

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ  
ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

А.И. Рахлей, канд. техн. наук, доц.,  
А.С. Поварехо, канд. техн. наук, доц.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь

A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,  
A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor  
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация. Повышение безопасности движения тракторов и тракторных агрегатов становится весьма актуальным в условиях повышения их скоростей движения и эксплуатации в общем транспортном потоке с другими транспортными средствами на дорогах общего пользования. В статье на основе анализа параметров торможения тракторного поезда предлагается система диагностирования для оценки его тормозных качеств.*

*Abstract. Improving the safety of tractors and tractor units becomes very important in terms of increasing their speed of movement and operation in the General traffic flow with other TRANSPORT facilities on public roads. In the article on the basis of the analysis of parameters of braking of the tractor train the system of diagnostics for an assessment of its brake qualities is offered.*

*Ключевые слова: тракторный поезд, тормозные силы, диагностирование, эффективность торможения.*

*Key words: tractor train, braking forces, diagnosis, braking performance.*

## ВВЕДЕНИЕ

Увеличение интенсивности и повышение средних скоростей движения тракторных поездов обуславливают, в первую очередь, повышение требований к техническому состоянию тормозных систем тракторов и прицепов. Своевременное выявление неисправностей тормозных систем и их устранение позволяет существенно повысить

Секция «ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ» скорость движения тракторных поездов, и увеличить их производительность без дополнительного расхода топлива.

Применяемые в настоящее время методы оценки эффективности тормозных систем в дорожных условиях по тормозному пути и максимальному замедлению транспортного средства не достаточно достоверны в виду зависимости их от состояния дорожного покрытия, эффективности тормозных механизмов и загрузки трактора и прицепа. При этом исключается возможность определения эффективности торможения каждой оси и звена тракторного поезда.

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ

Оценку качества торможения необходимо производить по распределению тормозных сил между осями тягача и прицепа, что требует определения статических и динамических тормозных характеристик. Статическая тормозная характеристика оценивает зависимость общей  $\gamma_{тп}$  или осевых  $\gamma_i$  удельных тормозных сил от хода тормозной педали или усилия, а динамическая тормозная характеристика – это изменение указанных удельных тормозных сил во времени [1]. Идеальный процесс торможения достигается в том случае, когда при торможении будет одновременное нарастание удельных тормозных сил, как по величине, так и по времени:

$$\gamma_T(t) = \gamma_{п}(t) = \gamma_i(t) = \frac{P_T(t)}{m_T \cdot g} = \frac{P_{п}(t)}{m_{п} \cdot g} = \frac{P_i(t)}{N_i(t)}, \quad (1)$$

где  $\gamma_T, \gamma_{п}, \gamma_i$  – удельные тормозные силы трактора, прицепа и  $i$ -ой оси поезда;  $m_T, m_{п}$  – масса трактора и прицепа;  $P_T, P_{п}$  – суммарная тормозная сила трактора и прицепа;  $N_i$  – нормальная реакция на  $i$ -ой оси прицепа;  $g$  – ускорение свободного падения.

Замедление тракторного поезда при известных  $\gamma_T$  и  $\gamma_{п}$  можно определить по формуле:

$$\ddot{x}_{тп} = - \frac{m_T \cdot \gamma_T + m_{п} \cdot \gamma_{п}}{m_T + m_{п}} \quad (2)$$

При идеальном процессе торможения тракторного поезда в тягово-сцепном устройстве будут отсутствовать усилия сжатия или

Секция «ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ» растяжения. Однако при реальном процессе торможения в тягово-сцепном устройстве возникают значительные по величине знакопеременные силы, которые при определенных условиях могут вызвать складывание звеньев поезда. Величина и характер этих сил зависят от одновременной степени использования сцепного веса трактора и прицепа, вызванной асинхронностью срабатывания тормозного привода, различного темпа нарастания тормозных сил на колесах, а также изменения загрузки трактора и прицепа при эксплуатации. Предпочтительным с точки зрения устойчивости движения при торможении, является такой процесс торможения, при котором в тягово-сцепном устройстве тракторного поезда присутствуют усилия растяжения.

Величина усилий в тягово-сцепном устройстве тракторного поезда определяется выражением:

$$P_{\text{сц}} = \frac{m_{\text{Т}} \cdot m_{\text{п}}}{m_{\text{Т}} + m_{\text{п}}} \cdot (\gamma_{\text{п}} - \gamma_{\text{Т}}) \cdot g. \quad (3)$$

Проведенный анализ показывает, что для оценки качества распределения тормозных сил между осями и эффективности торможения каждой оси тракторного поезда основными информационными параметрами являются удельные тормозные силы трактора  $\gamma_{\text{Т}}$ , прицепа  $\gamma_{\text{п}}$  и каждой их оси  $\gamma_i$ , а также усилие в тягово-сцепном устройстве. Для их формирования и регистрации необходимо использовать контрольно-диагностическую систему.

Контрольно-диагностическая система представляет собой электронный блок, на вход которого поступает информация характеризующая процесс торможения, на основании которой можно получать статические и динамические тормозные характеристики тракторного поезда. Снимая с электронного блока информацию об изменении зависимостей  $\gamma_{\text{ТП}} = f(t)$ ;  $\gamma_i = f(t)$ ;  $P_{\text{сц}} = f(t)$ ;  $\gamma_i = f(h_{\text{п}})$ ;  $\gamma_{\text{ТП}} = f(h_{\text{п}})$  можно оценить эффективность торможения каждой оси тракторного поезда и его звеньев в любой момент времени. Отклонение фактических величин от нормативных значений будет свидетельствовать о наличии неисправностей и необходимости проведения

*Секция «ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ»*  
углубленной диагностики, основной целью которой является выявление конкретных причин неисправностей тормозных механизмов или тормозного привода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая система диагностирования позволяет определять параметры процесса торможения в реальных условиях эксплуатации, что дает возможность использовать ее при создании новых образцов тормозных систем автотракторной техники, а также производить оценку эффективности тормозных систем транспортных средств, находящихся в эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА.

1. Богдан Н.В., Габа Е.И., Мартинович С.В. \ Оценка качества торможения большегрузных тракторных поездов. Об. "Охрана труда при интенсивном с/х производстве", г. Каунас, 1982, с. 13–16.

Представлено 20.04.2019

УДК 629-33

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В СРЕДЕ  
DELPHI XE ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК  
ТРАКТОРА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ  
BUILDING THE PERFORMANCE CHARACTERISTIC  
FOR A TRACTOR EQUIPPED WITH AN ELECTROMECHANICAL  
POWER TRAIN IN AN ENVIRONMENT DELPHI XE

Ч.И. Жданович, канд. техн. наук, доц., Н.В. Калинин, ст. преп.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь  
С. Zhdanovich, PhD in Engineering, Associate Professor,  
N. Kalinin, Senior Lecturer,  
Belorussian National Technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация. В статье рассмотрены возможные способы построения графиков характеристик трактора с электромеханической*