

О.Г. КРИВОКОНЬ, канд. філ. наук, доц., НТУ «ХП»

ЗНАЧЕННЯ ДОРОБОК В.М. БОЛТИНСЬКОГО В АСПЕКТІ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОГО ТРАКТОРОБУДУВАННЯ

У статті розглянуто монографію В.М. Болтинського «Робота тракторного двигуна при неталому навантаженні», проаналізовано основні ідеї, викладені в ній в аспекті використання для розвитку сучасного тракторобудування.

Ключові слова: тракторобудування, сільське господарство, робота тракторного двигуна, нестале навантаження, коливання.

В статье рассмотрено монографию В.Н. Болтинского «Работа тракторного двигателя при непостоянных нагрузках», проанализировано основные идеи, содержащиеся в ней в аспекте применимости для развития современного тракторостроения.

Ключевые слова: тракторостроение, сельское хозяйство, работа тракторного двигателя, непостоянная нагрузка, колебания.

The article considers monograph of V.N. Boltinskyi «The work of the tractor engine at the non-permanent loads», the main ideas contained in it are analyzed in the aspect of validity for the development of a modern tractor.

Key words: tractor industry, agriculture, operation of the tractor engine, non-permanent loads, vibrations.

1. Вступ

Зароджене ще на початку 20-го сторіччя тракторобудування в СРСР завжди лишалося одною з пріоритетних галузей економіки. Завдяки цьому багато науковців приділяли багато уваги дослідженням сільськогосподарської техніки. Одним з найвідоміших діячів цієї сфери можна вважати В.М. Болтинського, який перший підняв питання стосовно роботи тракторного двигуна при несталому навантаженні.

Це питання тривожить науковців і в наш час, тому основними завданнями статті можна визначити наступні:

1. проаналізувати доробки В.М. Болтинського,
2. вивчити методи покращення роботи тракторного двигуна
3. зробити висновки стосовно використання нових технологій у тракторобудуванні.

2. Теоретичний аналіз проблеми

Аналізом наукових праць В.М. Болтинського займався багато вчених, насамперед, його учнів. Серед них такі відомі постаті як А. М. Гуревич, І. К. Кипшакбаев, А. Г. Сахаров, А. К. Юлдашев, В. С. Малашенко, А. К. Тургієв, Б. М. Беляєв, Ю. А. Тітов, Г.М. Кутьков та інші.

У результаті досліджень роботи тракторного двигуна в реальних умовах експлуатації В.М. Болтинський нагромадив великий обсяг матеріалу, який виклав у науковій монографії «Робота тракторного двигуна при несталому навантаженні» [1]. Ця робота стала продовженням і розвитком вчення В.П. Горячкіна про землеробську механіку й теорії трактора, розробленої Д.К.

Карельських і Е.Д. Львовим. Формування наукових поглядів В.М. Болтинського проходило під впливом саме цих чудових вчених, працюючи з якими пліч-о-пліч, він починав свою інженерну діяльність. Із вчення про землеробську механіку Василь Миколайович запозичив ідею про необхідність дослідження показників роботи двигуна в конкретних умовах його роботи, які характеризувалися змінним навантаженням. Класична теорія розглядає двигун внутрішнього згоряння як самостійну машину без обліку конкретних умов її роботи, зокрема, без обліку впливу коливань навантаження. Від Д. К. Карельських і Е. Д. Львова Василь Миколайович сприйняв розуміння того, що двигун — це органічний елемент трактора. Тому робота В. М. Болтинського є розвитком прикладної частини теорії ДВС. Саме в цьому полягають її пріоритет і значимість для науки й практики.

У вступі до монографії автор приводить конкретні положення із книги В. П. Горячкіна «Теорія маси й швидкостей сільськогосподарських машин і знарядь», якими він керувався:

«Основне завдання теорії маси сільськогосподарських машин і знарядь — визначити достатню і необхідну величину маси робочих органів знаряддя й двигуна з метою вмістити, можливо, більше механічної енергії в одиницю маси...»;

«... для сільськогосподарських машин і знарядь повинні існувати деякі граничні розміри по масі й швидкостям. Надлишок маси пошук або навіть шкідливий а, з іншого боку, недолік її також неприпустимий»;

«... необхідно зв'язати масу й швидкість робочих органів не тільки з характером роботи, але й з характеристикою двигуна».

Виходячи із цих положень засновника землеробської механіки, В. М. Болтинський ставить однією з основних задач встановлення зв'язків між умовами роботи (характером навантаження) і параметрами двигуна і МТА. Він робить спробу визначити залежність між характером динамічного навантаження в реальних умовах експлуатації і приведеним моментом інерції машинно-тракторного агрегату або моментом інерції маховика тракторного двигуна. Досліджує вплив параметрів регулятора швидкості мотора на показники роботи двигуна й знаходить зв'язок між приведеним моментом інерції МТА та ступенем нечутливості регулятора при роботі двигуна зі змінним навантаженням. У зв'язку з цим розглянув вплив регуляторної характеристики на показники роботи двигуна при несталому навантаженні.

Керуючись суворим методичним підходом, В. М. Болтинський поставив питання до основи дослідження про характер зміни навантаження на двигун при роботі трактора в складі МТА на виконанні сільськогосподарських операцій. У якості показника навантаження аналізується момент опору на валу двигуна, що включає в себе наступні складові моменти від сил:

- опору коливань МТА;
- тягового опору;
- опору підйому;
- інерції;
- тертя.

Внаслідок безперервної зміни перерахованих компонентів робота МТА супроводжується безперервною зміною моменту опору (рис 1). Аналізу причин зміни цих компонентів присвячений окремий розділ монографії. У ньому описані закономірності їх зміни, показники, що встановлюють кількісні характеристики змін моменту опору на валу двигуна. Із застереженням про деяку погрішність момент опору розглядається як ланцюг безперервно діючих одна за іншу синусоїд з різними амплітудою й частотою. Уперше запропонована зміна моменту опору двигуна кількісно оцінювати ступенем нерівномірності

$$\delta = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\text{ср}}}$$

При цьому рекомендується враховувати також період коливань моменту опору, який може змінюватися в широких межах. Пропонується поняття середнього значення тимчасово зрослого $M_{\text{ср.з}}$ та спостережуваного довгостроково $M_{\text{ср.д}}$. Їхнє співвідношення:

$$v = M_{\text{ср.з}}/M_{\text{ср.д}}$$

В. М. Болтинський назвав коефіцієнтом можливого перевантаження двигуна.

У монографії наведена неймовірно велика кількість даних про моменти інерції основних обертових деталей двигуна, трансмісії, ходової системи окремо, двигуна, трактора, деяких сільськогосподарських машин і МТА в цілому, про передачі, про десять моделей тракторів. Обсяг виконаної роботи слід оцінити як дуже великий навіть для сучасних можливостей з використанням ЕОМ.

Аналізуючи співвідношення параметрів навантаження та режиму роботи МТА, В.М. Болтинський доходить висновку зокрема про те, що найбільш несприятливої для тракторного двигуна є робота на нижній передачі при високому тяговому навантаженні. Цьому режиму відповідає найменший приведений момент інерції МТА, а амплітуда й період коливань навантаження приймають максимальні значення.

Автор докладно аналізує регуляторну характеристику двигуна, висловлює обґрунтовані пропозиції по її поліпшенню. Однієї з найбільш важливих є рекомендації з характеру протікання її коректорної ділянки, яка зводиться до наступного.

Переростання регуляторної ділянки в коректорну повинне бути плавним і поступово переходити із крутого в полого протікання.

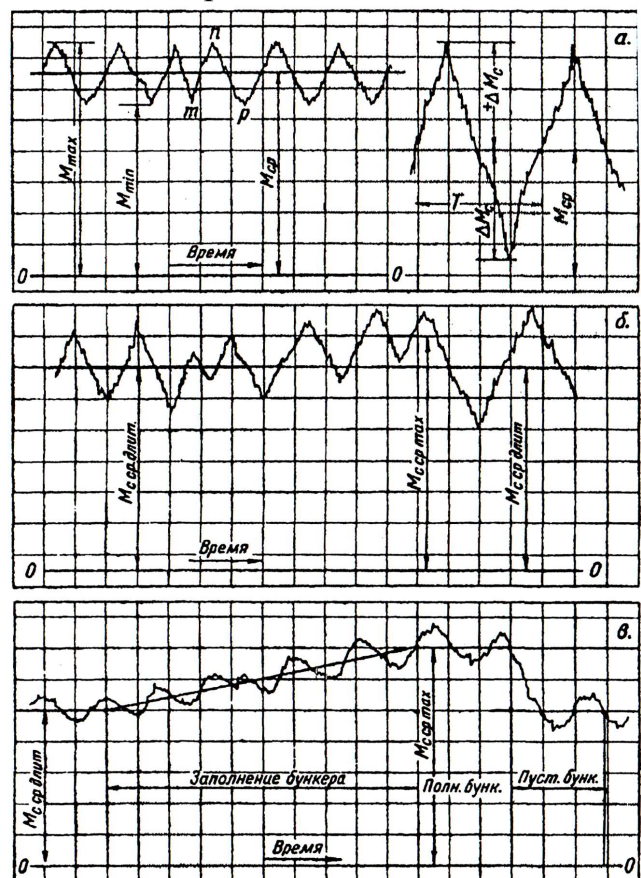


Рис.1. Характер зміни одного з компонентів моменту опору двигуна по В. М. Болтинському

При цьому співвідношення максимального та номінального крутячого моменту повинне бути достатнім для подолання короточасних підвищень навантаження.

Основна рекомендація з експлуатації полягає в тому, щоб при формуванні машинно-тракторного агрегату витримати певне співвідношення між середнім моментом опору, створюваним МТА, і номінальним крутячим моментом двигуна по регуляторній характеристиці. Знаряддя або сільгоспмашину слід підбирати таким чином, щоб створюваний нею момент опору був трохи менше номінального моменту двигуна. У цьому випадку показники МТА будуть знижуватися внаслідок змінного характеру навантаження менше в порівнянні з випадком, коли двигун завантажувався б моментом опору, рівним номінальному моменту двигуна. Виникаючи при цьому недовантаження двигуна В. М. Болтинський запропонував урахувати коефіцієнтом можливого завантаження тракторного двигуна, який був включений у нормативну документацію. На орних роботах найменше значення зниження навантаження тракторів передбачалося в розмірі 9%, на просяпних — 7%. Так у нормативних документах розрахунків виробітки одержала офіційне визнання недосконалість тягово-динамічних властивостей тракторів.

Новим у роботі В. М. Болтинського є регуляторна характеристика при впливі на двигун змінного моменту опору, яка на нелінійній ділянці протікає інакше в порівнянні з характеристикою, одержуваної звичайними гальмовими випробуваннями (рис. 2). Згодом така регуляторна характеристика названа динамічною регуляторною характеристикою. Але першим її одержав В.М. Болтинський, і саме вона стала основою тягово-динамічної характеристики трактора.

Велику увагу В. М. Болтинський надавав ступеневі нечутливості регулятора й співвідношенню між цим його параметром, інтенсивністю коливаний моменту опору і моментом інерції маховика двигуна.

Автор вважає, що з метою зниження впливу коливаний навантаження на показники роботи двигуна необхідно, щоб амплітуда коливаний кутової швидкості вала двигуна була б зменшена маховиком до значень, відповідних до порога нечутливості регулятора швидкості двигуна. Виходячи із цього, запропонована аналітична залежність для розрахунків моменту інерції маховика двигуна сільськогосподарського трактора:

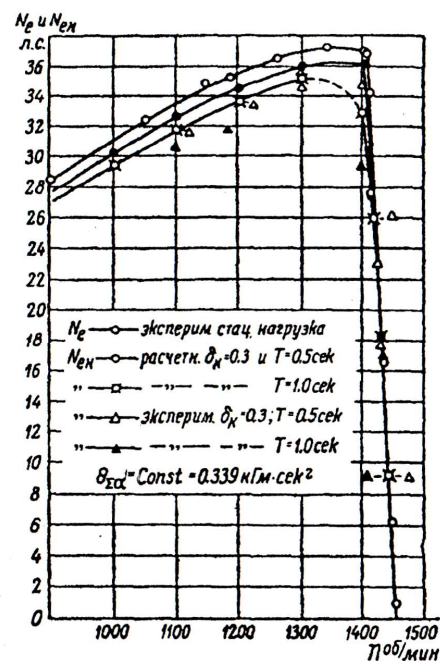


Рис.2. Характеристики дизеля Д-35 при роботі зі стаціонарним і несталим навантаженням, побудовані за експериментальними й розрахунковими даними В. М. Болтинського

$$\theta_{\Sigma a} = \frac{2M_{\text{ср}} \delta k}{\epsilon \omega r m}$$

де $\theta_{\Sigma a}$ — момент інерції МТА, приведений до вала двигуна;

δk — ступінь нерівномірності моменту опору;

ωr — кутова швидкість вала регулятора;

ϵr — ступінь нерівномірності регулятора;

m — величина, рівна $2\pi T/T$ (T — період зміни моменту опору двигуна).

Монографія В. М. Болтинського була опублікована напередодні бурхливого сплеску галузевої науки в 60-і роки, причиною якого був розвиток прикладних розділів фундаментальної науки й найбільшого економічного розквіту держави за весь період радянської влади.

У розглянутий період в науку про трактори стали впроваджуватися теорія ймовірностей і теорія випадкових функцій, з'явилися перші ЕОМ. З їхнім використанням коливання тягового опору сільгоспмашини, кістяка трактора, напрямку його руху стали вивчати як випадкові функції, а трактор — як динамічну систему, що складається з окремих ланок та оснащена регулятором швидкості. На основі комбінації теорії випадкових функцій і теорії регулювання одержали широкий розвиток і поширення методи математичного й електронного моделювання випадкових динамічних процесів для вивчення тягової динаміки, плавності ходу трактора й тракторних показників МТА.

У цей же час у практику досліджень увійшло тензометрування — вимірювання неелектричних величин електричним методом з реєстрацією миттєвих значень показників у функції часу на стрічці осцилографа. Стало можливим експериментально одержувати реалізації випадкових функцій та їх статистичні характеристики, перевіряти адекватність математичної моделі фізичною, вимірювати навантаження на окремих деталях при роботі трактора в реальних умовах експлуатації, що було зовсім не доступно колись.

Відкрилася можливість вимірювання миттєвих значень моменту й сили в різних місцях трансмісії: крутячого моменту на провідному й веденому валах муфти зчеплення, на півосях і причіпному спорядженні трактора. У комбінації з вимірюванням переміщення рейки паливного насоса це дозволило скласти повну картину енергетичного балансу та динаміки сталого і несталого руху трактора.

Дослідження В. М. Болтинського в комбінації з розвитком прикладних розділів кібернетики відкрили новий етап у розвитку науки про трактор. Були розроблені методи, за допомогою яких коливання, що неминуче супроводжують роботу трактора та розглядалися раніше як прикра перешкода при випробуваннях, стали вивчати з позицій шкідливого впливу їх на його експлуатаційні показники та розробляти заходи конструктивного і експлуатаційного характеру, що запобігають або знижують цей вплив. Розділ тягового й енергетичного балансу став розглядатися в теорії трактора на рівні динаміки.

З розвитком теорії ймовірностей гармонійний закон зміни навантаження на двигун замінили випадковою функцією, але це було вже розвитком вчення В.М. Болтинського. Описані вченим об'єктивні закономірності фізичних процесів, що

визначають коливання моменту опору, усі висновки й рекомендації з підвищення показників роботи двигуна при роботі зі змінним навантаженням зберігають свою актуальність і в цей час.

Розвиток ідей В. М. Болтинського з аналізом впливу коливань навантаження й інших параметрів на тягово-енергетичні показники трактора, узагальнення й систематизація відомостей про тягову динаміку трактора виконані в монографії [2]. Трактор уперше розглянутий як динамічна система, що полягає з окремих коливальних ланок, піддана впливу не тільки тягового навантаження, але й нерівностей рельєфу, а також керуючим впливом тракториста. У рівняння потужнісного балансу Е. Д. Львова включені нові члени, що відбивають втрати і недовикористання потужності двигуна, викликані змінним характером зовнішніх впливів. Встановлено, що їх частка може досягати половини всіх втрат, що враховуються тяговим ККД. У навчальний посібник [3] по теорії трактора для студентів вузів включений розділ «Тягова динаміка трактора», що має сувору методичну структуру, що й включає в себе наступні глави: аналіз коливальних процесів у тракторі; аналіз зовнішніх впливів на трактор як на динамічну систему; взаємозв'язок динамічних процесів у тракторі; вплив коливань навантаження на показники роботи трактора; розгін трактора; тягово-динамічні випробування трактора.

В основі цього нового розділу теорії трактора лежать дослідження В. М. Болтинського про вплив змінного навантаження на показники роботи тракторного двигуна.

3. Висновок

Таким чином, проаналізувавши монографію В.М. Болтинського «Робота тракторного двигуна при несталому навантаженні», ми дійшли до висновку, що проблеми, розкриті в ній, є досить актуальними у наш час. Сучасні розробки тракторобудування мають не тільки опиратися на досвід попередників, але й використовувати його задля модернізації машин.

Список літератури: 1. Болтинський, В. М. Робота тракторного двигуна при несталому навантаженні / В. М. Болтинський. - М.: Огиз-Сельхозгиз, 1949. - 216 с. 2. Кутьков, Г. М. Тягова динаміка трактора / Г. М. Кутьков. - М.: Машинобудування, 1980. - 216 с. 3. Кутьков Г. М. Теорія трактора й автомобіля / Г. М. Кутьков. - М.: Колосся, 1996.- 287 с.

Поступила в редколлегию 11.03.2011