

УДК 629.114.4

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЫСОКОНЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ
СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ РАЗРУШЕНИЯ
СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В LS-DYNA
COMPUTER SIMULATION OF HIGHLY NONLINEAR PROCESSES
OF DEFORMATION OF THE POWER STRUCTURES
WITH ACCOUNT OF FRACTURE OF WELDED
JOINTS IN LS-DYNA

Литвинюк П.С., Лисовский Э.В., Шляжко С.А.
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г.Минск, Республика Беларусь
P.Litvinuk, E.Lisovski, S.Shlyazhko,
The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Аннотация. Рассмотрены особенности моделирования сварных соединений несущих конструкций с учетом их разрушения в LS-DYNA. Приведены методические рекомендации по заданию параметров модели материала сварных соединений с двумя критериям разрушения. Приведены результаты компьютерного моделирования испытаний устройства защиты кабины самосвала при опрокидывании с учетом разрушения сварных соединений. Выполнено сравнение результатов компьютерного моделирования и натурных испытаний.

Abstract. This article describes the features of modeling of welded joints, taking into account their destruction in LS-DYNA. The technique of setting the material properties of welded joints with two fracture criteria is given. The results of computer simulation of testing the structure of protection during rollover with the destruction of welded joints are displayed. The results of computer simulation and full-scale tests are compared.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, ROPS, LS-DYNA, кабина, сварка.

Key words: computer simulation, ROPS, LS-DYNA, cabin, weld.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке несущих конструкций одной из важных задач является получение достоверных оценок показателей прочности и прогнозирование расположения возможных зон разрушения. Особенно это актуально при проведении компьютерного моделирования испытаний конструкций, содержащих сварных соединения, при аварийных режимах нагружения. Одним из таких испытаний является испытание устройства защиты при опрокидывании (ROPS) на соответствие техническим требованиям ISO 3471 [1]. Помимо обеспечения прочности и жесткости силовой структуры необходимо реализовать минимизацию массы и обеспечение достаточной жесткости конструкции для поглощения заданной величины энергии. Ключевым моментом при решении комплекса данных задач является возможность моделирования разрушения сварных соединений при протекании высоконелинейных процессов деформирования силовых элементов конструкций.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОНЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

С целью систематизации процесса и исключения возможных ошибок при создании компьютерной модели системы защиты при опрокидывании, учитывающей возможность разрушения сварных соединений, был разработан комплекс методических рекомендаций. Общий алгоритм проведения расчетных исследований на основе виртуальных испытаний силовых конструкций по требованиям безопасности приведен на рисунке 1.

На этапе подготовки геометрической модели, для последующего создания конечно-элементной сетки, особое внимание уделяется области сварных соединений (рисунок 2). Сварные соединения моделируются согласно картам сварных соединений, в которых описан шаг, тип, расположение швов. Для облегчения задания свойств сварные соединения одного типа объединяются в отдельную группу. Свойств разрушения в LS-DYNA реализуются картой выбранного материала *MAT с модификатором *MAT_ADD_EROSION [2].

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМОБИЛЕЙ»

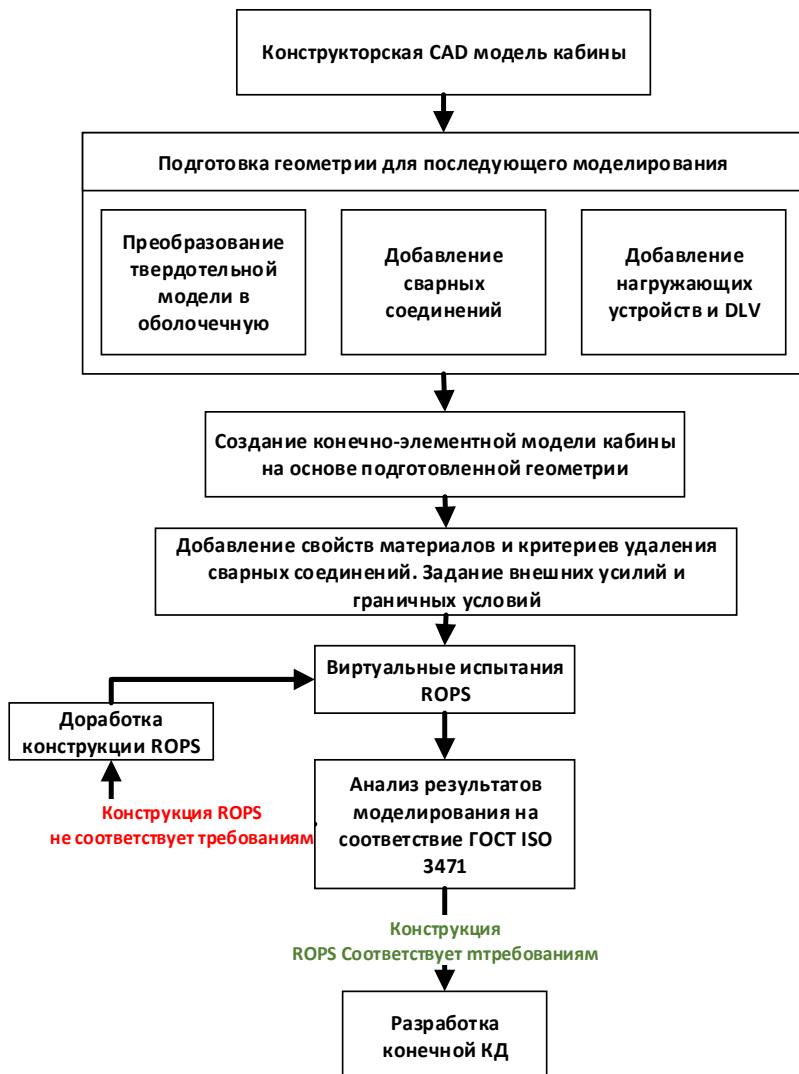


Рисунок 1 – Общий алгоритм расчета силовых конструкций кабин по действующим требованиям безопасности ROPS

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМОБИЛЕЙ»

Данный модификатор позволяет в поле NCS задать необходимое количество критериев разрушения сварного соединения. В рассматриваемом варианте используется два критерия: максимальное значение пластической деформации (EFFFEPS) и максимальное значение первых главных напряжений (SIGP1). Если оба значения в области сварного соединения равны или более значения указанного в соответствующих полях карты *MAT_ADD_EROSION, то происходит удаление элемента сварного соединения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Разрушение сварного соединения в компьютерной модели

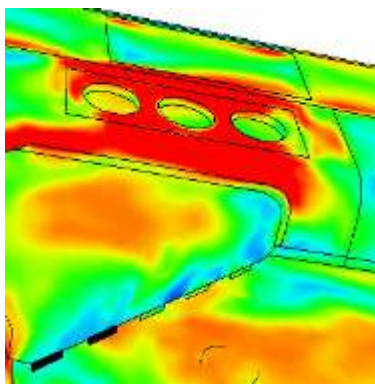


Рисунок 3 – Разрушение сварного соединения при натуральных испытаниях

Использование данного подхода позволяет исключить возможность удаления элементов сварного шва в случае сжатия при использовании базового критерия разрушения, указанного карте материала (пластической деформации).

Приведенные методические рекомендации задания критериев разрушения сварных соединений были апробированы на примере моделирования испытания устройства защиты при опрокидывании. На рисунке 3 отображена крупным планом часть силовой конструкции кабины после бокового нагружения кабины.

На рисунке 4а и 4б приведены результаты компьютерного моделирования и натуральных испытаний устройства защиты при опрокидывании соответственно. Как видно общий характер деформации кон-

*Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМОБИЛЕЙ»*

струкции компьютерной модели соответствует характеру деформации реального объекта испытаний. Также стоит отметить, что разрушение сварных соединений в компьютерной модели произошло в зонах эквивалентных реальной модели кабины.



Рисунок 4 – Результаты виртуальных (а) и натуральных (б) испытаний ROPS на соответствие техническим требованиям ISO 3471

Данного результата сходимости удалось достичь благодаря использованию двух критериев разрушения сварного соединения (пластические деформации и главные растягивающие напряжения). В случае использования одного критерия разрушения – критической величины пластической деформации, происходило несоответствующее реальности удаление сварных соединений, испытывающих высокие пластические деформации, вызванные сжатием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные методические рекомендации моделирования разрушаемых сварных соединений несущих конструкций позволяют получать достоверные результаты расчетных оценок показателей прочности и возможных зон разрушения. Рекомендации апробированы при компьютерном моделировании испытаний структуры защиты при опрокидывании на соответствие техническим требованиям ISO 3417. Получено удовлетворительное соответствие результатов натуральных и виртуальных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ ISO 3471– 2015. Машины землеройные. Устройства защиты при опрокидывании. Технические требования и лабораторные испытания. Взамен – ГОСТ ISO 3471– 2013; введ. 01.03.2016.

2. John O., LS-DYNA THEORY MANUAL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.lstc.com.

Представлено 16.05.2019

УДК 620.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ СИЛОВОЙ СТРУКТУРЫ
АВТОБУСОВ ПРИ ОПРОКИДЫВАНИИ
APPLICATION OF NUMERICAL MODELING METHODS
FOR ESTIMATING THE STRENGTH OF THE FORCE STRUCTURE
OF BUSES WHEN ROLLOVER

А.В. Омелюсик, мл. науч. сотр., А.В. Шмелев, канд. техн. наук,
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г.Минск, Республика Беларусь

A.Omelusik, Junior, A.Shmeliiov, Ph.D. in Engineering,
The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Аннотация. Проведена расчетная оценка кузова автобуса на соответствие требованиям Правил ООН №66 на основе проведенных испытаний образцов материала силовой структуры автобуса и испытаний элементов конструкции. Выработаны рекомендации по подготовке компьютерной модели и проведению расчета силовой структуры автобуса с применением метода конечных элементов.

Abstract. The estimated bodywork of the bus was carried out for compliance with the requirements of UN Regulation No. 66 on the basis of tests carried out on samples of the material of the bus structure and tests of structural elements. The recommendations on the preparation of a computer model and the calculation of the bus power structure using the finite element method were developed.