

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**Аналіз системи підресорювання  
кабіни колісного трактора ХТЗ-160У**

Виконав: Кобець Г.О.

Керівник: проф. Кальченко Б.І.

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Оператори сільськогосподарських машин піддаються впливу загальним коливанням всього тіла з величезним переважанням низькочастотних та високочастотних коливань. Якщо говорити про колісний трактор, то основними внутрішніми джерелами вібрації є двигун, трансмісія, а іноді гідравлічні або пневматичні системи, які генерують високочастотні коливання. Основним зовнішнім джерелом коливань є контакт коліс трактора з нерівностями опорної поверхні руху.

Водії, що постійно піддаються впливу коливань (вібрації), скаржаться на частий і стійкий головний біль, запаморочення, стомлюваність, подразнення та сну. Тривалий вплив вібрацій призводить до додаткових ушкоджень центрів рівноваги та мозку.

У сучасних колісних тракторах захист водія від низькочастотної вібрації на сидіння забезпечується рахунок використання в підвісці сидінь гідравлічних, пневматичних та пневмогідравлічних елементів, зокрема сидіння фірм «PIAT» (рососія), «Fritzmeier» (Німеччина).

Багато виробників колісних тракторів, скориставшись перевагами сидінь з підвіскою у зниженні дії коливань під час руху колісного трактора, розглядали можливість включення підвіски кабіни як **логічний та потенційно найбільш економічний наступний крок.**

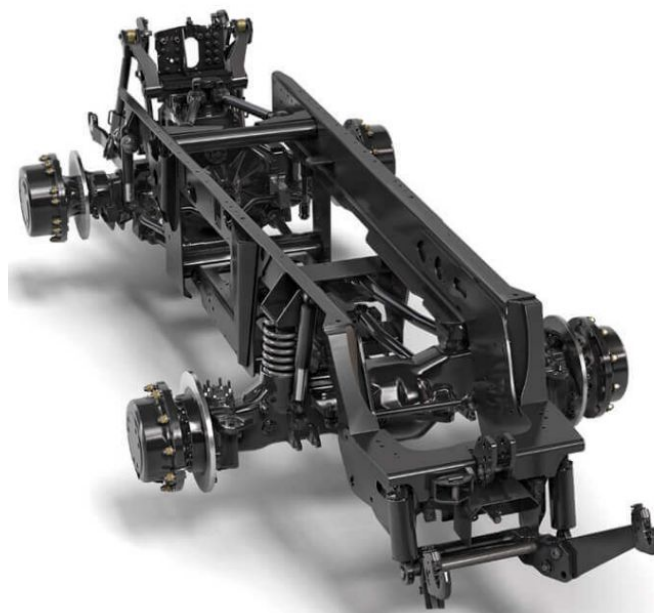


У колісних тракторах, що випускаються сьогодні, використовуються наступні **методи підресорювання**

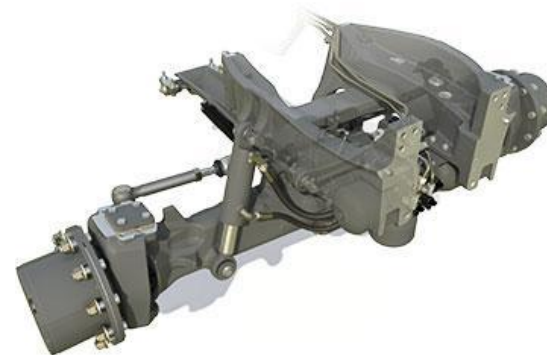
Підресорювання *кабіни трактора та водійського сидіння*. Цей спосіб дозволяє ефективно боротися з вібрацією на робочому місці оператора, проте не забезпечує виконання вимог щодо забезпечення хорошої стійкості та керованості машини.



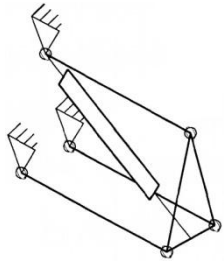
Підресорювання *передніх і задніх коліс трактора*. Цей спосіб підресорювання може забезпечити виконання всіх вимог, що пред'являються до підвісок. Однак він майже не використовується через складність конструктивного втілення.



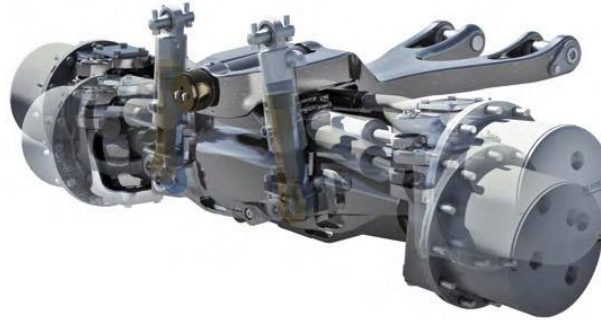
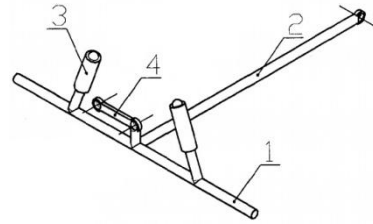
Підресорювання *передніх коліс трактора*. Цей різновид підвіски забезпечує виконання всіх вимог до підвісок за винятком вимоги до вібрації на робочому місці водія.



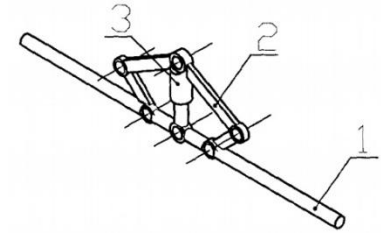
# Підресорювання коліс трактора



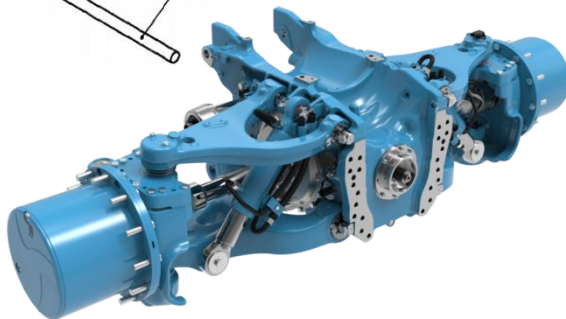
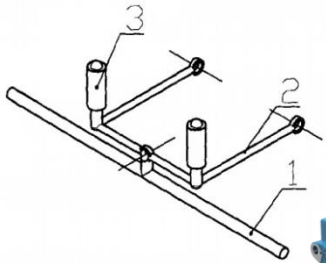
Підвіска трактора John Deere



Підвіска TERRAGLIDE New Holland

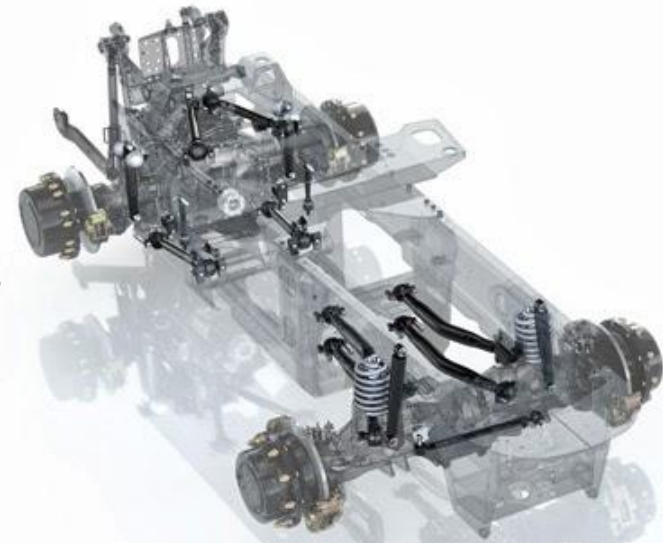


Підвіска IFAS Carraro



Підвіска Spicer Fendt

Усі моделі JCB Fastrac використовують підвіски з гвинтовими пружинами на **передніх осях** і гідравлічні/газові підвіски з самовирівнюванням на **задніх осях**, за винятком серії 7000, де використовується гідравлічна/газова установка, як на передній, так і на задній вісі



Підвіска JCB Fastrac

## Підресорювання кабіни трактора



серія 8R

Підвіска кабіни John Deere



серія 9RX



Підвіска кабіни Class

*Особливості будови підресорювання кабіни:*

- **Без підвіски:** кабіна має прямий механічний зв'язок з кузовом трактора.
- **Механічна підвіска** за допомогою сайлент-блоків (гумових блоків), які ізолюють одні частоти і гасять інші.
- **Задня механічна підвіска:** кабіна має кульові шарніри в двох передніх опорних точках і два амортизатори, механічні або пневматичні, в задніх опорних точках.
- **Повністю підвішена:** підвішена у 4 точках опори за допомогою пружини та амортизатора (залежно від технології механічна підвіска або гідравлічна підвіска і навіть з «інтелектуальною» підвіскою (регульовану мікропроцесором).



Напівактивна система підвіски Valtra



Підвіска кабіни Fendt 500 Vario

## Підресорювання сидіння трактора

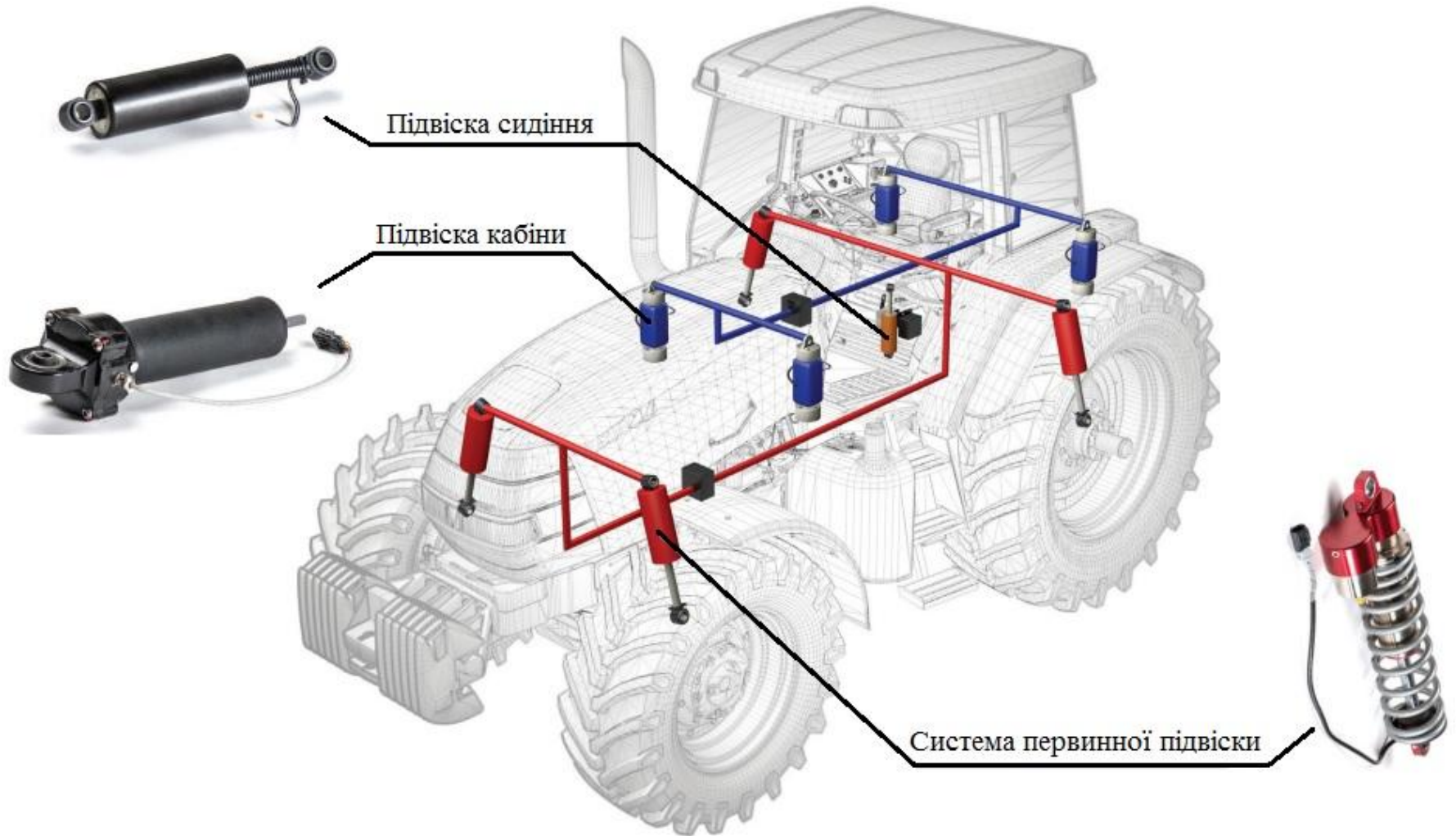
6



гідропневматичне John Deere

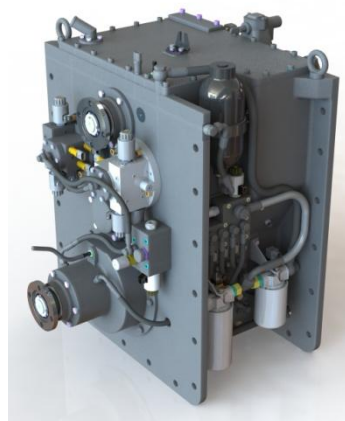
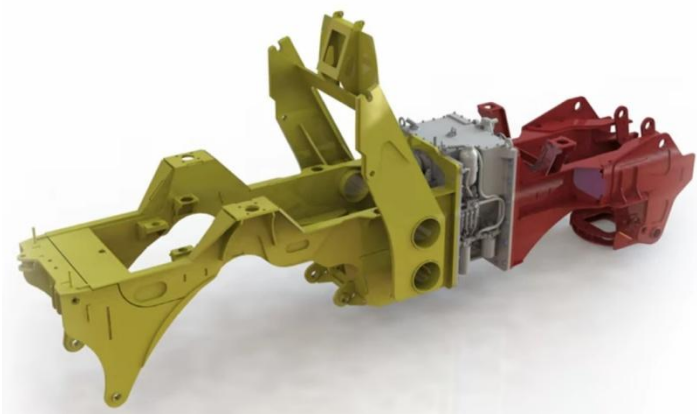


пневматичне Fendt



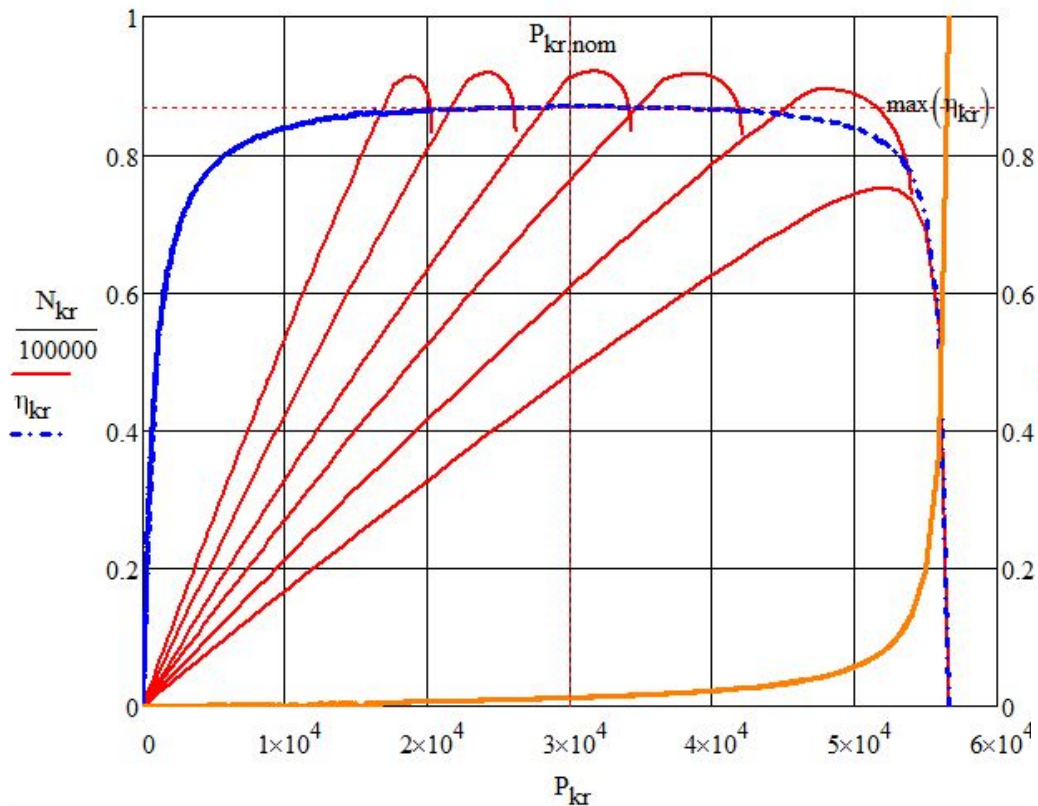
Впровадження адаптивних систем підресорювання

# Огляд технічних особливостей трактора ХТЗ-160У



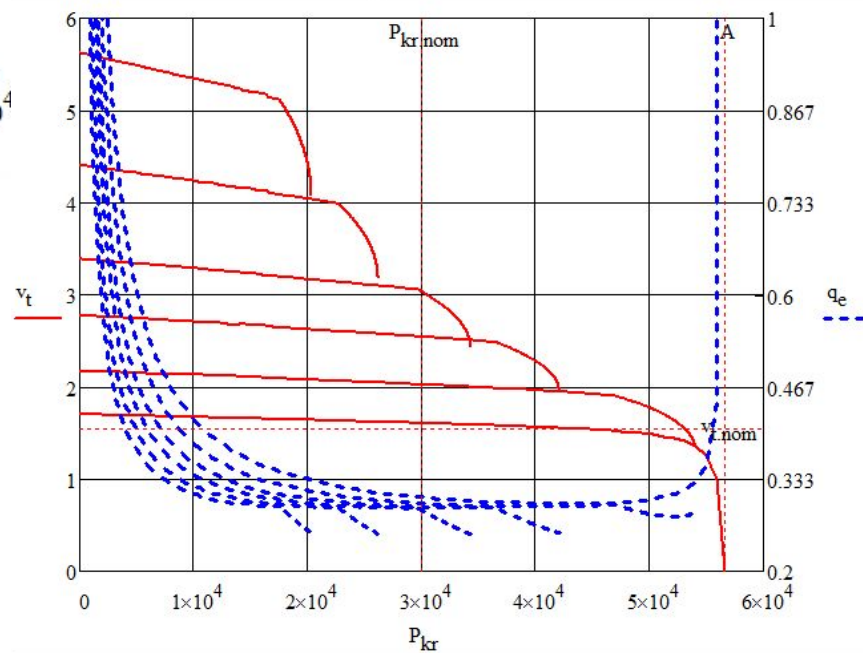


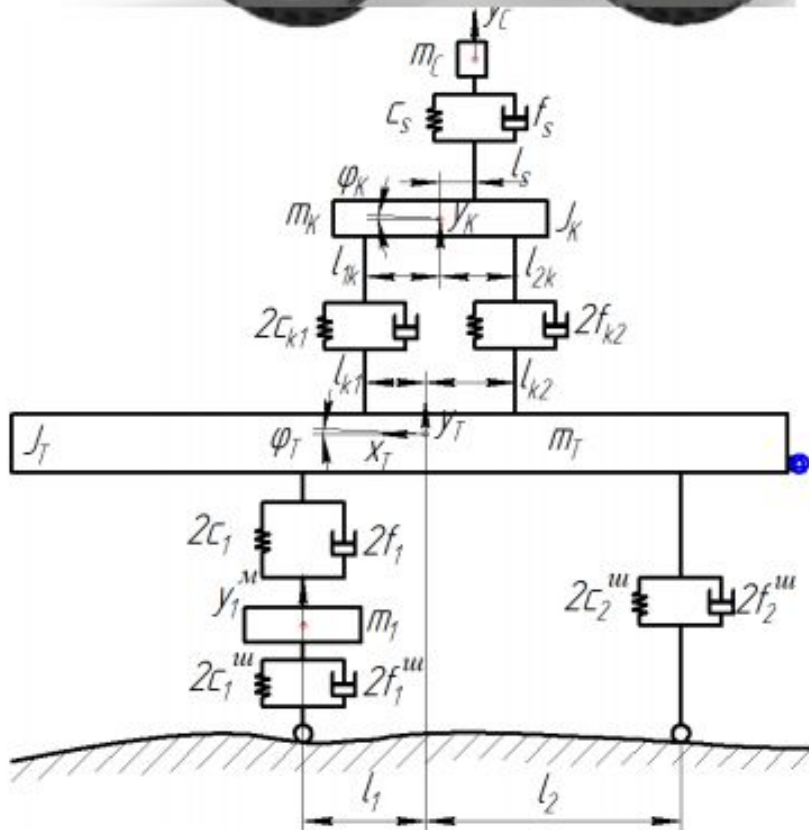
# Тяговий розрахунок



Залежність потужності, ККД трансмісії, буксування від сили тяги на гаку трактора

Залежність швидкості, витрати палива від сили тяги на гаку трактора





Колівальна схема колісного трактора

$m_T, m_1, m_k, m_c$  – маса остову (рама) трактора, переднього моста, кабіни та сидіння;

$y_T, y_1^M, y_k, y_c$  – вертикальні прискорення остову трактора, переднього моста, кабіни та сидіння;

$C_1, C_{k1}, C_{k2}, C_c$  – жорсткість пружного елемента передньої підвіски трактора, передньої та задньої опор кабіни в вертикальному напрямку; жорсткість пружного елемента підвіски сидіння водія трактора;

$f_1, f_{k1}, f_{k2}, f_c$  – коефіцієнт демпфірування пружного елемента передньої підвіски трактора, передньої та задньої опор кабіни в вертикальному напрямку; жорсткість пружного елемента підвіски сидіння водія трактора;

$C_1^w, f_1^w$  та  $C_2^w, f_2^w$  – жорсткість, коефіцієнт демпфування пневматичних шин переднього та заднього моста трактора;

$J_T$  та  $J_k$  – моменти інерції, які приведені до поперечної вісі, що проходить через центр мас остову трактора та кабіни;

$\varphi_T, \varphi_k$  – прискорення кутових коливань остову трактора та кабіни в вертикальній повздовжній площині відносно поперечної вісі;

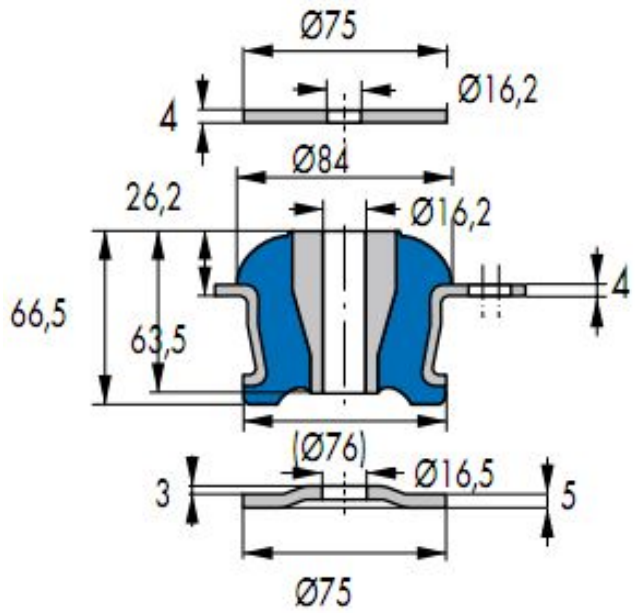
$l_1$  та  $l_2$  – відстань від центру мас трактора до переднього та заднього мостів;

$l_{k1}$  та  $l_{k2}$  – відстань від центру мас трактора до передньої та задньої опор кабіни;

$l_{1k}$  та  $l_{2k}$  – відстань від центру мас кабіни до передньої та задньої опор кабіни.



3D зображення класичної будови кабіни колісних тракторів марки ХТЗ



Кресленик опор

Кількість досліджень	Номінальні величини максимальних значень		
	$F_{z\max}$ , Н	$[y_{ki}]$ , мм	$C_{ki}$ , Н/м
Варіант №1	3400	8	400 000
Варіант №2	6200	8	670 000
Варіант №3	9500	8	1070 000

# Результати моделювання

12

Значення	Жорсткість опор $C_{k1}$ , кН/м			Різниця при порівнянні, %	
	400	670	1070	$C_{k1} = 400$ кН/м з $C_{k1} = 670$ кН/м	$C_{k1} = 400$ кН/м з $C_{k1} = 1070$ кН/м
<b>Асфальтобетонна поверхня</b>					
$\omega$ , Гц ( $V$ , км/год)	2,52 (36,9)	3,04 (43,8)	4,05 (58,3)	+20,3	+58,2
$\ddot{y}_k$ , м/с	9,2	9,2	10,86	0	+18
$v_{k1}$ , м	0,052	0,052	0,042	0	-19,2
<b>Грунтова поверхня</b>					
$\omega$ , Гц ( $V$ , км/год)	2,56 (27,6)	3,08 (33,3)	4,05 (43,7)	+20,3	+58,2
$\ddot{y}_k$ , м/с	12,1	9,25	6,5	-23,5	-46,3
$v_{k1}$ , м	0,046	0,032	0,025	-30,4	-45,6
<b>Поверхня після буряка</b>					
$\omega$ , Гц ( $V$ , км/год)	7,3 (11,8)	8,95 (14,5)	11,94 (19,3)	22,6	63,6
$\ddot{y}_k$ , м/с	138,9	191	295,2	+37,5	+112
$v_{k1}$ , м	0,076	0,07	0,061	-7,9	-19,7
<b>Поверхня після кукурудзи</b>					
$\omega$ , Гц ( $V$ , км/год)	7,37 (18,6)	9,01 (22,7)	12,05 (30,4)	22,3	63,5
$\ddot{y}_k$ , м/с	242,7	317,9	483,3	+31	+99
$v_{k1}$ , м	0,13	0,11	0,097	-15,4	-25,3

З точки зору аналізу різних мікропрофілю дорожньої поверхні, необхідно встановлювати опори Simrit з жорсткістю 1070 кН/м. Як показали розрахунки на агрофонах поверхні після буряка ( $a = 0,45$  м) і після кукурудзи ( $a = 0,7$  м) необхідно звернути увагу на систему підресорювання переднього моста, частота резонування якого входить в діапазон експлуатаційної швидкості руху

В роботі виконано аналіз систем підресорювання тракторів сільськогосподарського призначення. Виконано тяговий розрахунок трактора ХТЗ-160У. Побудовано залежності потужності, ККД трансмісії, буксування від сили тяги на гаку трактора та залежності швидкості, витрати палива від сили тяги на гаку трактора. Сформовано математичну модель, яка дозволяє аналізувати систему підресорювання кабіни колісного трактора ХТЗ.

При русі на асфальтобетонній поверхні необхідно встановлювати опори кабіни з жорсткістю  $C_{k1} \geq 670$  кН/м. Такий вибір обумовлено зміщенням резонансної частоти вертикальних коливань кабіни з діапазону експлуатаційних швидкостей ( $V = 42$  км/год). При русі по ґрунтовій поверхні необхідно встановлювати опори кабіни з жорсткістю  $C_{k1} \geq 1070$  кН/м, тому що резонансна частота кабіни з'являється після швидкості 42 км/год. Частоти кабіни відсутні в явній формі, вони входять в частоту впливу рами трактора. Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що при русі по поверхні після буряка необхідно встановлювати опори кабіни з жорсткістю  $C_{k1} \geq 1070$  кН/м, тому що резонансна частота кабіни з'являється після швидкості 18 км/год. Також відзначимо, що в явній формі з'являються частоти впливу переднього моста. Діапазон їх дії  $V \in [4,1;6,5]$  км/год.

Частоти кабіни відсутні в явній формі, вони входять в частоту впливу рами трактора. Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що при русі по поверхні після кукурудзи необхідно встановлювати опори кабіни з жорсткістю  $C_{k1} \geq 670$  кН/м, тому що резонансна частота кабіни з'являється після швидкості 18 км/год. Також відзначимо, що в явній формі з'являються частоти впливу переднього моста. Діапазон їх дії  $V \in [6,5;10,2]$  км/год.

Розглянуто питання охорони праці та навколишнього середовища і цивільного захисту.