

Коробко Андрій Іванович, д-р техн. наук, доцент, Харківській національній автомобільно-дорожній університет, ak82andrey@gmail.com  
Семенов Ілля Владиславович, аспірант, Харківській національній автомобільно-дорожній університет, e-mail: illia.semenov@outlook.com

## **ФУНКЦІОНАЛЬНА АДАПТАЦІЯ ЗЕРНОВОЗА ПРИ НЕСТАБІЛЬНІЙ МАСІ ЗЕРНА, ЩО ПЕРЕВОЗИТЬСЯ**

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України особливого значення набуває підвищення ефективності автотранспортних перевезень зернових культур, які становлять вагому частку загального вантажообігу. Зважаючи на специфічні особливості перевезення зерна — як-от варіативність об'ємної щільності залежно від типу культури, вологості та погодних умов — виникає необхідність адаптації транспортних засобів, зокрема зерновозів, до динамічної зміни навантаження. У статті розглянуто методичні підходи до функціональної адаптації автопоїзда-зерновоза КрАЗ «Караван-2» шляхом регулювання швидкості його руху відповідно до зміни маси вантажу, яка обумовлена об'ємною щільністю зерна, що транспортується.

Метою дослідження є розроблення теоретичних і практичних основ функціональної адаптації автопоїзда-зерновоза шляхом узгодження параметрів режиму руху з фізико-механічними характеристиками вантажу, а також забезпечення керованості і стійкості транспортного засобу при зміні навантаження. Для досягнення цієї мети в роботі було побудовано математичну модель руху зерновоза, яка враховує сукупність сил, що діють на автомобільний тягач, причіпну частину та вантаж у процесі транспортування. У моделі враховано вагові характеристики, сили опору коченню, аеродинамічного опору, сили інерції, а також гальмівні та рушійні моменти, що впливають на динаміку руху.

У дослідженні було запропоновано нову методику визначення оптимальної швидкості руху автопоїзда-зерновоза залежно від щільності вантажу. В основу методики покладено аналіз впливу зміни маси вантажу на динамічне навантаження, що передається на ходову частину транспортного засобу, з урахуванням особливостей силового замикання між причіпними ланками автопоїзда. Та введення поняття функціональної стабільності руху, що характеризує здатність автопоїзда підтримувати стійкий та керований режим руху в умовах зміни навантаження без необхідності радикального втручання в керування з боку водія.

Особливу увагу приділено аналізу приведених мас, які враховують інерційні характеристики вантажу та елементів автопоїзда, що обертаються. Цей підхід дозволяє отримати більш точні розрахунки динамічних характеристик та адекватно моделювати поведінку автопоїзда при різних сценаріях експлуатації. Зокрема, було доведено, що підвищення щільності вантажу при збереженні сталого об'єму призводить до зростання загальної маси автопоїзда, що, у свою чергу, вимагає коригування швидкісного режиму для

забезпечення стійкості та безпеки руху. У рамках моделі враховано також геометричні параметри дороги, зокрема ухили, які можуть значною мірою впливати на сили опору та необхідну тягову силу.

У практичному аспекті дослідження результати дозволяють формувати алгоритми адаптивного керування рухом автопоїзда, які можуть бути реалізовані в сучасних електронних системах допомоги водію. Зокрема, мова йде про адаптивні системи круїз-контролю, які можуть враховувати зміну маси вантажу при розрахунку допустимої швидкості, оптимальної траєкторії гальмування та розгону. Таким чином, впровадження розроблених рішень дозволяє підвищити рівень безпеки перевезень, зменшити зношування елементів ходової частини, оптимізувати витрати пального та забезпечити більш стабільну роботу трансмісії та гальмівної системи.

Також був розроблений критерій керованості автопоїзда, які базуються на аналізі співвідношення між масою навантаження, моментом інерції та характеристиками зчеплення з дорогою. Було показано, що при перевищенні граничних значень цих параметрів знижується рівень керованості, зростає ризик втрати стійкості, особливо при виконанні маневрів або екстремому гальмуванні. Результати моделювання підтверджено експериментальними випробуваннями, проведеними на полігоні в умовах, що імітують типові дорожні ситуації для зерновозів: перевезення вантажу різної щільності, рух на підйомі, гальмування на слизькій поверхні тощо.

З огляду на актуальність проблематики та її економічне значення для сільського господарства України, результати дослідження можуть бути використані в системі підготовки водіїв сільськогосподарського транспорту, а також при проектуванні нових моделей зерновозів із врахуванням їх адаптивних властивостей. Крім того, модель може бути інтегрована в програмні комплекси для логістичного планування маршрутів перевезення, що дозволить автоматично розраховувати допустимі навантаження, витрати пального та час доставки залежно від типу вантажу та характеристик дороги.

У перспективі можливе розширення функціональності моделі за рахунок інтеграції з метеорологічними даними для врахування погодних факторів, які безпосередньо впливають на щільність вантажу та умови дорожнього покриття. Також доцільним є розвиток напрямку створення інтелектуальних систем керування, які автоматично здійснюватимуть регулювання швидкості та режимів роботи трансмісії відповідно до поточних умов руху та маси вантажу. Такий підхід відповідає сучасним світовим тенденціям у сфері транспортної інженерії, де все більше уваги приділяється автоматизації процесів, зниженню антропогенного впливу та підвищенню рівня безпеки.