного обвода с поддерживающим роликом возникают силы реакции.

В настоящей работе для оценки напряженно-деформированного состояния резинового элемента поддерживающего ролика гусеничного движителя применяется алгоритм расчета, в основу которого положены соотношения нелинейной теории упругости для несжимаемого материала. Нелинейные соотношения между напряжениями и деформациями в резине описываются потенциалом внутренних сил, являющимися функциями первого и второго инвариантов тензора деформаций Коши.

Граничными условиями являются перемещение крышки поддерживающего ролика (граничные условия при сборке) и перемещения, вызванные в результате возникновения реакции между гусеницей и резиновым элементом поддерживающего ролика (граничные условия при вторичном нагружении).

Механическое поведение резины описывается упругим потенциалом Муни-Ривлина [3], [4]:

$$W = c_{10}(\bar{J}_1 - 3) + c_{10}(\bar{J}_2 - 3) \quad (1)$$

где W – удельная энергия деформации; \bar{J}_1 и \bar{J}_2 – первый и второй инварианты тензора меры деформации Коши; $c_{10} = 0.725$ МПа, $c_{01} = 0.125$ Мпа.

$$\bar{J}_1 = \lambda_1^{-2} + \lambda_2^{-2} + \lambda_3^{-2} \quad (2)$$

$$\bar{J}_2 = \bar{\lambda}_1^{-2} + \bar{\lambda}_2^{-2} + \bar{\lambda}_3^{-2}, \quad (3)$$

где $\bar{\lambda}_i = I^{-\frac{1}{3}} \cdot \lambda_i$, λ_i – длина деформированного ребра.

Удельная энергия деформации является критерием оценки прочности резинового элемента, а также его усталостной прочности.

Резиновый элемент поддерживающего ролика является телом вращения, в связи с этим решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния после сборки, вызванного сжатием в осевом направлении, осуществляется в цилиндрической системе координат, рассматривается осесимметричная задача.

При последующем нагружении задача рассматривается также в цилиндрической системе координат.

Положение точки в цилиндрической системе координат определяется:

- в недеформированном состоянии r, φ, z ;

- в деформированном состоянии

$R = R(r, \varphi, z), \Theta = \Theta(r, \varphi, z), Z = Z(r, \varphi, z)$ [5].

При определении приращения энергии деформаций на последующих шагах деформирования необходимо учесть работу напряжений, которые возникли в теле на предыдущих шагах.

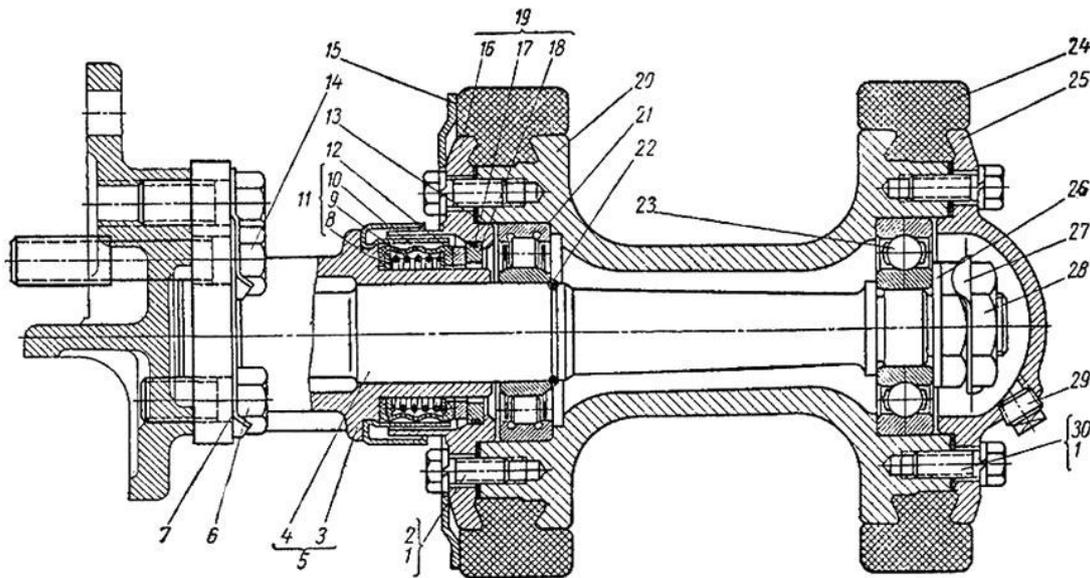


Рисунок 1 – Поддерживающий ролик гусеничного движителя трактора ДТ-75

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗИНОВОГО ЭЛЕМЕНТА ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО РОЛИКА ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

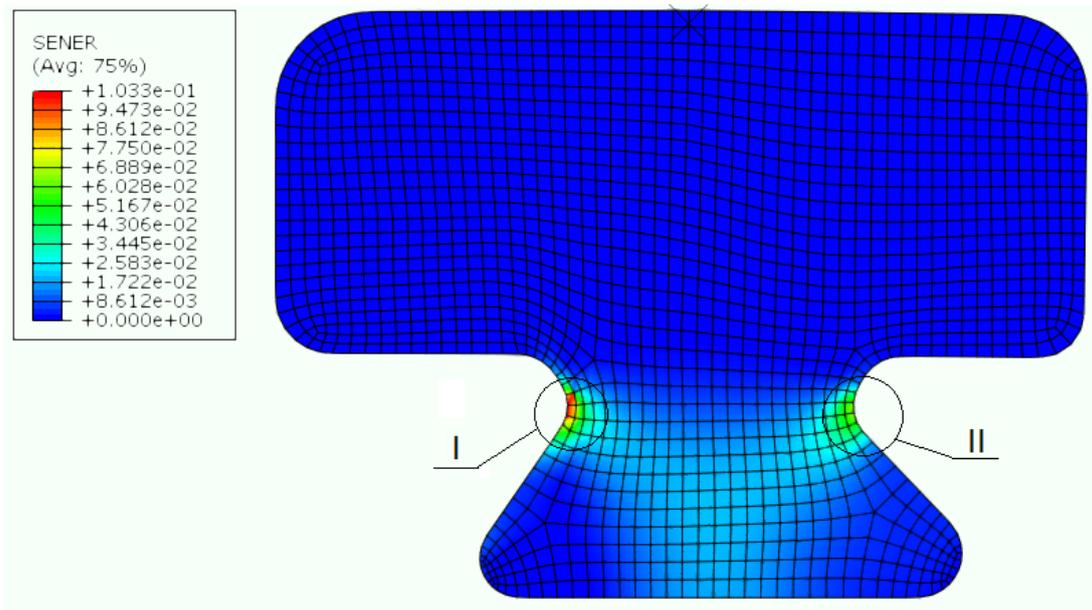


Рисунок 2 - Картина распределения удельной энергии деформации при сборке

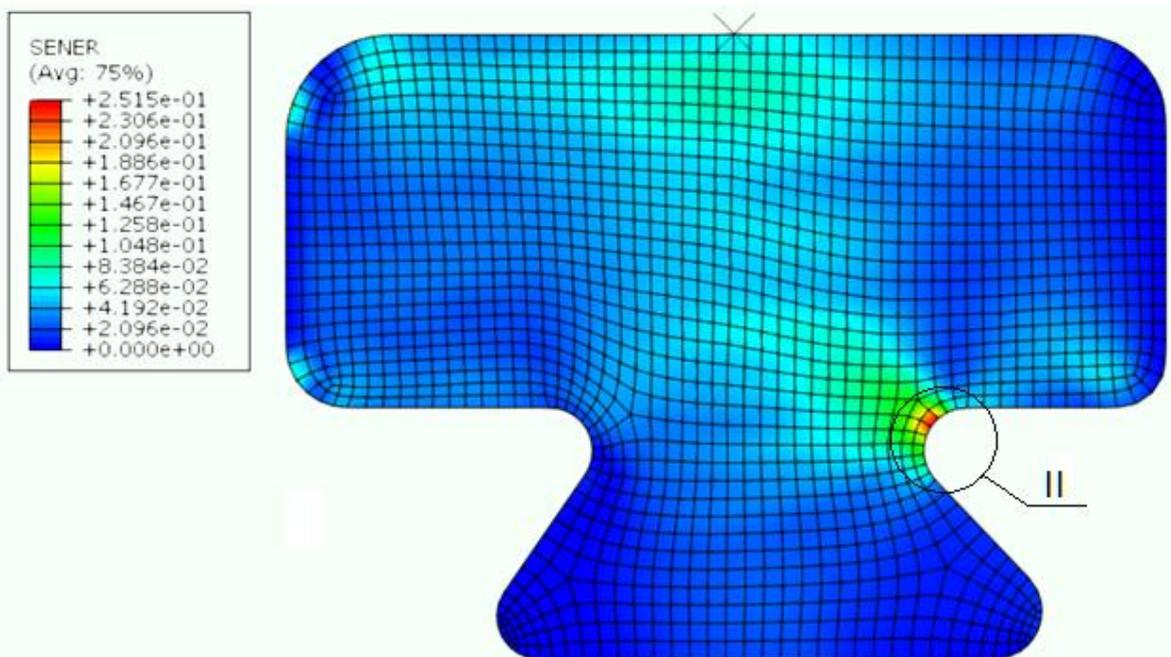


Рисунок 3 – Картина распределения удельной энергии деформации при вторичном нагружении

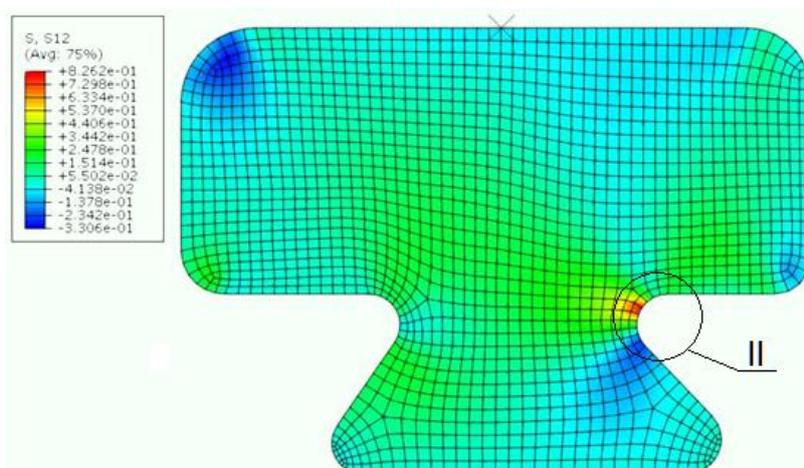


Рисунок 4 - Картины распределения касательных напряжений (МПа) по сечению резинового элемента вызванных радиальной силой

В результате расчета получены поля распределения компонентов тензоров деформаций, напряжений и удельной энергии деформации по объему резинового элемента.

На рис. 2 представлено распределение удельной энергии деформации в резиновом элементе после сборки. Максимальная ($1.033 \cdot 10^{-1}$ МДж/м³) удельная энергия деформации, наблюдается в области I, в области II она несколько меньше ($5.2 \cdot 10^{-2}$ МДж/м³).

При вторичном нагружении (рис. 3) максимальная удельная энергия деформации сохраняется в области II и составляет $2.515 \cdot 10^{-1}$ МДж/м³.

На рисунке 4 показана картина распределения касательных напряжений, вызванных вторичным нагружением. Максимальное значение наблюдается в области II и составляет $8.262 \cdot 10^{-1}$ Мпа.

Выводы

Максимальные значения удельной энергии деформации и касательных напряжений достигаются как при сборке, так и при вторичном нагружении в одних и тех же областях, т.е. на внутренних изгибах профиля резинового элемента в точках контакта с металлическими поверхностями поддерживающего ролика, следовательно, и начало усталостного разрушения для элементов данной конструкции будет наблюдаться в этих областях. Данные результаты могут

быть использованы для определения рациональной конструкции поддерживающего ролика при его усовершенствовании.

Список литературы

1. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов: учебник для студентов вузов. 2-е изд. перераб. и доп./ В.М. Шарипов. - М.: Машиностроение, 2009. -752 с.
2. Анилович, В.Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов/ В.Я. Анилович, Ю.Т. Водолажченко // Издание 2-е, дополненное. - М.: Машиностроение.-1976. - 456 с.
3. Оден, Д.Т. Определение конечных деформаций упругих тел на основе конечных элементов / Д.Т. Оден, Д.Е. Кей // Расчет упругих конструкций с использованием ЭВМ. Т. 1. – СПб.: Судостроение, 1974.- С. 63-68.
4. Лавендэл, Э.Э. Расчет резинотехнических изделий/ Э.Э.Лавендэл - М.: Машиностроение, 1976. – 232 с.
5. Коростелев, С.А. Определение напряженно-деформированного состояния резиновых элементов внутренней амортизации опорного катка гусеничного движителя/ С.А. Коростелев //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. Т17, №2(4). - С. 793-798

Медведев Юрий Владимирович, аспирант НТТС, АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: megapalestiner@gmail.com

Коростелев Сергей Анатольевич, к.т.н. доцент, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. e-mail: kor-san73@mail.ru.

Корнев Никита Сергеевич, аспирант НТТС, АлтГТУ им. И. И. Ползунова, тел. 89635301723, e-mail: nikita-kornev@yandex.ru.