

В данной работе был проведен анализ гидравлической системы в программе LMS Imagine.Lab Amesim. За счет широкой библиотеки элементов программный комплекс AMESim позволяет производить сложные исследования рабочего процесса гидро- или пневмопривода. Анализ данных систем позволил увидеть и сравнить результаты и выявить, что дроссель, установленный на сливе, обеспечивает более плавную работу системы.

Литература

1. Гимадиев, А. Г. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах / А. Г. Гимадиев, П. И. Грешняков, А. Ф. Синяков. – Самара : Изд-во Сам. НЦ РАН, 2014.
2. Мельниченко, М. С. Компьютерное моделирование гидросистем с LS-регулированием / М. С. Мельниченко, Ю. А. Андреевец, Д. Л. Стасенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2019. – С. 45–48.
3. Хазеев, Е. В. Анализ имитационного моделирования гидравлических систем мобильных машин в различных программных комплексах / Е. В. Хазеев, Ю. А. Андреевец, К. В. Пупенко // Машиностроение: инновационные аспекты развития : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 26 апр. 2022 г. / Науч.-исслед. центр «Машиностроение». – СПб., 2022. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48655231_94822366.pdf.

УДК 629.114.2

АГРЕГАТИРОВАНИЕ БЕЛОРУССКИХ ТРАКТОРОВ С РОССИЙСКИМИ НАВЕСНЫМИ МАШИНАМИ

В. Б. Попов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

В. П. Бойков

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Результаты агрегатирования машинно-тракторных агрегатов на базе тракторов «БЕЛАРУС» зависят от параметров их подъемно-навесных устройств. Рациональный выбор последних улучшает количественные показатели агрегатирования.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, подъемно-навесное устройство, навесная машина, передаточное число, устойчивость.

AGGREGATION OF BELARUSIAN TRACTORS WITH RUSSIAN MOUNTED VEHICLES

V. B. Popov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

V. P. Boykov

Belarusian National Technical University, Minsk

The results of aggregation of machine-tractor units based on tractors "BELARUS" depend on the parameters of their lifting and attachment devices. The rational choice of the latter improves the quantitative indicators of aggregation.

Keywords: agricultural tractor, lifting and attachment device, mounted machine, gear ratio, stability.

Машинно-тракторный агрегат (МТА), состоит из сельскохозяйственного трактора и агрегируемых с ним навесной машины (НМ) или орудия. Наличие широкого шлейфа сменного рабочего оборудования позволяют МТА успешно решать проблему механизации труда в случаях, когда применение специализированных машин нецелесообразно.

Использование в сельском хозяйстве стран СНГ прогрессивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур с применением НМ или орудий на базе тракторов «БЕЛАРУС» позволяет модернизировать комплексы машин. Это содействует широкомасштабному применению почвообрабатывающих машин и комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов с активными и активно-пассивными рабочими органами.

Агрегатирование тракторов с НМ существенно зависит от выходных параметров подъемно-навесного устройства (ПНУ) трактора, определяющих количественную оценку и качественный характер агрегатирования. Подъемно-навесное устройство (ПНУ) как часть трактора функционирует в трех основных режимах [1] – рабочем, транспортном и режиме перевода навесной машины из рабочего положения в транспортное.

Для большинства отечественных МН его 2D-модель, полученная из 3D-модели проецированием центров шарниров МН на продольную плоскость симметрии трактора, представляет одноподвижный восьмизвенный шарнирно-рычажный механизм (рис. 1, б).

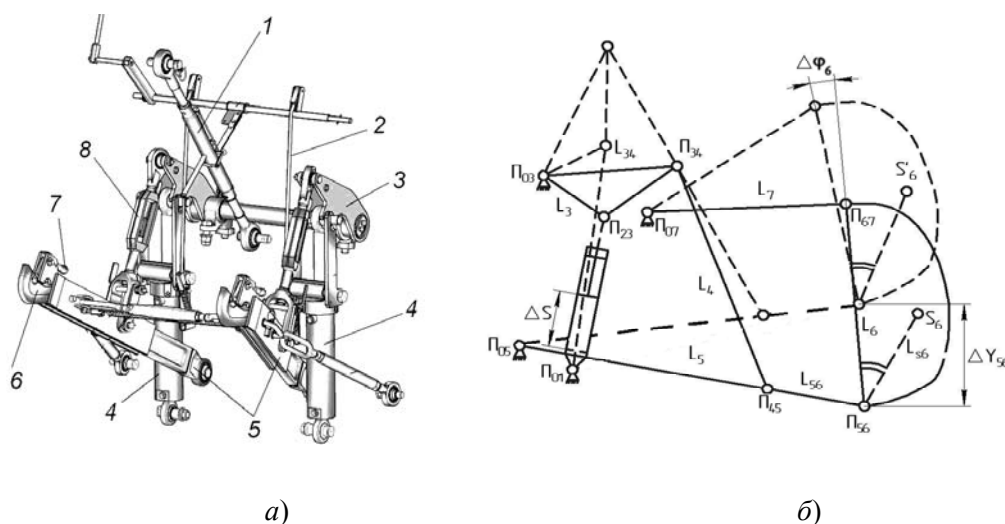


Рис. 1. Подъемно-навесное устройство трактора (а) и схема плоского аналога механизма навески в рабочем и транспортном положениях (б):

- 1 – тяга верхняя; 2 – тяга механизма фиксации; 3 – рычаг поворотный; 4 – гидроцилиндры; 5 – тяги нижние;
6 – захват; 7 – ручка фиксатора; 8 – раскос

Тяги МН через присоединительный треугольник (рис. 1, а) связаны с НМ, принимаемой за выходное звено МН. Рама трактора, звенья МН и НМ вместе образуют замкнутую кинематическую цепь. Расчет выходных параметров МН проводится на базе его плоского аналога. Изменение входной координаты (ΔS) МН однозначно связано с изменением его выходных координат ($\Delta\varphi_6, \Delta Y_{S6}, \Delta X_{S6}$).

Большинство выходных параметров МН определяются в режиме перевода НМ из рабочего положения в транспортное. Геометрический анализ замкнутой кинематической цепи выполняется по методу замкнутых векторных контуров [2]. В результате определены координаты подвижных шарниров МН и характерных точек замкнутой кинематической цепи, например, координаты оси подвеса МН – Π_{05} :

$$X_{S6}(S) = X_{05} + L_{S6} \cos \varphi_5(S); \quad Y_{S6}(S) = Y_{05} + L_{S6} \sin \varphi_5(S), \quad (1)$$

где X_{05}, Y_{05} – координаты неподвижного шарнира Π_{05} на раме УЭС; φ_i – угол, образуемый соответствующим звеном, в правой декартовой системе координат.

Координаты характерной точки – центра тяжести НМ определяются как:

$$X_{S6}(S) = X_{S6}(S) + L_{S6} \cos[\varphi_6(S) + \varphi_{S6}]; \quad (2)$$

$$Y_{S6}(S) = Y_{S6}(S) + L_{S6} \sin[\varphi_6(S) + \varphi_{S6}], \quad (3)$$

где L_{S6} и φ_{S6} – характеристики вектора, проведенного от оси подвеса в центр тяжести рабочего орудия.

Аналитические выражения (1)–(3) представляют собой функции положения звеньев для МН и необходимы для формирования процедур кинематического и силового анализа.

Передаточное число МН представляет собой аналог вертикальной скорости центра тяжести навесной машины [3], зависящий от внутренних параметров МН и координат центра тяжести навесной машины относительно оси подвеса:

$$I_{S6}(S) = \varphi_3'(S) [L_{S6} \cos \varphi_5 + U_{65} L_{S6} \cos(\varphi_6 + \varphi_{S6})], \quad (4)$$

где $\varphi_3'(S)$ – аналог угловой скорости поворотного рычага; U_{53}, U_{65} – передаточные отношения, показывающие соотношения угловых скоростей звеньев; $\varphi_5(S), \varphi_6(S)$ – углы, образуемые аналогами звеньев в правой декартовой системе координат.

Развиваемая на штоке гидроцилиндра сила зависит от давления в его напорной полости $p_{гц}$, площади поршня $F_{п}$ и приведенных к штоку сил трения $F_{тр}^{np}(S)$ и инерции $F_{ин}^{np}(S)$:

$$F_{шт} = p_{гц} F_{п} - [F_{тр}^{np}(S) + F_{ин}^{np}(S)]. \quad (5)$$

Грузоподъемность ПНУ определяется весом поднимаемой НМ при максимально развиваемой силе $F_{шт}^{max}$ на штоке гидроцилиндра МН:

$$G_S = \frac{p_{гц}^{max} F_{п} - [F_{тр}^{np}(S^{\circ}) + F_{ин}^{np}(S^{\circ})]}{I_{S6}(S^{\circ})}, \quad (6)$$

где S° – значение обобщенной координаты, соответствующее максимальному значению передаточного числа МН.

Из выражения (6) следует, что для повышения грузоподъемности ПНУ за счет внутренних параметров МН следует уменьшать максимальное значение передаточного числа $I_{S_6}(S)$, величина которого связана с расположением центра тяжести конкретной НМ. Одновременно, как это следует из выражения (4), рекомендуется уменьшать и передаточное число на оси подвеса, зависящее только от внутренних параметров МН.

В режиме транспортного переезда для расчета параметра управляемости трактора составляется уравнение равновесия моментов сил, действующих на МТА относительно точки опоры В ведущих колес. Решив уравнение моментов сил, получим:

$$R_A = \frac{P_{тр}(a + L) + P_{тр}b - P_6 X_{S_6}}{L}.$$

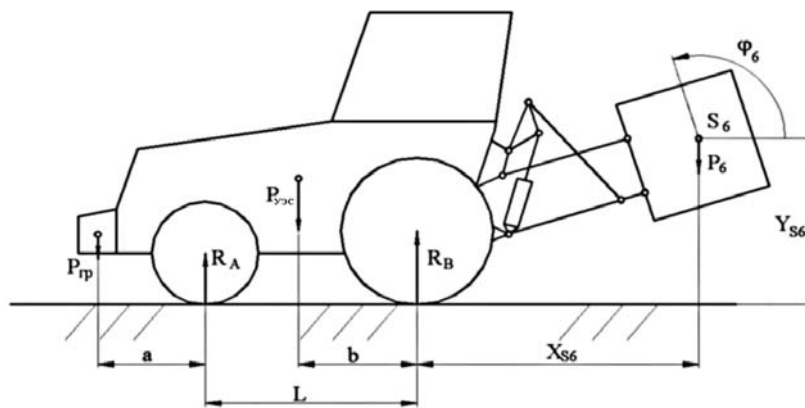


Рис. 2. Схема сил, действующих на МТА при поднятой навесной машине

Вместе с ограничением получим систему из уравнения и неравенства:

$$\begin{cases} R_A = \frac{P_{тр}b - P_6 X_{S_6} + P_{тр}(L + a)}{L}; \\ R_A \geq k(P_{тр} + P_6 + P_{тр}). \end{cases} \quad (7)$$

Решив систему (7), получим условие соблюдения управляемости МТА, которое состоит в ограничении веса, агрегируемой с трактором навесной машины:

$$P_6 \leq \frac{P_{тр}(b - kL) + P_{тр}[a + L(1 - k)]}{X_{S_6} + kL}. \quad (8)$$

В режиме транспортного переезда МТА из-за кинематического возбуждения со стороны микрорельефа [3] центры тяжести трактора и НМ совершают сложные колебания в продольной плоскости, получая ускорения, вызванные контактированием колес трактора с агрофоном. При этом нагрузка, передающаяся на тяги МН, также приобретает вероятностный колебательный характер, что приводит к переменному

характеру силового воздействия на раму трактора и перераспределению нормальных реакций между его мостами.

Расширение шлейфа навесного рабочего оборудования за счет зарубежных НМ позволяют тракторам «БЕЛАРУС» успешно решать проблему механизации труда в составе новых МТА. Примерами таких МТА могут служить тракторы «БЕЛАРУС 1523/1822» с плугом навесным ПЛН 5-35 и трактор «БЕЛАРУС 3022» с плугом ПЛН 8-35.

Расширение шлейфа навешиваемой техники косвенно способствует распространению как иностранной техники в Беларуси, так и отечественных тракторов за рубежом. При этом для оценки возможности агрегатирования белорусских тракторов с российскими НМ (в том числе плугами) необходимо, как минимум, выполнить расчеты по выражениям (4)–(7).

Литература

1. Попов, В. Б. Анализ режимов работы подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства УЭС-290/450 «Полесье» / В. Б. Попов // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. / Объед. ин-т машиностроения НАНБ ; редкол.: А. А. Дюжев [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 1. – С. 99–102.
2. Попов, В. Б. Математическое моделирование подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В. Б. Попов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 251 с.
3. Попов, В. Б. Влияние колебаний мобильного сельскохозяйственного агрегата на его управляемость и нагруженность звеньев механизма навески / В. Б. Попов // Вестн. Брян. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 6. – С. 43–51.

УДК 631.352.02

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ НОЖЕЙ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО БАРАБАНА НА ИХ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

К. М. Михайлов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Выполнен расчет собственных частот и форм колебаний системы крепления ножа с демпфирующим покрытием базовых поверхностей ножей и без него. Полученные результаты позволили установить влияние условий крепления на виброустойчивость системы крепления.

Ключевые слова: кормоуборочный комбайн, измельчающий аппарат, виброустойчивость, нож измельчающего барабана.

INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE KNIVES LOCKING SYSTEM OF THE CHOPPING DRUM ON THEIR VIBRATION RESISTANCE

K. M. Mikhailov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The calculation of natural frequencies and modes of oscillation of the knife attachment system with and without damping coating of base surfaces of knives is carried out. The results obtained made it possible to establish the influence of fastening conditions on the vibration resistance of the fastening system.

Keywords: Forage harvester, chopping drum, vibration resistance, chopping drum knife.