

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАКТОРОВ

Полянский А.С. д.т.н., проф., Задорожня В.В. препод.,
Хворост А.Г. асп.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства

Для оценки нагружения трансмиссии, устойчивости движения и безопасной эксплуатации тракторов предложено использовать коэффициент динамичности. Предложена информационная система, построенная с использованием этого коэффициента, которая позволяет обеспечить работу трактора в заданных режимах.

Постановка проблемы

Перегрузки в узлах и элементах тракторов снижают долговечность деталей, и приводят к потере их работоспособности. Прежде всего, это относится к трансмиссии и ходовой части трактора. Внезапные отказы в этих агрегатах могут приводить к снижению безопасности работы. Поэтому совершенствование системы защиты агрегатов шасси трактора от перегрузок является актуальной задачей.

Динамические перегрузки, действующие в трансмиссии трактора, возникают, в основном, от силы тяги и изменение скорости движения машины. Поэтому для эффективного и безопасного использования тракторов необходимо ограничивать тяговую силу данных почвенных условиях.

Анализ публикаций и исследований

При проектировании тракторов выбор основных параметров осуществляется по критерию максимального тягового КПД.

Однако эти методы [1,2,3,7] предполагают статический режим нагружения машины. Даже при установившемся движении МТА равновесие динамическое, поскольку тяговая сила на крюке и максимальная тяговая сила на ведущих колёсах изменяются с определённой частотой и амплитудой по случайному колебательному процессу. Указанные колебания вызывают колебания скорости движения и соответствующие перегрузки в трансмиссии.

В работе [2] доказывается, что для тягового режима трактора, соответствующего η_{Tmax} достаточно точно соблюдаются равенства.

$$N_{\sigma} = N_F \quad \eta_{\sigma} = \eta_F$$

В работе [4] для приближенного определения силы тяги гусеничного трактора, соответствующей η_{Tmax} принимается прямолинейная зависимость номинальных скоростей от тяговой нагрузки.

В работе [5] обращалось внимание на то, что кривая тягового КПД

трактора в зависимости от тяговой нагрузки весьма полого, что затрудняет точное определение максимального значения КПД и может приводить к неправильным выводам.

Авторы работы [6] указали, что работа трактора с неустановившейся нагрузкой характеризуется переходными динамическими процессами в системе или колебаниями "в большом". Такие процессы могут происходить вследствие резкого и глубокого нарушения баланса крутящего момента двигателя и момента сопротивления, поэтому они являются нестационарными. Можно привести много примеров работы трактора при неустановившейся нагрузке: включение и выключение (полное или неполное) муфты сцепления, резкое изменение цикловой подачи топлива, заглубление или подъём плуга, включение вала отбора мощности при большой нагрузке на него и т.д. Однако, наиболее характерным является трогание и разгон МТА, когда большинство координат системы изменяет свое значение от нуля до максимального. Поэтому тяговую динамику трактора при движении с неустановившейся нагрузкой рассмотрим на примере разгона.

Необходимость максимально использовать тяговые возможности трактора и одновременно обеспечить высокое качество технологического процесса ставит перед разработчиками систем контроля работы (СКР) трактора сложную проблему, заключающуюся в согласовании динамических и производственных характеристик тракторного агрегата с функциональными и динамическими возможностями оператора-тракториста как звено системы человек-машина.

Поэтому помимо имеющихся на тракторах комплекса КИП на них необходимо устанавливать измерительно-информационную систему контроля скоростных и нагрузочных режимов дизеля, включающую измерители мощности, крутящего момента и частоты вращения коленчатого вала.

Необходимо защищать тракторы от статических и динамических перегрузов в трансмиссии, а также от вертикальных динамических перегрузов действующих на остова.

Что же касается защиты от постоянных перегрузов в трансмиссии, то следует ее разрабатывать на основе применения известных способов, поскольку они позволяют определить все необходимые данные для защиты, а именно мощности двигателя, угловую скорость коленчатого вала и скорость трактора, с участием человека-оператора путем информирования его через сигнальное устройство.

В основу методов защиты от динамических перегрузов целесообразно положить систему, использующую человека-оператора (тракториста) и сигнализаторы перегрузов (система биологической защиты – СБЗ).

В работе [7] установлено, что временем реакции (запаздывания) человека называют промежуток времени между началом сигнала (стимула) и завершением реакции. Это время складывается из трех составляющих – времени на восприятие сигнала, времени принятия решения, времени совершения действия. Первые два интервала составляют моментальный (скрытый) период реакции, который длится десятые доли секунды. Время на совершение действия зависит от его сложности и от того, какая часть тела совершает действие. Это время колеблется от

нескольких сотых до десятых долей секунды. Это время целесообразно оценивать по скорости движения руки или ноги и по расстоянию до приборов.

Среднее значение времени нажатия кнопки без движения кисти $\sim 0,12$ с, при повороте туловища $\sim 0,16$ с. Элементарное движение руки в среднем, занимает 0,4-0,6 с. Общее время простой реакции при вынесении руки к оптимально расположенным, приборам обычно занимает 0,6-0,8 с при среднем, квадратическом отклонении 0,08 с [7].

Большое значение имеет тот факт, что все трактористы в большинстве случаев при улучшении комфорта сиденья увеличивают скорость движения. Из этого следует, что установка комфортабельных сидений приводит к более высоким нагрузкам деталей трактора и тем самым к более низкой их долговечности.

Таким образом, человек-оператор имеет достаточно быструю на внешние воздействия, существенно влияет на нагруженность элементов машины, поэтому его можно использовать в системе защиты трактора от перегрузов.

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является повышение надежности и безопасного использования машинно-тракторных агрегатов.

Обзор существующих методов исследования движения трактора позволил сформировать и решить следующие задачи исследований.

1. Дать определение и математическую модель коэффициента динамичности трактора.
2. Оценить взаимосвязь коэффициента динамичности трактора с его техническим состоянием.
3. Обосновать структурную схему сигнализатора уровня нагружения трактора.

Внедрение интенсивных технологий в сельскохозяйственное производство требует использования мощных, надежных тракторов.

Выполнение энергоемких технологических операций таких, как пахота, особенно когда эти работы выполняются на уклонах, перегрузки в узлах и элементах этих тракторов снижают их долговечность, что приводит к преждевременной потере работоспособности, большим простоям машин, снижению безопасности эксплуатации. Прежде всего, это относится к трансмиссии и ходовой части трактора. Поэтому совершенствование системы защиты агрегатов шасси трактора от нагрузок является актуальной задачей.

Кроме того, установлено, что в трансмиссии трактора и его ходовой части действуют переменные нагрузки в результате переменной тяги и движении по неровностям, а также от резкого включения муфты сцепления, что приводит к возрастанию больших колебаний в трансмиссии и колебаниям остова трактора, которые при превышении определенных уровней существенно сказываются на надежности трактора.

С целью защиты трансмиссии от горизонтальных динамических перегрузок, определено допустимое среднее значение горизонтального ускорения при трогании с места и разгоне трактора.

Динамические свойства трактора характеризуют его способность двигаться в различных условиях под действием приложенных сил, а также изменять параметры и траекторию своего движения при выполнении технологических операций (вспашка, культивация и др.).

Динамические свойства проявляются при разгоне машины и торможении при движении как на прямолинейном участке пути, так и на повороте. Особого рассмотрения требует динамика трактора, выполняющего обработку полей на уклонах. Коллектив авторов [1,8] рекомендует ввести понятие коэффициента динамичности $K_{дин}$ представляющего собою отношение тяговой силы трактора и сумме сил сопротивления движению.

Чтобы получить математическое выражение коэффициента динамичности запишем уравнение динамичности трактора:

$$m_T \cdot \frac{dV_T}{dt} = P_{KP} - P_{СОПР}$$

$$P_{KP} = P_{ТЯГ} \cdot m_T \cdot g \cdot f$$

$$m_T \cdot \frac{dV_T}{dt} = P_{ТЯГ} m_T \cdot g \cdot f - P_{СОПР} \quad (1)$$

Разделим левую и правую часть на m_T , получим:

$$\frac{dV_T}{dt} = \frac{P_{ТЯГ} - P_{СОПР}}{m_T} - gf$$

Затем приведем к виду:

$$\frac{1}{g} \cdot \frac{dV_T}{dt} = \frac{P_{ТЯГ} - P_{СОПР}}{m_T \cdot g} - f \quad (2)$$

Представим это уравнение в виде гармонической функции:

$$\frac{dV_T}{dt} = \frac{P_{ТЯГ} - P_{СОПР}}{m_T \cdot g} = A_0 \cdot \sin(\omega_a t) \quad (3)$$

Приведем уравнение (1) к виду:

$$m_T \cdot \frac{dV_T}{dt} = P_{СОПР} \left(\frac{P_{ТЯГИ} - mgf}{P_{СОПР}} - 1 \right),$$

или:

$$\frac{dV_T}{dt} = \frac{P_{СОПР}}{m_T} \left(\frac{P_{ТЯГИ}}{P_{СОПР}} - \frac{mgf}{P_{СОПР}} - 1 \right),$$

отсюда:

$$K_{дин} = \frac{m_T}{P_{СОПР}} \cdot \frac{dV_T}{dt} + 1 + \frac{m_T gf}{P_{СОПР}} = \frac{m_T}{P_{СОПР}} \left(\frac{dV_T}{dt} + gf \right) + 1 \quad (4)$$

Допустимое значение $K_{дин}$ определяется исходя из условия малого влияния динамических нагрузок при трогании и разгоне на эквивалентный ресурс элементов трансмиссии.

При значениях $K_{дин}$ больших единицы $K_{дин} > 1$, трактор способен к разгону. При значениях равных единицы $K_{дин} = 1$, может двигаться равномерно.

Если значения меньше единицы $K_{дин} < 1$, то движение трактора неустойчиво, поскольку либо недостаточна мощность на ведущих колесах, либо ведущие колеса имеют малый сцепной вес.

Если установить на раму трактора датчик, который зафиксирует горизонтальное ускорение, а при повышении им допустимого значения включит сигнализацию оповещения тракториста о перегрузке.

Принцип работы устройства для сигнализации о перегрузках в трансмиссии и ходовой части трактора основан на измерении числа превышений ускорениями определенных заранее заданных уравнений. Блок-схема устройства сигнализации приведена на рис. 1 [7].

Применение устройства позволяет уменьшить потери ресурса трансмиссии долговечности быстроизнашиваемых демалей в среднем в 2 раза.

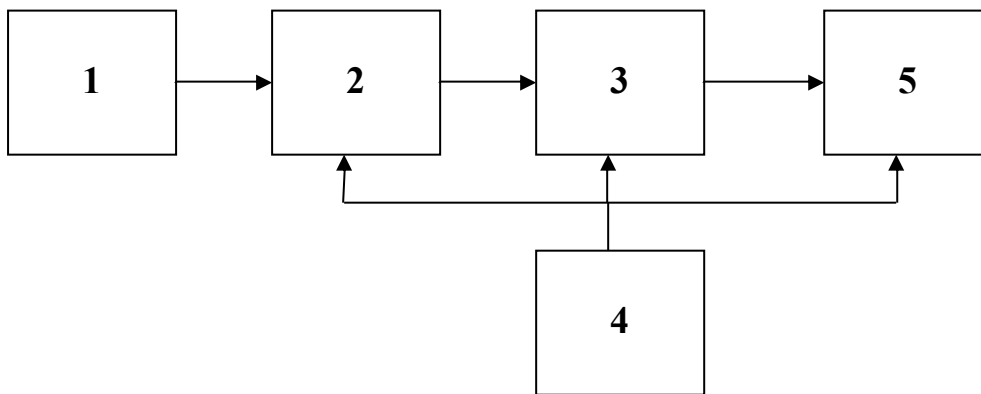


Рис. 1 – Блок-схема сигнализатора

Датчик 1, снабженный контактным устройством, при превышении ускорения допустимого уровня выдает импульсный сигнал в усилитель 2. В усилителе 2 установлена лампочка сигнализации 3. 5 – электромеханический счетчик; 4 – блок питания устройства.

Выводы:

1. Предложен коэффициент динамичности трактора, равный отношению его тяговой силы к сумме сил сопротивления движению, который позволил получить взаимосвязь между коэффициентом динамичности и продольным линейным ускорением трансмиссии трактора в целом позволяет оценить нагружение деталей и построить информационно-диагностическую мониторинговую систему обеспечения устойчивого движения машинно-тракторного агрегата в наилучших эксплуатационных режимах.

Список использованной литературы

1. Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Фауст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В. Динамика автомобиля. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.
2. Харитончик Е.М., Васильев В.К. О методах определения оптимальных параметров и номинальных тяговых усилий трактора. // Тракторы и сельхозмашины. – 1969. – №2. – С.15-17.
3. Шаров М.А., Григорьев Е.А. К вопросу об оптимальных параметрах гусеничного трактора класса 3т. // Тракторы и сельхозмашины. – 1967. – №11. – С.9-11.
4. Косонь И.М. К вопросу приближенного определения величины оптимальной силы тяги гусеничного трактора. // Тракторы и сельхозмашины. – 1968. – №8. – С.11-13.
5. Мининзон В.И. О номинальном тяговом усилии сельскохозяйственного трактора. // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1965. – №5. – С.17-20.
6. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. М.: Машиностроение. 1973. – 279 с.
7. Мохамед Хасан Разработка методов и средств защиты агрегатов шасси трактора от перегрузок с использованием человека – оператора. Дисс. ... канд. техн. наук. – Харьков, 1988.
8. Артёмов Н.П., Лебедев А.Т., Алексеев О.П., Волков В.П., Подригало М.А., Полянський А.С. Метод парціальних прискорень і його застосування при дослідженні динаміки мобільних машин. // Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Науково – прикладні аспекти автомобільної галузі», Луцьк, 17-20 травня 2010 р - С.4.

Анотація

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРІВ

Полянський А.С., Задорожня В.В., Хворост А.Г.

Для оцінки навантаження трансмісії, стійкості руху та безпечної експлуатації тракторів запропоновано використовувати коефіцієнт динамічності. Запропонована інформаційна система дозволяє забезпечити роботу трактора в заданих режимах.

Abstract

INCREASE OF RELIABILITY AND SAFE USE OF TRACTORS

A. Polyansky, W. Zadorozhna, A. Khvorost

For estimation of loading of transmission, stability of motion and safe exploitation of tractors is suggested to use the coefficient of dynamic quality. The offered informative system allows to provide work of tractor in the set modes.