

УДК 629.3.027.74, 539.3

Н. Е. СЕРГИЕНКО, А. В. МЕДВЕДЕВА, А. Н. СЕРГИЕНКО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ГУСЕНИЧНОГО ЗВЕНА

Гусеницы с металлической ланкой (траком) и открытым шарниром широко используются на тракторах. Важно при высоких показателях износостойкости обеспечить и высокий опир руйнуванню, залежне від стану, умов роботи і напруг в елементах трака, шарніра. В якості основи досліджень залучаються результати аналізу виконаних експериментів, розрахунку напружено-деформованого стану за допомогою методу скінченних елементів з урахуванням теплового стану. У статті запропоновано загальний підхід до раціонального проектування конструкції трака гусениці трактора.

Ключові слова: трактор, гусениця, трак, напружено-деформований стан, твердотільна модель, метод кінцевих елементів.

Гусеничная лента с металлическим звеном (траком) и открытым шарниром широко используется на тракторах. Важно при высоких показателях износостойкости обеспечить и высокое сопротивление разрушению, зависящее от состояния, условий работы и напряжений в элементах трака, шарнира. В качестве основы исследований привлекаются результаты анализа выполненных экспериментов, расчета напряженно-деформированного состояния при помощи метода конечных элементов с учетом теплового состояния. В статье предложено развитие общего подхода к рациональному проектированию конструкции трака гусеницы трактора.

Ключевые слова: трактор, гусеница, трак, напряженно-деформированное состояние, твердотельная модель, метод конечных элементов.

Track with a metal link (trac) and an open hinge is widely used on tractors. It is important to ensure high rates of wear resistance and high resistance to destruction, depending on the condition, operating conditions and stresses in the truck elements hinge. As research foundations involved in the analysis of the experiments, the calculation of stress-strain state using the finite element method based on the thermal state. This paper proposes a general approach to the rational design of the construction truck tractor tracks.

Keywords: tractor, caterpillar track, the stress-strain state, solid model, finite element method.

Введение. Наиболее распространенной причиной выхода из строя гусеницы является износ шарниров. Они имеют различные варианты конструкции: открытые, закрытые, резино-металлические (РМШ), на игольчатых подшипниках.

Открытый с большими зазорами шарнир не препятствует проникновению абразивных частиц на трущиеся поверхности, что вызывает их интенсивный износ, а следовательно, увеличение шага цепи и соответственно скольжения цевок. На срок службы гусеничных цепей и, в частности, шарниров большое влияние оказывает жесткость звена, которая должна обеспечиваться рациональной формой и размещением на нем ребер жесткости.

Закрытый шарнир изолирует поверхности трения от попадания абразивных частиц, благодаря чему срок службы гусениц с закрытыми шарнирами в 1,5-2 раза превышает срок службы гусениц с открытыми шарнирами. Недостатками такого типа являются большая металлоемкость, а также сложность изготовления. Гусеницы с РМШ применяются в основном на скоростных машинах, имеют высокую стоимость и определенные проблемы при эксплуатации. Игольчатые подшипники в шарнирах гусеницы практически оказались малопригодны.

Гусеничная лента с металлическим звеном (траком) и открытым шарниром имеет определенные преимущества по сравнению с другими вариантами гусеницы и пока еще широко используется на сельскохозяйственных и промышленных тракторах. Конструкция открытого металлического шарнира проста и технологична, однако имеет существенный недостаток: в

результате беспрепятственного попадания абразива почвы на трущиеся поверхности шарнира происходит быстрый износ пальца и проушин.

Основными конструкционными материалами в машиностроении являются металлические сплавы, способные претерпевать большую деформацию без разрушения. Важной особенностью стали в высокопрочном состоянии является склонность к хрупкому разрушению. Это определяет пониженные конструктивную прочность и долговечность литых звеньев гусениц в эксплуатации, ограниченные износом. Поэтому важно при высоких показателях износостойкости обеспечить и высокое сопротивление разрушению, особенно хрупкому, при минимальном уровне затрат.

Анализ исследований и публикаций. Большинство исследований было выполнено с применением метода хрупких покрытий и последующего тензометрирования. С помощью лаковых покрытий были определены направления и зоны главных деформаций (напряжений) [1].

В работах [2-4] определялась нагруженность унифицированного звена трактора Т-74 в лабораторных условиях с использованием метода хрупких покрытий. Отличительной особенностью последнего исследования является способ нагружения звена, покрытого лаком. При движении трактора на участке дороги с бетонным покрытием усилие на крюке создавалось путем буксировки другого гусеничного трактора. Такой способ позволил исключить возможность контакта грунта с покрытой лаком опорной поверхностью звена, имеющей зоны максимальных напряжений, и провести исследование при реально действующих в гусеничном обводе динамических нагрузках.

© Н. Е. Сергиенко, А. В. Медведева, А. Н. Сергиенко, 2017

Исследование показало, что наиболее напряженные участки звена расположены в зонах проушин (рис. 1).

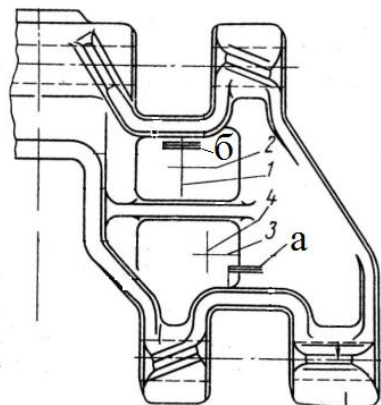


Рис. 1 – Места установки датчиков на площадках а) и б)

Значительное количество работ посвящено повышению износостойкости открытого шарнира применением в трущейся паре материалов высокой твердости.

Сущность этих работ состоит в следующем: трущимся поверхностям необходимо придать твердость, более высокую, чем твердость абразивных частиц, тогда влияние абразива резко уменьшится.

В частности авторами [2, 5] обнаружена прямо пропорциональная зависимость износостойкости чистых металлов и сталей в отожженном состоянии от твердости при медленном стирании на корундовом полотне. Статистическое распределение напряжений, наблюдаемых при испытаниях при взаимодействии фрикционных пар из металлов и сталей и оцениваемых различными методами, представлено на рис. 2. Данные целесообразно сопоставлять с результатами теоретических расчетов.

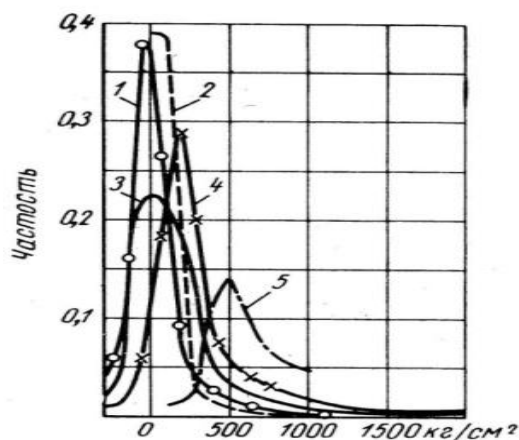


Рис. 2 – Систематизация обработки полученных напряжений при комбинированных нагрузках методами: 1 – минимумов; 2 – размахов; 3 –экстремумов; 4 – максимумов; 5 – укрупненных размахов

Для термически обработанных деталей износостойкость с увеличением твердости также возрастает, но значительно менее интенсивно, чем для технически чистых металлов и отожженных сталей. По мере увеличения содержания углерода в сталях расположение линий зависимости износостойкости от твердости изменяется. Установлено, что с повышением легирования стали карбидообразующими элементами эффективность ее сопротивления абразивному износу повышается.

Износостойкость металлов в зависимости от других механических свойств исследована в работе [6]. Исходя из того, что при абразивном износе основным процессом является микрорезание металла, авторы попытались сопоставить сопротивление пластической деформации при небольших значениях напряжений с предельным сопротивлением разрушению различных металлов и сплавов.

Некоторые исследователи полагают [5], что износ находится в линейной зависимости от модуля упругости материалов и с увеличением его возрастает. В связи с этим в работе [7] предложено оценивать износостойкость по величине отношения числа твердости к модулю нормальной упругости.

Для каждого вида взаимодействия имеют место свои закономерности изнашивания. Так, при упругом контакте износ связан с нагрузкой (давлением) степенной зависимостью, причем показатель степени больше единицы. При пластическом контакте износ пропорционален удельному давлению.

Преимуществом данного подхода является установление связей между интенсивностью износа и физическими константами материала и поверхностного слоя (модуль упругости, твердость, характеристики прочности и усталости, параметры опорной поверхности и др.).

Исследования с применением вышеперечисленных методов требуют существенных материальных затрат и времени [9].

Современные технологии [10, 11, 12 и др.] позволяют на этапе проектирования разработать варианты конструкции элементов гусеничного движителя, модель предмета исследования, имитировать нагрузки и численно оценить основные параметры, определяющие прочность всех элементов и износ их сопрягаемых частей.

Цель и постановка задачи исследования – развитие методики исследования нагруженности гусеничного звена и путей совершенствования конструкции элементов гусеничного движителя для повышения эксплуатационных показателей гусеничных тракторов.

Исследование нагруженности трака гусеницы. Определяющим при проектировании звена гусеницы является характеристики нагруженности. Для уточнения методики исследования нагруженности гусеничного звена определены этапы решения этой задачи с использованием метода конечных элементов

(МКЭ) (рис. 3), которые включают разработку конструкции трака, определение и дискретизацию

расчетной области, определение граничных условий задачи теплопроводности и ее решение.

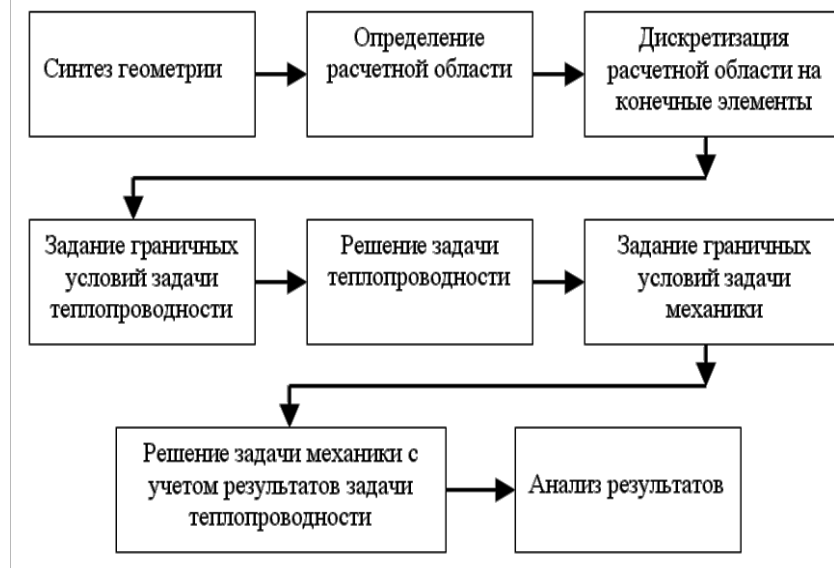


Рис. 3 – Структурная схема решения задачи

Для расчета температурного поля трака используется уравнение теплопроводности в виде [13]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) + Rt + Q = 0, \quad (1)$$

$$t|_{S_t} = t_0, \quad (2)$$

$$q|_{S_q} = - \left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial t}{\partial y} n_y + \lambda_z \frac{\partial t}{\partial z} n_z \right), \quad (3)$$

$$\alpha(t - t_{cp})|_{S_\alpha} = - \left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial t}{\partial y} n_y + \lambda_z \frac{\partial t}{\partial z} n_z \right), \quad (4)$$

где t – температура поверхности детали;

Q – внутренний источник теплоты;

R – внутренний источник теплоты, пропорциональный температуре;

α – коэффициент теплоотдачи на поверхности S_α ;

t_{cp} – температура среды;

$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ – коэффициенты теплопроводности в направлении осей анизотропии, для изотропного материала $\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z$;

n_x, n_y, n_z – управляющие косинусы внешней нормали;

q – тепловой поток на поверхности S_q .

Граничные условия (ГУ) (4) соответствуют теплообмену с внешней средой по закону Ньютона.

Для случая ГУ 3-го рода и отсутствия внутренних источников теплоты решение находим путем минимизации соответствующего функционала:

$$\Phi(t) = \frac{1}{2} \iiint_V \left(\lambda_x \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right)^2 + \lambda_y \left(\frac{\partial t}{\partial y} \right)^2 + \lambda_z \left(\frac{\partial t}{\partial z} \right)^2 \right) dv + \quad (5)$$

$$+ \frac{1}{2} \iint_S \alpha(t - t_{cp})^2 dS \rightarrow \min$$

Постановка задачи в напряжениях и деформациях в программном комплексе рассматривается следующим образом

$$\sigma = D \cdot \varepsilon_0, \quad (6)$$

где σ – вектор напряжений;

ε_0 – вектор относительных деформаций;

D – матрица жесткости;

$$\varepsilon_x = \alpha_x \Delta T + \frac{\sigma_x}{E_x} - \frac{\mu_{xy} \sigma_y}{E_x} - \frac{\mu_{xz} \sigma_z}{E_x} \quad (7)$$

$$\varepsilon_y = \alpha_y \Delta T - \frac{\mu_{xy} \sigma_x}{E_x} + \frac{\sigma_y}{E_y} - \frac{\mu_{yz} \sigma_z}{E_y}, \quad (8)$$

$$\varepsilon_z = \alpha_z \Delta T - \frac{\mu_{xz} \sigma_x}{E_x} - \frac{\mu_{yz} \sigma_y}{E_y} + \frac{\sigma_z}{E_z}, \quad (9)$$

где $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ – деформации в направлении осей x, y, z ;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – напряжения в направлении осей x, y, z ;

μ_{xy} – деформации сдвига в направлении плоскости xy ;

σ_{xy} – напряжения сдвига в плоскости xy ;

G_{xy}, G_{yz}, G_{xz} – модули сдвига соответственно в плоскостях xy, yz, xz .

При взаимодействии элементов гусеницы в зоне контакта изменяется температура поверхностей трения в интервале $T_i \in [T_0, T_k]$, давление – $p_j \in [0, p_0]$, относительная скорость

скольжения – $V_s \in [V_{\max}; 0]$, площадь контакта – $F_k \in [F_{\min}, F_k]$.

Учитывая влияние указанных параметров, коэффициент трения можно представить в следующем виде [8, 14, 15]:

$$\mu(T_i, p_j, F_k, V_s) = \frac{T_i \cdot c_w \cdot m_0}{\lambda \cdot t \cdot F_k \cdot p_j \cdot V_s}, \quad (10)$$

где T_i – прирост температуры в фрикционной паре;
 c_w – теплоемкость материала трака;
 F_k – площадь контакта;
 m_0 – масса трака;
 t – время контакта;
 λ – доля поглощаемого тепла.

Далее результаты решения используются как часть исходных данных задачи определения механической нагруженности выбранного элемента гусеницы. После этого решается комплексная задача определения параметров звена при воздействии механических и тепловых нагрузок. На основании полученных результатов дается оценка стабильности параметров гусеничного звена и разрабатываются предложения по выбору рациональных значений его конструктивных параметров.

Показателем качества сопряжений элементов гусеничного движителя является их износ в эксплуатации. Расчеты на износ являются базой для создания долговечных машин. Можно указать следующие основные методики расчета на изнашивание:

а) по удельным давлениям – подсчитываются удельные давления (средние или максимальные), действующие на поверхности трения, и полученные значения сравниваются с допустимыми. Последние берутся, как правило, из практики, и их значения соответствуют длительному сохранению работоспособности сопряжения для аналогичных условий работы. По удельным давлениям часто рассчитывают направляющие скольжения станков, гайки ответственных ходовых винтов, некоторые типы подшипников скольжения и другие сопряжения.

Удельное давление – один из главных, но не единственный фактор, определяющий скорость изнашивания. Поэтому расчеты по ним дают лишь сугубо ориентировочные сравнительные данные о размерах износа сопряжений, и в ряде случаев могут привести к неправильным выводам о способах повышения износостойкости конструкции;

б) по величине износа и форме изношенной поверхности. Этот вид расчета позволяет указать основные пути повышения долговечности сопряжения, как при конструировании, так и при эксплуатации.

Для проведения исследований разработаны варианты конструкций трака в виде рабочего чертежа и 3-D модели (рис. 4). Сложная форма трака обусловлена требованиями обеспечения его

жесткости, снижения давления на почву при значительном весе трактора, надежного сцепления его с опорной поверхностью, высокой проходимости, экономии материала.

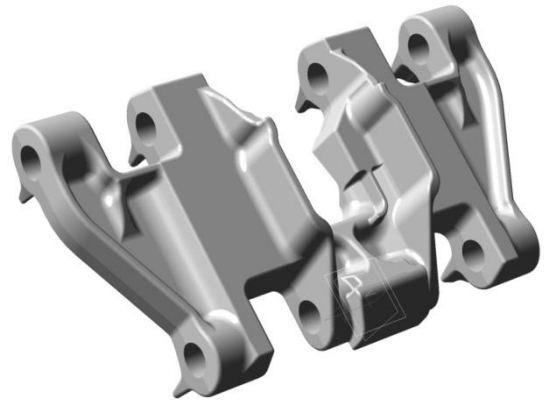


Рис. 4 – Модель звена гусеницы

При этом гусеница должна иметь уменьшенную шумность при движении, самоочищаемость при залипании и наволакивании частиц влажных грунтов, хорошую защиту узлов и механизмов от проникновения в них абразива и влаги, небольшие потери на трение.

Для решения поставленной задачи используются пакеты прикладных программ SolidWorks, Ansys Workbench и др. Определены исходные параметры, диапазон действующих нагрузок и расчетная схема.

Выполнена сборка траков и пальцев (рис. 5). Определен вариант расчетной схемы, части модели и разбивка её сетки (рис. 6).

Для задания внешних воздействий в качестве исходной информации используются данные работы [4, 9]. Анализ осциллограммы (рис. 7) показывает, что звено гусеницы подвержено действию нестационарного режима переменных напряжений с непостоянной асимметрией и переменными амплитудами.

Пиковые напряжения звено испытывает при прохождении опорных катков. Эти напряжения особенно значительны в местах установки датчиков 1 и 4 (зоны б – см. рис.7).

Результаты расчета представлены на рис. 8. Видно, что практически все проушины имеют наиболее высокий уровень напряжений, вследствие чего их отверстия подвержены наибольшему износу. Результаты расчетов подтверждаются практикой эксплуатации тракторов. Работая в очень тяжелых напряженных условиях, в абразивной влажной среде, гусеничные цепи во многом определяют ресурс трактора. Срок службы гусеничных цепей приблизительно в 2-3 раза меньше, чем срок службы других агрегатов трактора, и составляет 500-2000 моточасов [8, 9].

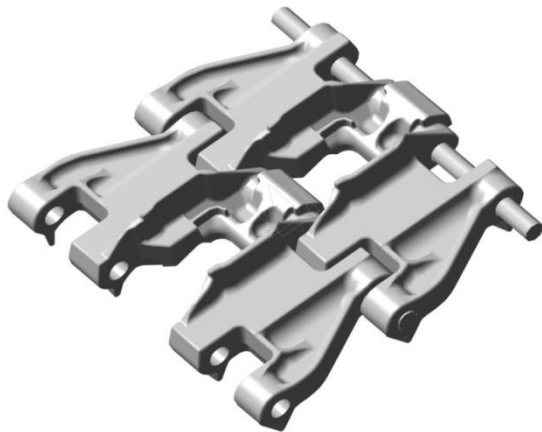


Рис. 5 – Фрагмент сборки гусеничной цепи

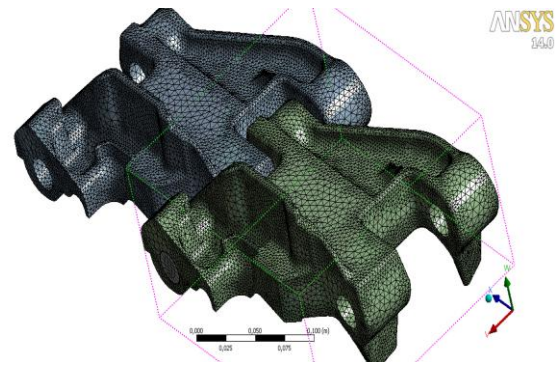


Рис. 6 – Разбиение сетки для решения методом конечных элементов

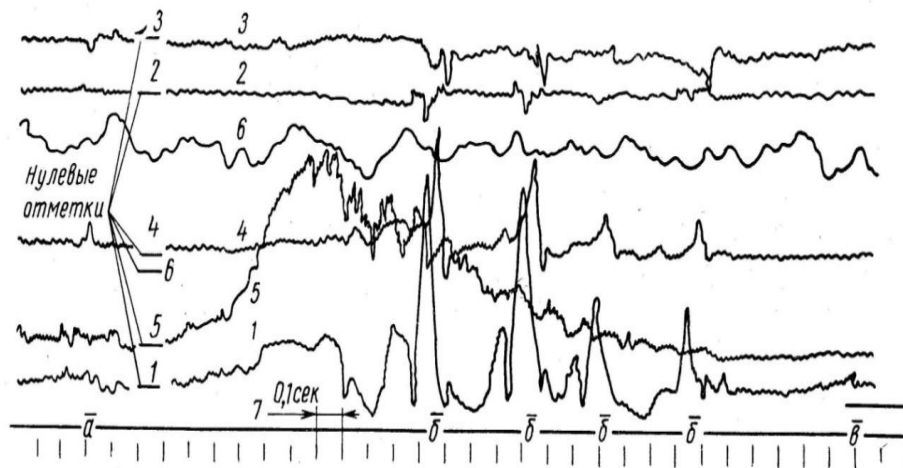


Рис. 7 – Осциллограмма изменения нагрузок на трак при пахоте (1-4 – датчики (см. рис. 1); не показаны датчики 5 – на продольной оси трака и 6 – симметрично датчика 3)

Усовершенствование гусеничных цепей проводят по двум направлениям:

- а) совершенствование технологии производства и подбор более стойких материалов;
- б) совершенствование конструкции.

Вместе с тем, возникшее в последнее время мнение о том, что существующие методы определения механических свойств в случае высокопрочных сталей должны быть заменены испытаниями образцов с трещинами, так же не совсем оправдано, как и взгляды прошлых лет, в соответствии с которыми традиционные методы испытания механических свойств должны использоваться для характеристики механического поведения стали, находящейся в высокопрочном состоянии. Только комплексный подход к этой сложной проблеме – оценке работоспособности стали в многообразных условиях эксплуатации – может способствовать решению задачи о прогнозировании поведения материалов, повышении надежности и долговечности их при работе в машинах и механизмах сегодняшнего дня. Причем необходимо, чтобы при выборе комплекса методов оценки механических свойств, учитывался

вид и характер нагружения, используемые при эксплуатации конкретных изделий. Чем сложнее задача, тем шире должен быть арсенал используемых при решении этой задачи методов.

Повышение износостойкости шарнирного соединения достигается в результате выполнения ряда конструктивных и технологических мероприятий, основными из которых являются: совершенствование открытого шарнира путем выбора более оптимальных соотношений размеров проушины траков и пальцев гусениц, применения более стойких материалов (поверхностных покрытий) или технологических процессов, позволяющих повысить износостойкость трущихся поверхностей при абразивном трении. Актуальным, а в ряде случаев безальтернативным, является применение закрытых шарниров, т.е. обеспечение условий безабразивного трения скольжения в шарнире; исключение вообще трения скольжения в шарнирных соединениях и использование принципиально новых конструкций шарниров с внутренним трением (РМШ), обеспечивающих поворот траков друг относительно друга за счет деформации упругого элемента, связывающего траки.

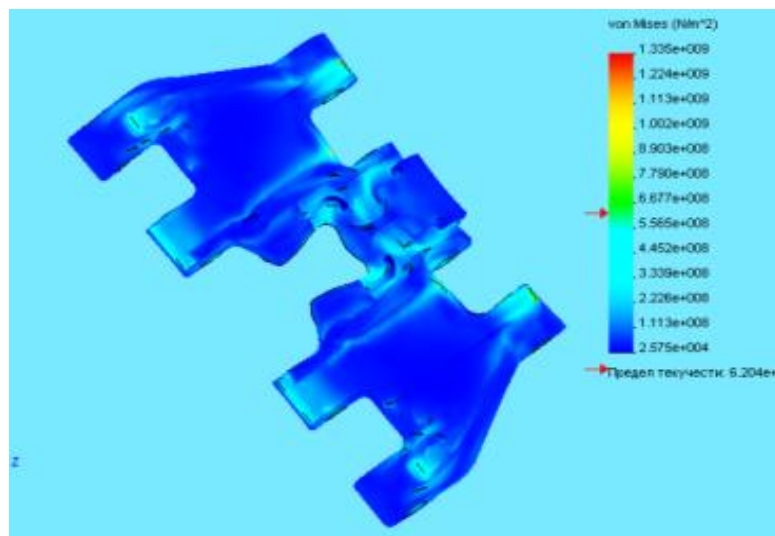


Рис. 8 – Распределение напряжений в траке

Выводы. Повышение прочности трака, под которым понимают повышение сопротивления деформации и разрушению при различных напряженных состояниях и схемах нагружения, возможно оценить, используя современные методы и прикладные программы. По результатам расчетов выявлены наиболее нагруженные части трака – проушины. Распределение напряжений по проушине трака определяет место образования и рост хрупкой трещины, вызывающей преждевременное разрушение. Необходимым условием для реализации высокой прочности трака является снижение уровня и неравномерности распределения напряжений.

Список литературы

1. Ушаков Б.Н. Анализ напряжений в сложных натуральных конструкциях методом хрупких покрытий / Б.Н. Ушаков, И.Е. Васильев, А.Н. Салин // Проблемы машиностроения и надежности машин. – М.: Машиностроение, 2004. – №1. – С. 96 – 102.
2. Бабичев М.А., Хрущев М.М. Исследование абразивного изнашивания металлов. Изд. АН СССР, 1980. 3. Васильев С.П., Ермолов Л.С. Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. – М.: Машгиз, 1980.
4. Попов Е.Г. Некоторые результаты исследования прочности литого звена гусеницы тракторов класса 3 т [Текст] / Е.Г. Попов, А.М. Черяпин, А.К. Кравцов // Тракторы и сельхозмашины. – М.: Машиностроение, 1967. – №5. – С. 23–24.
5. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследование изнашивания металлов. – М.: Машиностроение, 1960.
6. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. – М.: Машиностроение, 1970.
7. Машиноведение №1. – М.: Наука, 1969. – С. 90.
8. Крагельский И.В. Расчетные методы оценки трения и износа. – М.: Машиностроение, 1977. – 231с.
9. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1971 – 258 с.
10. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике / О.К. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
11. Сергиенко А.Н. Исследование влияния конструкции элементов сцепления автомобиля на стабильность характеристик [Текст] / А.Н. Сергиенко, Д.М. Митропан, Н.Е. Сергиенко, А.Н. Авраменко // Сборник научных трудов

"Вестник НТУ "ХПИ": Автомобіле- та тракторобудування №1 – Вестник НТУ "ХПИ", 2010. – ISSN 2078-6840.

12. Сергиенко Н.Е. Особенности использования современных технологий проектирования при создании каркаса кабин [Текст] / Н.Е. Сергиенко, Н.А. Ткачук, А.Н. Сергиенко и др. // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Транспортне машинобудування №43 (1152)2015 – Вестник НТУ "ХПИ", 2015. – ISSN 2079-0066.
13. Алукер И.Г. Приближенный учет теплоотдачи с поверхности трения при расчете температур фрикционных элементов // Машиноведение. – 1980. – №6. – С. 93 – 96.
14. Сергиенко А.Н. Исследование влияния конструкции элементов сцепления автомобиля на стабильность характеристик [Текст] / А.Н. Сергиенко, Д.М. Митропан, Н.Е. Сергиенко, А.Н. Авраменко // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Автомобіле- та тракторобудування №1 – Вестник НТУ "ХПИ", 2010. – ISSN 2078-6840.
15. Колодийчук А.А. Оборудование и анализ методов экспериментального определения коэффициента трения в шарнирах гусеничных машин. – Челябинск: ЧИМЭСХ, 2007.

References (transliterated)

1. Ushakov B. N. Analiz napruzheniy v slozhnykh naturnykh konstrukcijah metodom chrupkikh pokrytij [Tekst] / B.N. Ushakov, I.Ye. Vasilyev, A. N. Salin // Problemy mashinostroenija, 2004. – no 1. – pp. 96–102.
2. Babichev M. A., Chruschev M. M. Issledovanie abrazivnogo iznashivaniya metallov. Izd. AN SSSR. 1980.
3. Vasilev S .P., Ermolov L.S. Povuschenie dolgovechnosti rabochih detaley pochvoobrabatuvajaschih maschin. – Moscow: Maschinostroenie, 1967.
4. Popov E. G. Nekotorie rezultatu issledovaniy prochnosti zvenga gysenizu tractorov klassa 3 t [Tekst] / E. G. Popov, A. M. Chererjapin, A.K. Kravzov // Tractoru i selchozmaschinu. – Moscow: Maschinostroenie, 1967. – no 5. – pp. 23–24.
5. Chruschev M. M., Babichev M. A. Issledovanie iznashivaniya metallov. – Moscow: Maschinostrenie, 1960.
6. Chruschev M. M., Babichev M.A. Abrzivnoe iznashivanie. – Moscow: Maschinostroenie, 1970.
7. Maschinovedenie №1. – Moscow: Nauka, 1969. – pp. 90.
8. Kragelskiy I. V. Raszetnue metodu ozenki trenija i iznosa. – Moscow: Maschinostroenie, 1977. – 231 pp.
9. Tkachev V. N. Iznos i povuschenie dolgovechnosti detaley selskohozjajstvennuh maschin. – Moscow: Maschinostroenie, 1971. – 258 pp.
10. Zenkevich O. K. Metod konechnyih elementov v tehnikе / O.K. Zenkevich. – Moscow: Mir, 1975. – 541 pp.

11. *Sergienko A. N.* Issledovanie vliyaniya konstruksii elementov stsepleniya avtomobilya na stabilnost harakteristik [Tekst] / *A.N. Sergienko, D.M. Mitropan, N.E. Sergienko, A.N. Avramenko* // Sbornik nauchnykh trudov "Vestnik NTU "HPI": Avtomobile- ta traktorobuduvannya №1 – Vestnik NTU "HPI", 2010. – ISSN 2078-6840.
12. *Sergienko N.E.* Osobennosti ispolzovaniya sovremennykh tehnologiy proektirovaniya pri sozdaniy karkasa kabin [Tekst] / *N.E. Sergienko, N.A. Tkachuk, A.N. Sergienko i dr.* // Sbornik nauchnykh trudov "Vestnik NTU "HPI": Transportne mashinobuduvannya №43 (1152)2015 – "Vestnik NTU "HPI": 2015. – ISSN 2079-0066.
13. *Aluker I.G.* Pribliznenniy uchet teplootdachi s poverchnosti trenija pri raschete temperature frikzionnnych elementov // *Mashinovedenie*. – 1980. – no 6. – pp. 93 – 96.
14. *Sergienko A. N.* Issledovanie vliyaniya konstruksii elementov stsepleniya avtomobilya na stabilnost harakteristik [Tekst] / *A.N. Sergienko, D.M. Mitropan, N.E. Sergienko, A.N. Avramenko* // Sbornik nauchnykh trudov "Vestnik NTU "HPI": Avtomobile- ta traktorobuduvannya №1 – Vestnik NTU "HPI", 2010. – ISSN 2078-6840.
15. *Kolodiychuk A.A.* Oborudovanie i analiz metodov opredeleniya koeffizienta trenija v scharnirach gusenichnuh maschin. – Cheljabinsk: CHIMESCH, 2007.

Поступила (received) 28.01.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Визначення навантаженості гусеничної ланки / М. Є. Сергієнко, А. В. Медведєва, А. М. Сергієнко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 5 (1227). – С. 47–53. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-0066.

Определение нагруженности гусеничного звена/ Н. Е. Сергиенко, А. В. Медведєва, А. Н. Сергиенко // Вестник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортное машиностроение- X.: НТУ «ХПІ», 2017 №.№ 5 (1227). – С. 47–53. – Библиогр.: 15 назв. – ISSN 2079-0066.

Determination of loading of track links/ N.E. Sergienko, A.V. Medvedeva, A. N. Sergienko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 5 (1227). – P. 47–53. – Bibliogr.: 15. – ISSN 2079-0066.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сергієнко Микола Єгорович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Автомобіле- і тракторобудування»; тел.: (057) 707-60-66; e-mail: nesergienko@gmail.com.

Сергиенко Николай Егорович – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры «Автомобиле- и тракторостроения»; тел.: (057) 707-60-66; e-mail: nesergienko@gmail.com.

Sergienko Mykola Egorovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", professor of the Automobile and Tractor Construction Department, tel.: (057) 707-60-66; e-mail: nesergienko@gmail.com.

Медведєва Алла Василівна – Харківський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри будівельної механіки; тел.: (057) 706-20-63; e-mail: nursus@ukr.net.

Медведєва Алла Васильєвна – Харьковський національний університет строительства и архитектуры, доцент кафедри строительной механики; тел.: (057) 706-20-63; e-mail: nursus@ukr.net.

Medvedeva Alla Vasylijevna – Kharkiv National University of Construction and Architecture, associate professor of the Structural Mechanics Department, tel.: (057) 706-20-63; e-mail: nursus@ukr.net.

Сергієнко Антон Миколайович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин»; тел.: (057) 707-69-01; e-mail: antonsergienkomax@rambler.ru.

Сергиенко Антон Николаевич – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры «Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин»; тел.: (057) 707-69-01; e-mail: antonsergienkomax@rambler.ru.

Sergienko Anton Mikolayovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", associate professor of Theory and Systems of Mechanisms and Machines Automated Design Department, tel.: (057)707-69-01; e-mail: antonsergienkomax@rambler.ru.