

РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАКТОРА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗВЕНА ГУСЕНИЦЫ

Гиматов Н.В.

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

Ключевые слова: динамическая модель, гусеничная машина, звено гусеницы, усталостные повреждения, гусеничный движитель, метод конечных элементов.

Аннотация. В статье рассмотрено использование динамической модели промышленного трактора для оценки усталостных повреждений звена гусеницы. Построена пространственная динамическая модель, учитывающая взаимодействие гусеницы с деформируемым грунтом. Получены временные реализации сил, действующих на звено. Выполнен расчёт усталостных повреждений методом конечных элементов. Показано, что динамический подход позволяет выявить зоны накопления усталостных повреждений.

CONSIDERATION OF THE FEASIBILITY OF USING A DYNAMIC MODEL OF AN INDUSTRIAL TRACTOR FOR ASSESSING FATIGUE DAMAGE TO THE TRACK LINK

Gimatov N.V.

South Ural State University, Chelyabinsk

Keywords: dynamic model, tracked vehicle, track link, fatigue damage, tracked undercarriage, finite element method.

Abstract. The paper considers the use of a dynamic model of an industrial tractor for assessing fatigue damage to the track link. A spatial dynamic model accounting for the interaction of the track with deformable soil is constructed. Time histories of the forces acting on the link are obtained. Fatigue damage calculations are performed using the finite element method. It is shown that the dynamic approach enables the identification of zones of fatigue damage accumulation.

Оценка напряжённо-деформированного состояния элементов гусеничного движителя является актуальной задачей при проектировании и эксплуатации промышленных тракторов. Звенья гусеницы в процессе работы воспринимают циклические нагрузки с различной амплитудой, что со временем приводит к накоплению усталостных повреждений и разрушению. В работе [1] рассмотрены подходы к моделированию напряжений в звене гусеничной цепи, однако такие расчёты, как правило, выполняются в статической постановке без учёта реальной динамики нагружения. Более точную картину взаимодействия гусеницы с опорной поверхностью дают пространственные динамические модели. В исследовании [2] представлен опыт моделирования гусеничной машины с деформируемой моделью грунта, но основное внимание уделено взаимодействию с почвой, а не нагрузкам на звенья. В настоящей работе предлагается использовать динамическую модель промышленного трактора для получения нагрузок на звено и последующей оценки его усталостных повреждений.

Для определения нагрузок, действующих на звено гусеницы, построена пространственная динамическая модель промышленного трактора. В модели

воспроизведены все основные элементы ходовой системы: ведущее и ведомое колёса, опорные и поддерживающие катки, гусеничная цепь, собранная из отдельных звеньев, а также балансирующая подвеска и корпус машины. Взаимодействие звена с грунтом описано с использованием модели давления-просадки Беккера и модели сдвига Мора-Кулона. Это позволяет учитывать просадку звена вследствие уплотнения грунта и силы трения по мере заглубления.

На рисунке 1 показаны силы, действующие на звено при проведении расчёта. К ним относятся: реакция от опорных катков, реакции в шарнирах соединения с соседними звеньями, нормальная реакция грунта и сила трения по грунту. Все силы изменяются во времени в процессе движения трактора. Временные реализации взяты для интервала, соответствующего прохождению звена через опорные катки – наиболее нагруженному участку гусеничного обвода.

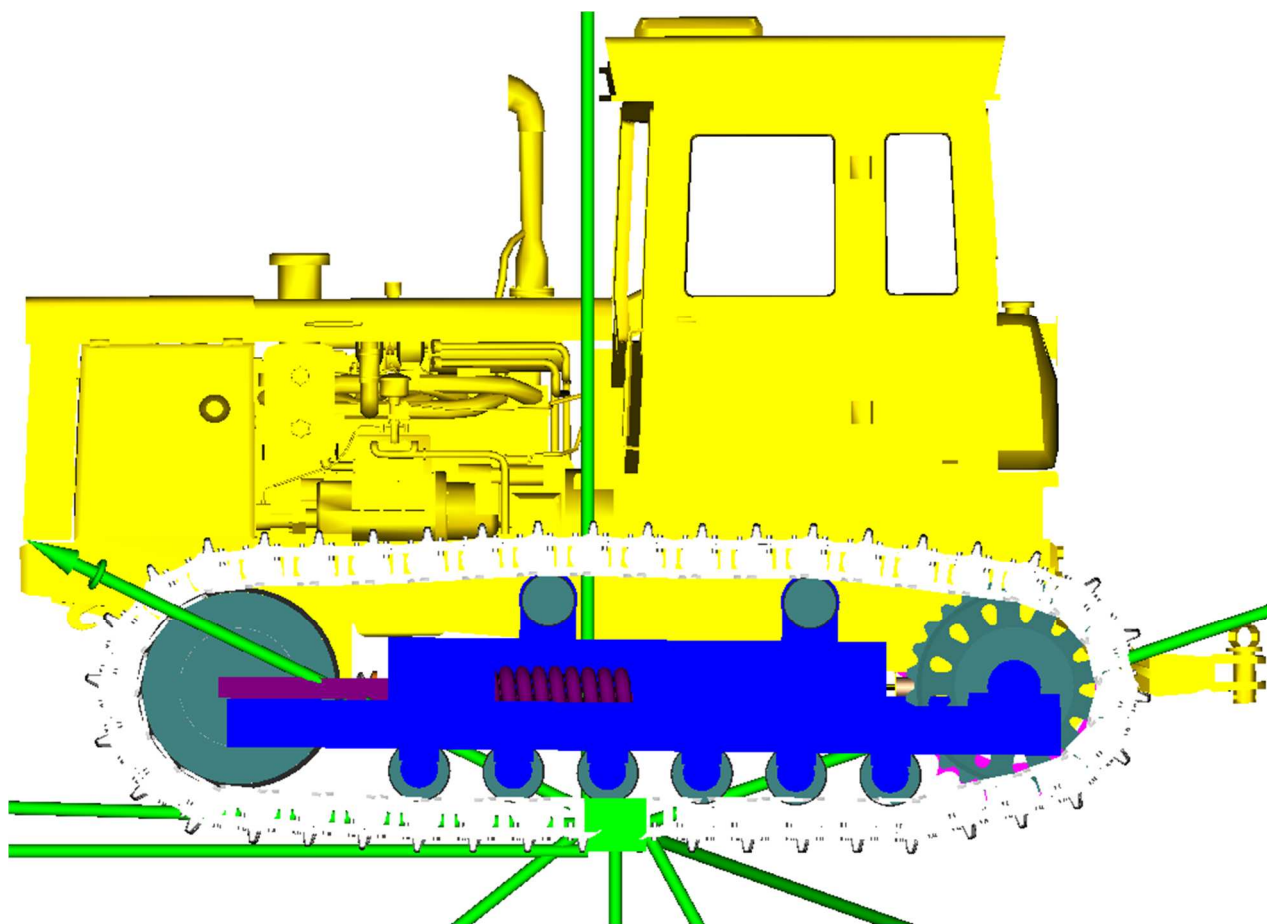


Рис. 1. Векторное представление сил, действующих на звено в динамической модели

Полученные нагрузки переданы на конечно-элементную модель звена. Статическими расчётами определены напряжения от каждого единичного воздействия, после чего методом суперпозиции выполнено комбинирование напряжений с временными рядами соответствующих нагрузок. Расчёт усталостной долговечности выполнен с использованием гипотезы о линейном суммировании повреждений. На рисунке 2 представлен результат расчёта повреждений звена гусеницы.

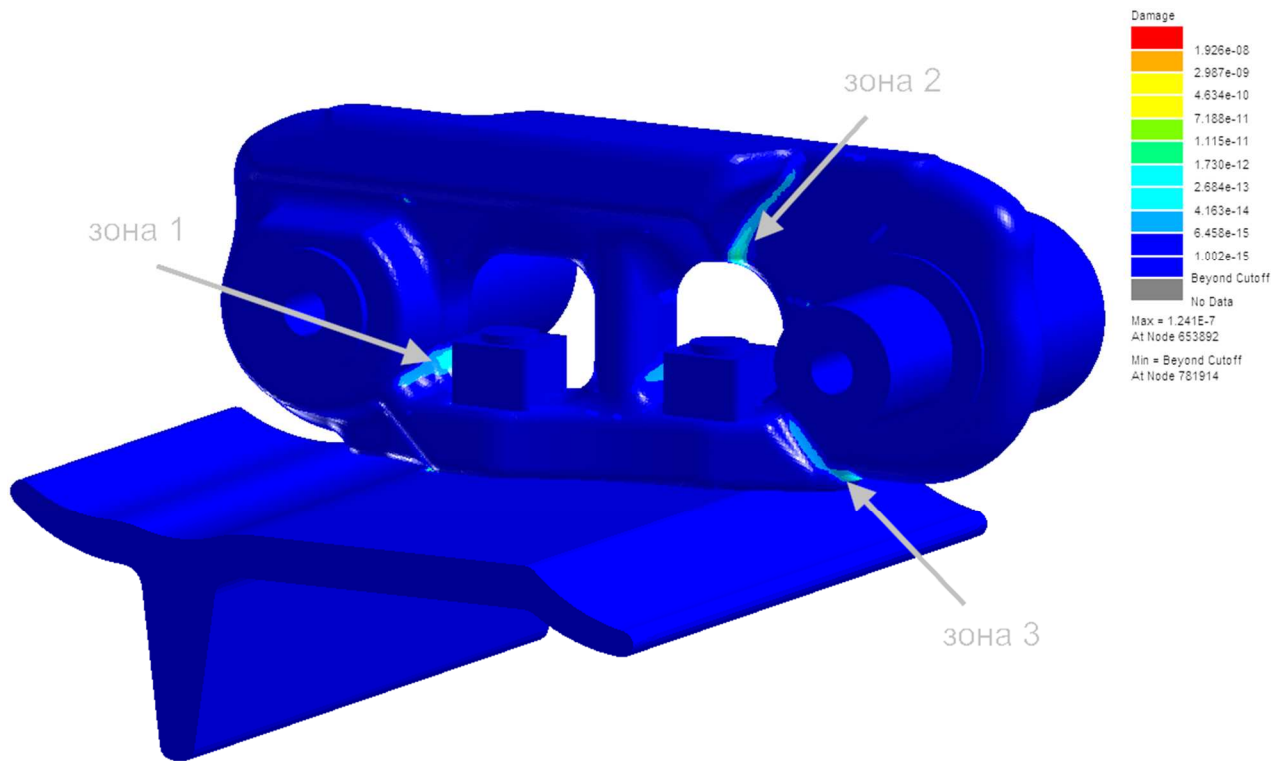


Рис. 2. Распределение зон усталостных повреждений в звене гусеницы

В отличие от стационарной постановки задачи, где нагрузки прикладываются постоянными или циклическими с фиксированной амплитудой [3], предложенный подход учитывает реальный случайный характер нагружения, возникающий при движении по деформируемому грунту. Это позволяет более точно прогнозировать ресурс звена и выявлять критические зоны.

В работе рассмотрена возможность использования динамической модели промышленного трактора для оценки повреждений звена гусеницы. Показано, что такой подход позволяет получить временные реализации сил, действующих на звено при проезде по почве. Дальнейшее развитие подхода может быть связано с уточнением параметров взаимодействия гусеницы с различными типами грунтов, при проведении натурных испытаний.

Список литературы

1. Маковецкая-Абрамова О.В., Хлопова А.В., Маковецкий В.А. Опыт моделирования напряжений в звене гусеничной цепи трактора // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2014. – №1(27). – С. 49-52.
2. Nicolini A., Mocera F., Somà A. Multibody simulation of a tracked vehicle with deformable ground contact model // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multibody Dynamics. 2019, vol. 233, iss. 1. DOI: 10.1177/1464419318784293.
3. Zhao H., Wang G., Wang H., Bi Q., Li X. Fatigue life analysis of crawler chain link of excavator // Engineering Failure Analysis. 2017, vol. 79, pp. 737-748. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2017.04.034.

Сведения об авторе:

Гиматов Никита Владиславович – магистрант, инженер кафедры «Техническая механика».