

СЕКЦИЯ № 2

«МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ТРАКТОРЫ, ПРИЦЕПНЫЕ И НАВЕСНЫЕ АГРЕГАТЫ»

УДК 629.114.2 – 182

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА, АГРЕГАТИРУЕМОГО С НАВЕСНОЙ МАШИНОЙ

В.П. Бойков¹, В.Б. Попов²

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Гомельский государственный технический университет,
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Автоматизированное проектирование мобильных энергетических средств (МЭС) – тракторов, универсальных энергетических средств, самоходных шасси и различных погрузчиков осуществляется на основе, в том числе, функционального математического моделирования их узлов и агрегаов. Подъемно-навесные устройства (ПНУ), являющиеся неотъемлемой частью МЭС, обеспечивают агрегатирование МЭС с навесной с/х техникой, формируя в результате разнообразные машинно-тракторные (МТА) и мобильные сельскохозяйственные агрегаты (МСХА).

Использование в составе МТА навесных машин и орудий ведет к перераспределению нормальных реакций со стороны опорной поверхности на колеса с/х трактора [1]. Для обеспечения требуемого направления движения МТА во время работы (рис.1) или транспортного переезда часть его общего веса, приходящаяся на мост управляемых колес трактора должна составлять не менее 20% от эксплуатационного веса трактора [2].

Цель работы - формализованное определение управляемости МЭС, агрегируемых с навесным оборудованием для разных режимов функционирования МТА (МСХА).

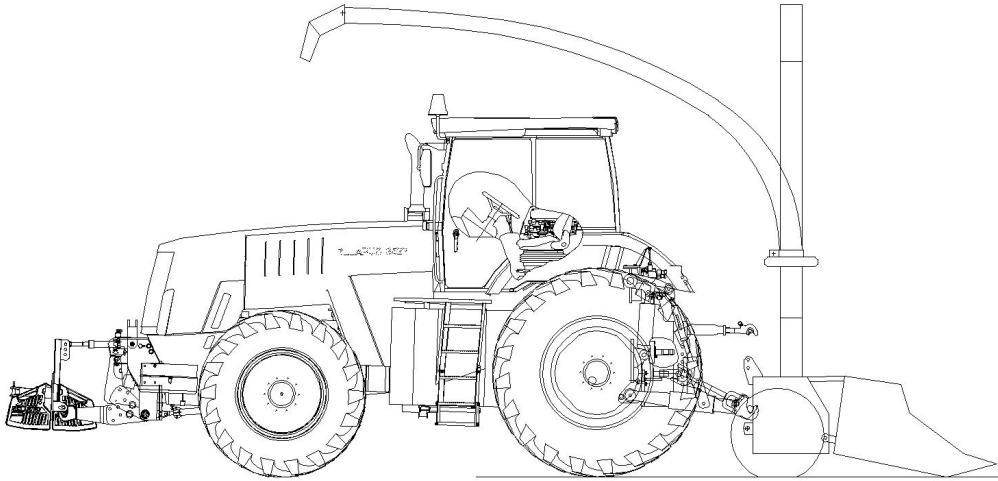


Рис. 1 - МТА с работающей (опущенной) навесной машиной

Использование в сельском хозяйстве Беларуси прогрессивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур с использованием комплексов машин на базе МЭС позволяет заменить в машинно-тракторном парке (МТП) устаревшую технику. При высокой годовой загрузке МЭС (950 ч и более) снизить материалоемкость МТП в 1,5-1,7 раза, повысить производительность труда на 40-60%, снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции на 25-35%, сократить сроки окупаемости затрат в сельском хозяйстве до 1,5-2 лет при снижении стоимости комплексов машин в 2,3-2,7 раза по сравнению с набором заменяемых самоходных уборочных (зерно-кормо-свеклоуборочных) комбайнов [3].

Использование МЭС содействует широкомасштабному применению почвообрабатывающих машин и комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов с активными и активно - пассивными рабочими органами, а также других машин отечественного и зарубежного производства.

Помимо обеспечения управляемости МЭС, навешивание машин и рабочих орудий на переднее (фронтальное) и заднее ПНУ не должно приводить к превышению:

- допустимого общего веса МТА (МСХА);
- допустимых осевых нагрузок;
- максимально допустимой нагрузки на шины МЭС.

В рабочем режиме МТА, состоящего трактора и задненавесной почвообрабатывающей машины или орудия, “нагрузка на крюке” колеблется, а рост тягового сопротивления регулярно вызывает догрузку его заднего и разгрузку переднего мостов. В результате возрастает буксование передних ведущих колес трактора и одновременно ухудшается его управляемость, что в целом снижает производительность МТА.

Наиболее распространенным способом решения этой проблемы является рациональное балластирование трактора со стороны переднего моста (рис.2), повышающее его тягово-сцепные свойства [4].

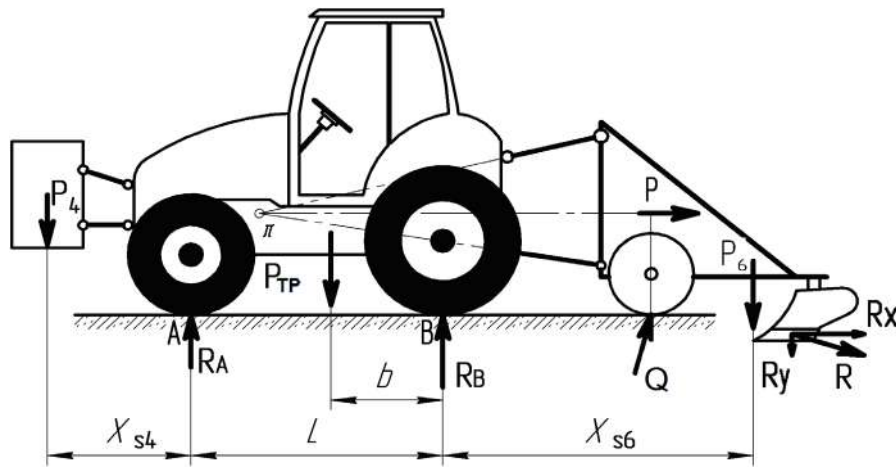


Рис. 2 - Расчетная схема нагрузок, действующих на МТА

В статике нагрузка на передней оси горизонтально расположенного трактора, с плугом в транспортном положении, при балластировании посредством переднего ПНУ определяется по выражению:

$$R_A = \frac{P_4 \cdot (X_{s4} + L) + P_{TP} \cdot b - P_6 \cdot X_{s6}}{L}$$

Горизонтальные координаты X_{s4}, X_{s6} - центров тяжести балласта и плуга в рабочем и транспортном положениях определяются по результатам геометрического анализа кинематических цепей, включающих плоские схемы соответствующих механизмов навески [1].

Во время пахоты (технологического процесса) для обеспечения управляемости и сцепления нагрузка на переднюю и заднюю оси трактора должны составлять соответственно минимум 20% и 40% от общего веса МЭС. В этом случае нагрузка на передние колёса трактора R_A определяется из уравнения моментов сил, действующих на МЭС, относительно точки В:

$$R_A = \frac{P_{TP} \cdot b + P_4 \cdot (X_{s4} + L) - P \cdot \rho}{L},$$

где ρ - плечо силы $P = f(R, P_6, Q)$ [5] относительно т. В.

Для определения силы R_B может быть использовано условие $\sum Y = 0$, согласно которому:

$$R_B = P_{TP} + P \sin \alpha - R_A$$

где, $P \sin \alpha$ - вертикальная компонента силы, представляющей геометрическую сумму веса навесного плуга (P_6), сопротивления на его рабочих органах (R) и реакции на колесе (Q).

В режиме перевода навесной машины из рабочего в положения в транспортное для расчёта параметра управляемости МЭС составляется уравнение равновесия моментов сил, действующих на МТА относительно точки опоры ведущих колес:

$$\sum M_B = P_{zp} \cdot (a + L) + P_{МЭС} \cdot b - P_6 \cdot X_{S6} - R_A \cdot L = 0$$

где: P_{zp} - вес балласта, $P_{МЭС}$ - вес МЭС, P_6 - вес навесной машины, L - база МЭС, a и b - расстояние от вертикальной проекции центра тяжести МЭС до вертикальных проекций центра тяжести балласта (противовеса) и оси моста ведущих колес соответственно.

Решив уравнение моментов сил, относительно реакции на управляемом колесе - R_A получим:

$$R_A = \frac{P_{zp} \cdot (a + L) + P_{МЭС} \cdot b - P_6 \cdot X_{S6}}{L}$$

Вместе с вышеупомянутым ограничением получим систему из уравнения и неравенства:

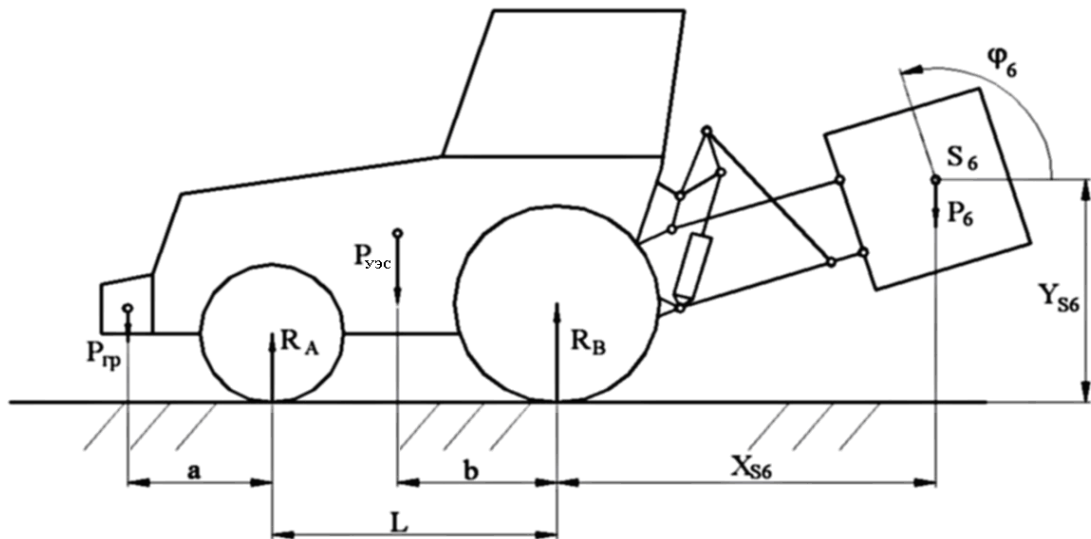


Рис. 3 - Схема сил, действующих на МТА при поднятой навесной машине

$$\begin{cases} R_A = \frac{P_{МЭС} \cdot b - P_6 \cdot X_{S6} + P_{zp} \cdot (L + a)}{L} \\ R_A \geq 0,2 \cdot P_{МЭС} \end{cases} \quad (7)$$

Решив систему (7) получим условие соблюдения управляемости МЭС, которое состоит в ограничении веса, агрегируемой с МЭС навесной машины или рабочего орудия:

$$P_6 \leq \frac{P_{МЭС} \cdot (b - 0,2 \cdot L) + P_{сп} \cdot (a + L)}{X_{S6}} \quad (8)$$

В режиме транспортного переезда требования по уровню нагрузки на передней и задней осях МЭС сохраняются. В процессе проектирования МЭС условия рационального агрегатирования с навесной техникой должны обеспечиваться, в том числе, выбором рациональных параметров подъемно-навесных устройств (ПНУ) трактора.

В режиме транспортного переезда МТА из-за кинематического возбуждения со стороны микрорельефа [6] центры тяжести МЭС и навесной машины совершают сложные колебания в продольной плоскости, получая ускорения, вызванные контактированием колес МЭС с соответствующим агрофоном, поэтому нагрузка на звенья механизма навески приобретает переменный (вероятностный колебательный) характер:

$$P_6^* = P_6 \pm m_6 \cdot \dot{Y}_{S6} \quad (9)$$

Это приводит к переменному характеру силового воздействия на раму МЭС и соответствующему перераспределению нормальных реакций между передним и задним мостами МЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математическое моделирование подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В. Б. Попов. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 251 с. : ил. – ISBN 978-985-535-315-8.
2. ГОСТ 12.2.111–85. Система стандартов безопасности труда. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности (Межгосударственный стандарт). – Минск, 2006. – 10 с.
3. Марченко О.С. Комплексы уборочных и почвообрабатывающих машин и комбинированных агрегатов на базе универсальных мобильных энергосредств мощностью 200-450 л.с. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра: сб. тезисов докладов 2-ой междунар. науч.- практ. конф., 4-5 окт. 2018 г. - Гомель, 2018. - С. 93-98.
4. Скотников, В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебное пособие / В.А. Скотников [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. - 383с., ил.
5. Попов, В.Б. Влияние параметров механизма навески и плуга на тягово-энергетические показатели пахотного агрегата / В.Б. Попов, // Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого, 2013. – № 4.– С. 58–64.
6. Попов, В. Б. Влияние колебаний мобильного сельскохозяйственного агрегата на его управляемость и нагруженность звеньев механизма навески / В. Б. Попов // Вестник Брянской ГСХА – 2017. №6. - С. 43-51.