

Висновки. Запропонований підхід до класифікації динамічних навантажень є практично цінним, тому що в масштабі реального часу в робочому процесі ЗТМ можна діагностувати її технічний стан. Ідентифікація динамічних навантажень за допомогою нечіткої логіки є ефективним методом, що враховує невизначеність об'єкту діагностування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пелевін Л. Є. Визначення працездатності робочих органів землерийних машин / Л. Є. Пелевін, М. О. Пристайло // ГБДММ. – 2011. – №77. – С. 96-100.
2. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ронштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ–Винница, 1999. – 320 с.
3. Митюшкин Ю. И. Soft-Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний /Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, А. П. Ронштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ–Винница, 2002. – 145 с.
4. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учеб.пособие / Г. Э. Яхьяева. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 316 с.
5. Вікторова О. В. Методика побудови функцій приналежності інформативних параметрів динамічних режимів роботи дорожньої машини / О. В. Вікторова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №5/3(53). – С.11-15.

УДК 621.869.68

В.Н. КРАСНОКУТСКИЙ, канд. тех. наук,

С.Г. КОВАЛЕВСКИЙ, ст. преп., М.М. БЕССОНОВ, студент.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУПРИЦЕПНОГО СКРЕПЕРА

Цель статьи. Изучение влияния различных факторов на режим нагружения скрепера для разработки путей и средств снижения динамических нагрузок в металлоконструкции скрепера.

Основная часть. Для скрепера является характерным разделением рабочего процесса на два существенно отличающихся этапа – копанье и транспортировку. Разгрузку ковша

по характеру действующих сил можно отнести к этапу транспортировки. Каждому из этих двух этапов свойственна своя гамма внешних нагрузок и соответствующие деформации конструкции.

Задачи динамики процесса копания грунта скрепером впервые были решены при помощи линейной двухмассной модели (рис. 1), включающей массы тягача, ковша и соединяющее их упругое звено – тяговую раму. Такой подход позволил сравнительно простым путем получить величины нормальных и максимальных динамических нагрузок, действующих на скрепер при копании[1].

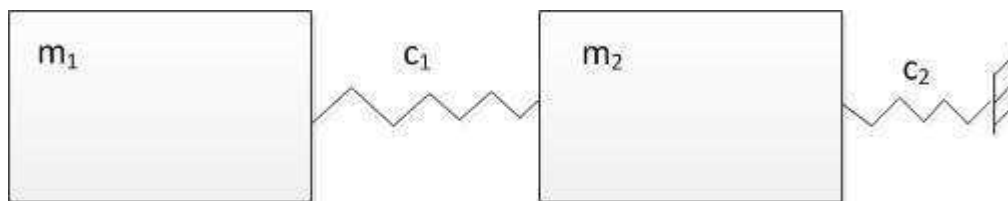


Рис. 1. Двухмассная линейная модель скрепера.

Такая модель наилучшим образом подходит к тихоходным прицепным скреперам, поскольку не учитывает моменты и силы, действующие в вертикальной плоскости. Использование в качестве тягачей скреперов скоростных энергонасыщенных тракторов, таких как ХТЗ-17221-09, приводит к возникновению значительных вертикальных и угловых перемещений в связи с высокой скоростью процесса копания.

Испытания скрепера ДЗ-87-1М, проведенные ХНАДУ, показали наличие весьма существенных перемещений агрегата в вертикальной плоскости, которые оказались решающими при выборе типа сцепного устройства. Использование для анализа процесса копания грунта полуприцепным скрепером линейной двухмассной модели не дает ответа на вопрос о величинах и характере изменения вертикальных нагрузок. Это обстоятельство требует создания других моделей, отвечающих предъявленным выше требованиям.

Для описания динамических процессов, происходящих при транспортных операциях, в основу могут быть положены многочисленные исследования случайных колебаний автомобилей. Кроме того, имеются работы, которые непосредственно касаются транспортного режима скреперов [2]. Эти работы, исследуют модели самоходных скреперов и не могут быть полностью перенесены на исследования полуприцепных скреперов.

Динамические модели, используемые для исследования динамики транспортных процессов, характеризуются учетом упругости подвески, но не учитывают упругости металлоконструкции самой машины. Специфическая форма тяговой рамы скрепера

обуславливает ее значительную упругость и это обстоятельство должно быть отражено в динамической модели.

В полуприцепном скрепере тяговая рама шарнирно присоединена к тягачу и имеет относительно него в плоской модели одну степень свободы (рис.2).

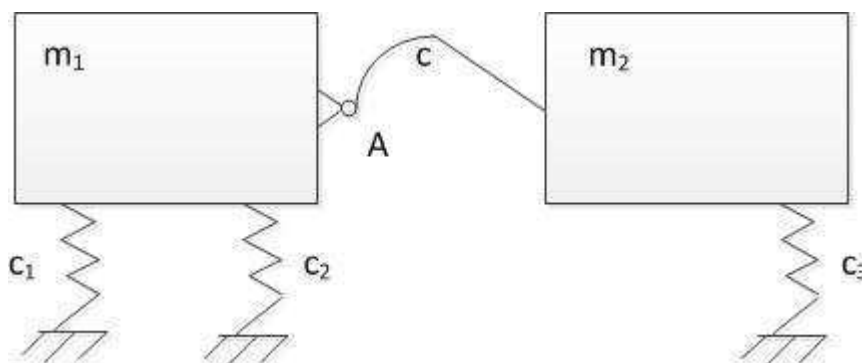


Рис. 2. Плоская динамическая модель полуприцепного скрепера.

В сцепном шарнире А будут действовать две силы P_x и P_y (рис. 3). Перемещение точки А относительно массы m_2 будет состоять из перемещения, вызванного деформацией рамы, и из кинематически возможного поворота ковша с тяговой рамой вокруг центра А. Упругие деформации рамы выражаются зависимостью

$$\begin{aligned} \Delta x &= A_{11}P_x + A_{12}P_y; \\ \Delta y &= A_{21}P_x + A_{22}P_y; \\ \Delta \varphi &= A_{31}P_x + A_{32}P_y; \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \delta x &= A_{41}P_x + A_{42}P_y + A_{43}P_z; \\ \delta y &= A_{51}P_x + A_{52}P_y + A_{53}P_z; \\ \delta z &= A_{61}P_x + A_{62}P_y + A_{63}P_z; \\ \delta \varphi_x &= A_{41}P_x + A_{42}P_y + A_{43}P_z; \\ \delta \varphi_y &= A_{51}P_x + A_{52}P_y + A_{53}P_z; \\ \delta \varphi_z &= A_{61}P_x + A_{62}P_y + A_{63}P_z; \end{aligned} \tag{2}$$

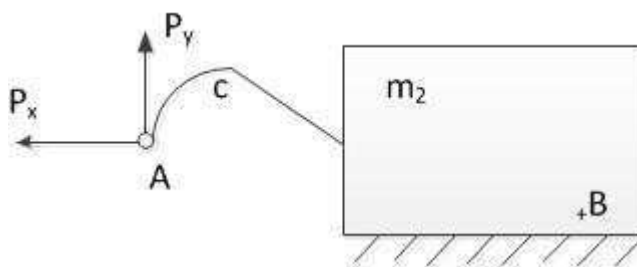


Рис. 3. Схема к определению матрицы жесткости полуприцепного скрепера.

Рассмотрим пространственную модель полуприцепного скрепера ДЗ-87-ИМ.

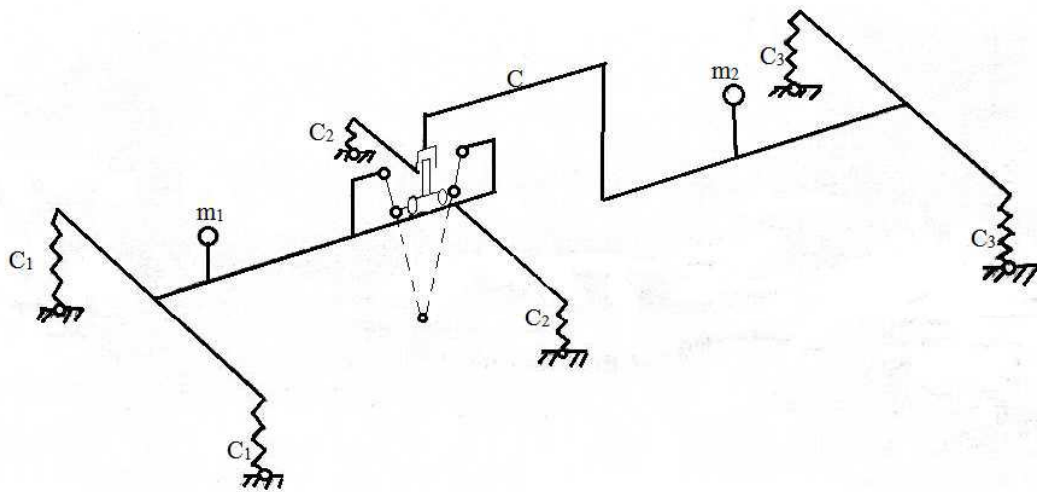


Рис. 4. Пространственная динамическая модель полуприцепного скрепера ДЗ-87-ИМ.

Ковш с тяговой рамой имеют относительно тягача 3 степени свободы. Шарниры сцепного устройства не передают моментов, и взаимодействие двух масс m_1 и m_2 происходит через силы P_x, P_y, P_z [3].

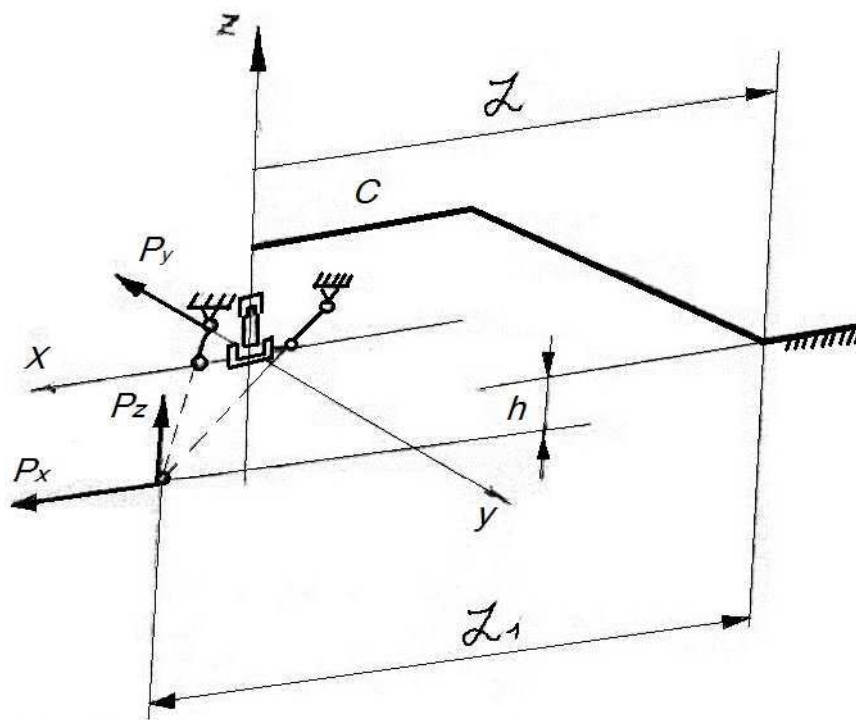


Рис 5. Схема к определению матрицы жесткости для пространственной модели полуприцепного скрепера ДЗ-87-ИМ.

Отсоединим массу m_1 , заменив ее действие силами P_x, P_y, P_z , а массу m_2 закрепим (рис.5). Перемещения в пространстве передней точки А тяговой рамы под действием сил P_x, P_y, P_z будет выражаться зависимостью перемещения массы m_2 с тяговой рамой вокруг шарниров сцепного устройства, вызванные кинематической возможными движениями $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$, т.е. поворотами вокруг осей x, y и z выразятся зависимостями

$$\begin{aligned} \delta_1 x &= A_{14} \varphi_{xk} + A_{15} \varphi_{yk} + A_{16} \varphi_{zk}; \\ \delta_1 y &= A_{24} \varphi_{xk} + A_{25} \varphi_{yk} + A_{26} \varphi_{zk}; \\ \delta_1 z &= A_{34} \varphi_{xk} + A_{35} \varphi_{yk} + A_{36} \varphi_{zk}; \\ \delta_1 \varphi_x &= A_{44} \varphi_{xk} + A_{45} \varphi_{yk} + A_{46} \varphi_{zk}; \\ \delta_1 \varphi_y &= A_{54} \varphi_{xk} + A_{55} \varphi_{yk} + A_{56} \varphi_{zk}; \\ \delta_1 \varphi_z &= A_{64} \varphi_{xk} + A_{65} \varphi_{yk} + A_{66} \varphi_{zk}; \end{aligned} \quad (3)$$

Полное перемещение центра тяжести ковша относительно тягача выразится зависимостью

$$\begin{aligned} \Delta x &= A_{11} P_x + A_{12} P_y + A_{13} P_z + A_{14} \varphi_{xk} + A_{15} \varphi_{yk} + A_{16} \varphi_{zk}; \\ \Delta y &= A_{21} P_x + A_{22} P_y + A_{23} P_z + A_{24} \varphi_{xk} + A_{25} \varphi_{yk} + A_{26} \varphi_{zk}; \\ \Delta z &= A_{31} P_x + A_{32} P_y + A_{33} P_z + A_{34} \varphi_{xk} + A_{35} \varphi_{yk} + A_{36} \varphi_{zk}; \\ \Delta \varphi_x &= A_{41} P_x + A_{42} P_y + A_{43} P_z + A_{44} \varphi_{xk} + A_{45} \varphi_{yk} + A_{46} \varphi_{zk}; \\ \Delta \varphi_y &= A_{51} P_x + A_{52} P_y + A_{53} P_z + A_{54} \varphi_{xk} + A_{55} \varphi_{yk} + A_{56} \varphi_{zk}; \\ \Delta \varphi_z &= A_{61} P_x + A_{62} P_y + A_{63} P_z + A_{64} \varphi_{xk} + A_{65} \varphi_{yk} + A_{66} \varphi_{zk}; \end{aligned} \quad (4)$$

Решая эту систему уравнений относительно неизвестных $P_x, P_y, P_z, \varphi_{xk}, \varphi_{yk}, \varphi_{zk}$ получим

$$\begin{aligned} P_x &= C_{11} \Delta x + C_{12} \Delta y + C_{13} \Delta z + C_{14} \varphi_x + C_{15} \varphi_y + C_{16} \varphi_z; \\ P_y &= C_{21} \Delta x + C_{22} \Delta y + C_{23} \Delta z + C_{24} \varphi_x + C_{25} \varphi_y + C_{26} \varphi_z; \\ P_z &= C_{31} \Delta x + C_{32} \Delta y + C_{33} \Delta z + C_{34} \varphi_x + C_{35} \varphi_y + C_{36} \varphi_z; \\ \varphi_{xk} &= C_{41} \Delta x + C_{42} \Delta y + C_{43} \Delta z + C_{44} \varphi_x + C_{45} \varphi_y + C_{46} \varphi_z; \\ \varphi_{yk} &= C_{51} \Delta x + C_{52} \Delta y + C_{53} \Delta z + C_{54} \varphi_x + C_{55} \varphi_y + C_{56} \varphi_z; \\ \varphi_{zk} &= C_{61} \Delta x + C_{62} \Delta y + C_{63} \Delta z + C_{64} \varphi_x + C_{65} \varphi_y + C_{66} \varphi_z; \end{aligned} \quad (5)$$

Первые три уравнения позволяют определить силы, действующие в шарнирах сцепного устройства. Их можно представить в матричной форме $P = C \Delta$

Матрица жесткости C для данного случая будет состоять из трех строк и шести столбцов.

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \end{pmatrix} \quad (6)$$

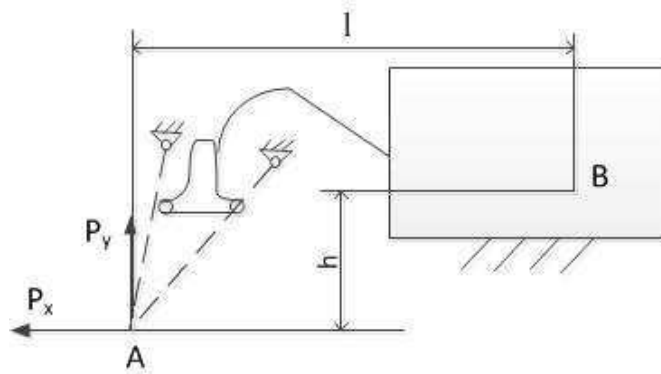


Рис. 6. Схема к определению матрицы жесткости тяговой рамы полуприцепного скрепера ДЗ-87-ИМ.

позволило составить выражение (7) для тяговой рамы скрепера ДЗ-87-ИМ

$$\begin{aligned} P_x &= 14551\Delta x + 13426\Delta y - 5.81 \cdot 10^6 \Delta \varphi; \\ P_y &= -1416\Delta x - 2062\Delta y + 8.83 \cdot 10^5 \Delta \varphi; \\ \varphi_k &= -4.49 \cdot 10^3 \Delta x + 1.543 \cdot 10^4 \Delta y + 0.9892 \Delta \varphi; \end{aligned} \quad (7)$$

В (7) коэффициент перед относительными перемещениями Δx являются элементами матрицы жесткости C , т.е.

$$C = \begin{pmatrix} 14551 & 13426 & -5.81 \cdot 10^6 \\ -1416 & -2062 & 8.83 \cdot 10^5 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Выводы: 1. Таким образом, динамическая модель полуприцепного скрепера должна отражать характерные особенности полуприцепной машины и включать в себя упругие элементы, характеризующие свойства тяговой рамы и подвески.

2. Полученная матрица позволяет составить уравнение движения скрепера в транспортном режиме и режиме копания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малиновский Е.Ю. и Гайцгори М.М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой.-Москва машиностроение 1974, 171 с.
2. Закин Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда. М, Машгиз, 1967, 302 с.
3. Краснокутский В.Н., Резников А.А., Семенюк А.А. Интенсификация рабочего процесса скрепера ДЗ-87 путём улучшения тягово-сцепных качеств. 3я научно-техническая конференция БГТУ- 2009г. С.75-77.