

УДК 631.37

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЛОСКО-ПАРАЛЕЛЬНОГО РУХУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ШИРОКОКОЛІЙНОГО АГРОЗАСОБУ ДЛЯ КОЛІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Кувачов В.П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Summary:* presents the results of theoretical studies modeling the motion of a wide span tractor for controlled traffic farming in the horizontal and vertical plane with different ways of its management.

*Keywords:* Controlled Traffic Farming, Wide Span Tractor, theoretical modeling.

**Постановка проблеми.** Людством в процесі техноеволюції запропонований вектор подальшого розвитку засобів механізації землеробства через колійні та мостові системи. Переваги таких систем достатньо обговорені в науковій літературі, а перехід на такі системи очевидний. Енерготехнологічними засобами вказаних систем є «ширококолійні полевиходи» або «мостові трактори».

Перший світовий практичний досвід компонування таких спеціалізованих ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва показав їх відмінність за компонувальною схемою. Остання дозволяє використовувати їх з максимальною ефективністю та безумовно впливає на експлуатаційні властивості, зокрема – стійкість та плавність руху. Тому правильне компонування ширококолійного агрозасобу з позиції потрібної стійкості та плавності його руху забезпечує йому оптимальне перетворення керуючого і збурювального впливів, які діють на нього.

**Мета досліджень.** Підвищення ефективності функціонування та використання ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства шляхом вибору найоптимальнішої компонувальної схеми з позиції задовільної стійкості та плавності їх руху.

**Задачі досліджень.** Розробити математичні моделі функціонування спеціалізованих ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства у поздовжньо-горизонтальній та вертикальній площинах і оцінити вплив кінематичних і силових параметрів їх енергетичної та технологічної частини на стійкість і плавність руху.

**Методи досліджень.** В основу теоретичних досліджень покладено положення теоретичної механіки, теорії мобільних енергетичних засобів, статистичної динаміки та теорії автоматичного регулювання лінійних динамічних систем при відтворенні ними статистично випадкових збурювальних входних впливів.

**Основні матеріали досліджень.** За своєю компонувальною схемою ширококолійний агрозасіб може розміщати с.-г. робочі органи у варіантах: «переднього», іноді вживане у мові «середнє» навішування, коли с.-г. робочі органи розміщені усередині колісної бази агрозасобу; «заднього» навішування, коли с.-г. робочі органи розміщені позаду остова агрозасобу; «фронтальне» навішування, коли с.-г. робочі органи розміщені перед агрозасобом.

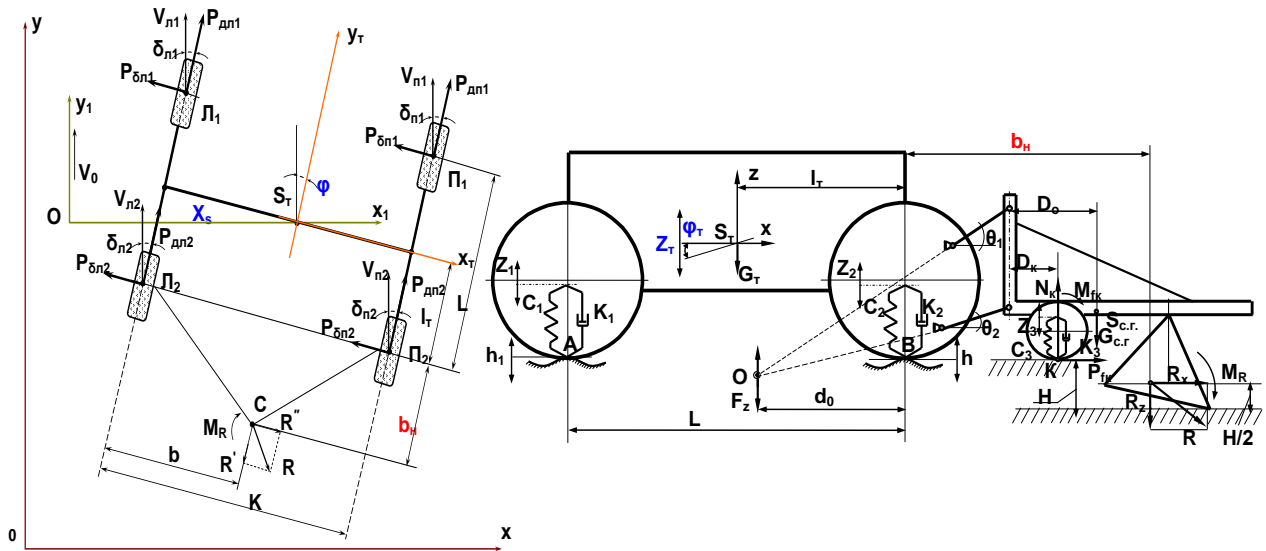


Рис. 1. Схема еквівалентної динамічної системи руху агрозасобу у поздовжньо-горизонтальній (а) та вертикальній (б) площині

При моделюванні плоско-паралельного руху у поздовжньо-горизонтальній площині (див. рис. 1а) досліджуваний агрозасіб має два ступені вільності, яким відповідають дві узагальнені координати: кут  $\varphi$  і переміщення абсиси  $X_s$  центра його мас  $S_T$ . А характеристиками збурювального впливу є: поперечна складова  $R''$  головного вектора  $R$  опору с.-г. знаряддя і головний момент  $M_R$ .

Розрахункова динамічна модель плоско-паралельного руху агрозасобу у поздовжньо-вертикальній площині (див. рис. 1б) має три ступеня вільності: вертикальне переміщення  $Z_T$  центру мас (т.  $S_T$ ), кутові коливання остова  $\varphi_T$  і вертикальне переміщення  $Z_3=Z_{c.g.}$  центру мас технологічної частини (т.  $S_{c.g.}$ ). До числа основних збурювань, які викликають вертикальне переміщення ширококолісного агрозасобу у поздовжньо-вертикальній площині, є коливання тягового опору с.-г. знаряддя ( $R_x$  і  $R_z$ ) та головний момент опору ( $M_R$ ).

Вхідним фактором, який визначає розміщення технологічної частини до агрозасобу був прийнятий параметр  $b_n$  (див. рис. 1) - віддалення центру опору технологічної частини від осі задніх коліс агрозасобу.

За складеними розрахунковими схемами було вперше розроблені математичні моделі руху спеціалізованого ширококолісного агрозасобу у поздовжньо-поперечній і вертикальній площині. На основі розроблених математичних моделей оцінено стійкість руху спеціалізованого ширококолісного агрозасобу, як слідкуючої динамічної системи, за допомогою амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) відпрацювання ним вхідних впливів у вищезазначених варіантах розміщення с.-г. машин/знарядь.

Аналіз розрахункових АЧХ свідчить про те, що з позицій задовільної стійкості руху ширококолісного агрозасобу точка приєднання його технологічної частини повинна розміщуватися усередині його бази ( $b_n = -1\text{м}$ ) – «середнє» навішування робочих знарядь, оскільки в такому випадку в робочому діапазоні частот АЧХ наближаються до ідеальної. І, навпаки, розміщення технологічної частини позаду агрозасобу ( $b_n = 1\text{м}$ ) – заднє навішування – погіршує стійкість його руху, оскільки амплітуда АЧХ зростає, що не є бажаним. Але, суттєва різ-

ниця АЧХ при різних значеннях віддалення центру опору технологічної частини від осі задніх коліс агрозасобу проявляється на низьких частотах збурювального впливу, зокрема до  $4-5 \text{ c}^{-1}$ .

А от оцінка плавності руху ширококоліїного агрозасобу при відпрацюванні ним вхідних впливів у вищезазначених варіантах розміщення с.-г машин/знарядь показала зворотній результат. По-перше, аналіз розрахункових АЧХ свідчить про те, що зміщення відстані приєднання технологічної частини із заднього навішування с.-г. знарядь в міжколісний простір агрозасобу, т.б. центральне навішування с.-г. знарядь, взагалі погіршує динаміку руху у вертикальній площині. Так, підсилення збурювального впливу при зміні конструктивного параметра  $b_n$  з 1м до -1м на резонансній частоті  $\omega=11 \text{ c}^{-1}$  для горизонтальної складової тягового опору  $R_x$  сягає майже в 20 разів, а для вертикальної  $R_z$  - в 30 разів. Але, на відміну від АЧХ коливань курсового кута  $\phi$  агрозасобу при відпрацюванні ним збурювального впливу, цей процес відчутно спостерігається на частотах більших за  $4 \text{ c}^{-1}$ , з резонансним піком, що припадає на  $11 \text{ c}^{-1}$ .

Тому, якщо основний спектр коливань тягового опору с.-г. знарядь технологічної частини буде мати низькочастотний характер, то з точки зору задовільної стійкості і плавності руху доцільно мати варіант розміщення технологічної частини у зоні міжколісного простору агрозасобу – «середнє» навішування, і навпаки – якщо високочастотний характер – то – варіант «заднього» навішування.

А оскільки сьогодні науковцями пропонуються нові ґрунтообробні робочі органи для мостових машин з новими принципами роботи, наприклад, методом копання, або об'ємної деформації ґрунту, то частотні діапазони їх роботи потребують експериментального уточнення. Але розроблена теорія матиме наукову цінність, оскільки розроблений математичний апарат дозволяє здійснювати правильне компонування ширококоліїних агрозасобів на етапі їх проектування з позиції потрібної стійкості та плавності їх руху, що забезпечує оптимальне перетворення керуючого і збурювального впливів, які діють на них.

**Висновки.** Теоретичним шляхом доведено, що характер відпрацювання ширококоліїним агрозасобом коливань тягового опору технологічної частини суттєво залежить від величини віддалення його центру опору відносно осі задніх коліс агрозасобу.

Встановлено, що зміщення центру опору технологічної частини із заднього навішування с.-г. знарядь в міжколісний простір агрозасобу – центральне навішування – покращує стійкість його руху, але суттєво погіршує динаміку вертикальних коливань.

Практично, якщо основний спектр коливань тягового опору с.-г. знарядь технологічної частини буде мати низькочастотний характер (до  $4-5 \text{ c}^{-1}$ ), то з точки зору задовільної стійкості і плавності руху доцільно мати варіант розміщення технологічної частини у зоні міжколісного простору агрозасобу – «середнє» навішування, і навпаки – якщо високочастотний характер ( $4-14 \text{ c}^{-1}$ ) – то прийнятний варіант «заднього» навішування.