

Pomiary drgań pomostów i siedzisk kierowców kombajnów „Massey Ferguson” oraz KZS-4 „Rekin”

ZBYSZEK BIELECKI

Samobieżny kombajn zbożowy, poruszający się w różnych warunkach, narażony jest na wpływ dużej ilości przeszkód i nierówności terenowych wywołujących drgania w konstrukcji kombajnu o niskiej częstotliwości zwane popularnie wstrząsami. Ze względu na prostotę konstrukcji oraz przy założeniu małej szybkości jazdy i amortyzujących własnościach opon niskociśnieniowych zostało ogólnie przyjęte, że drgania te są niewielkie i w związku z tym mogą być nie brane pod uwagę.

W praktyce okazuje się jednak nieco inaczej. Na kombajnie znajduje się silnik oraz szereg mechanizmów żniwnych będących źródłem drgań o wyższej częstotliwości. Drgania od silnika oraz mechanizmów żniwnych, a także drgania powstałe w czasie jazdy mogą osiągać dość duże wartości przyspieszeń oraz częstotliwości i być w sposób przykry odczuwane przez kierowcę-kombajniera.

Pomiary drgań pomostu oraz siedziska kierowcy kombajnu mają za zadanie określenie szeregu takich parametrów, jak przyspieszenie, częstotliwość, amplituda oraz ich ocenę według istniejących kryteriów bądź wypracowanie nowych (szczególnie w przypadku drgań poprzecznych oraz podłużnych, gdzie do chwili obecnej brak jest odpowiednich kryteriów).

1. BADANIA PORÓWNAWCZE KOMBAJNÓW „MASSEY FERGUSON” I KZS-4 „REKIN”

Pomiary porównawcze drgań pomostu i siedziska kierowcy kombajnów „Massey Ferguson” i KZS-4 „Rekin” miały na celu nie określenie bezwzględnych wartości tych drgań występujących w czasie pracy kombajnu na polu, a jedynie ich porównanie na specjalnie zbudowanym odcinku toru posiadającym przeszkody o wysokości od 150—300 mm i podziałce różnej od rozstawu osi kół obu kombajnów.

Podjęta tego rodzaju próba była pierwsza w stosunku do kombajnów, jednak podobne prace prowadzone już były przez Centralny Instytut Ochrony Pracy w stosunku do ciągników.

Ponadto dodatkowym celem powyższej pracy było opracowanie metody i wypracowanie kryteriów oceny drgań w przypadku kombajnów.

1.1. APARATURA

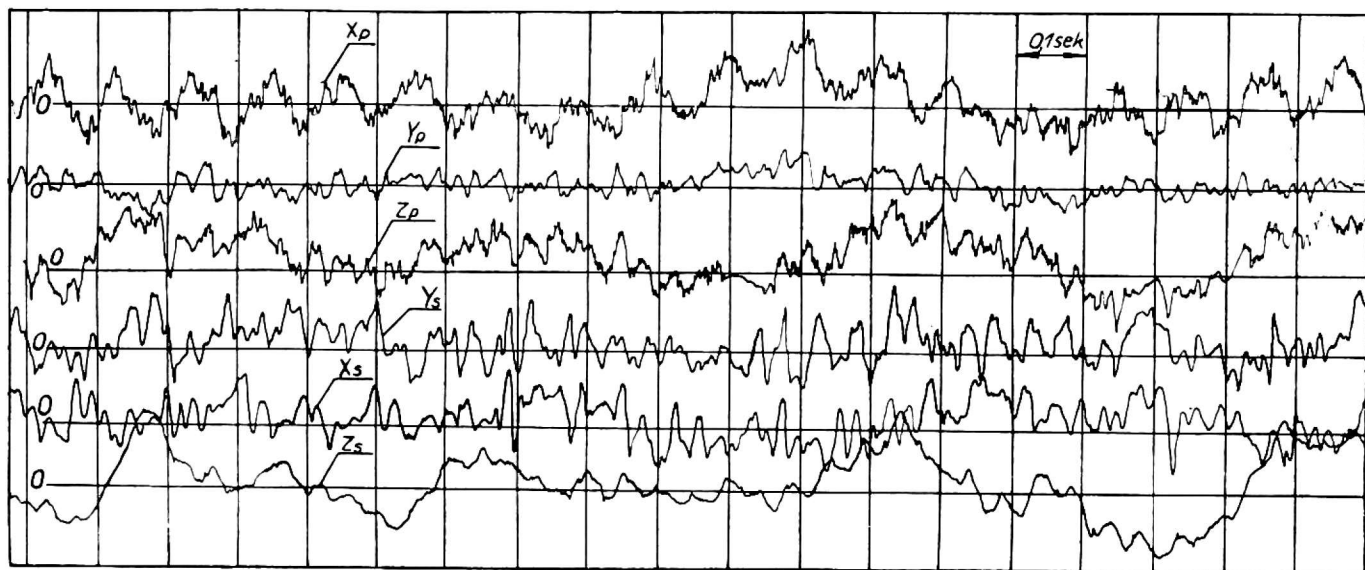
Do pomiarów został użyty zestaw aparatury w składzie:

- 6 szt. czujników tensometrycznych drgań, we własnym wykonaniu, opartych na zasadzie drgań masy sejsmicznej, rejestrujących zmianę wielkości przyspieszeń oraz częstotliwości względem prostokątnego układu osi współrzędnych X , Y , Z . Czujniki skalowane były dla 1 g. Trzy czujniki z powyższego zestawu umieszczone były na pomoście, a trzy na poduszce siedziska kierowcy;
- 2 szt. mostków tensometrycznych typ TDA-3 produkcji CSRS;
- rejestrator w postaci oscylografu pętlcowego N-700 produkcji ZSRR.

1.2. WYNIKI POMIARÓW

Rejestracja zmian wielkości przyspieszeń i częstotliwości odbywała się równocześnie dla wszystkich sześciu czujników znajdujących się na poduszce siedziska kierowcy oraz pomoście.

Przykład przebiegu zarejestrowanych drgań z kombajnu KZS-4 „Rekin” na taśmie oscylografu został pokazany na rys. 1.



Rys. 1. Fragment oscylografu z zarejestrowanymi wielkościami drgań siedziska kierowcy oraz pomostu kombajnu KZS-4 „Rekin”. $X_s Y_s Z_s$ — składowe prostokątne drgań siedziska; $X_p Y_p Z_p$ — składowe prostokątne drgań pomostu; Z_s — składowe drgań pionowych poduszki siedziska; Z_p — składowe drgań pionowych pomostu. Widoczny efekt „tłumienia” poduszki siedziska

Uzyskane wyniki przyspieszeń oraz częstotliwości dla obu kombajnów zostały przedstawione w tabeli 1.

W tabeli tej zestawiono wartości maksymalne przyspieszeń oraz wartości średnie dla takiego samego odcinka czasowego przy przejeździe przez taki sam odcinek wspomnianego poprzednio toru próbnego.

Jako wartości dodatnie przyjęto przyspieszenia działające zgodnie z kierunkiem działania przyspieszenia ziemskiego, a jako ujemne działające przeciwnie.

Ze względu na istniejące obecnie jedynie (w formie przyjętej) kryteria oceny szkodliwości drgań pionowych (działających wzdłuż osi Z) rozpatrzono uzyskane następujące wyniki:

Tabela 1

Porównanie wielkości drgań pomostu i siedziska kierowcy w czasie przejazdu przez tor próbny i pracujących mechanizmach

Miejsce pomiaru	Kierunek pomiaru	„Massey Ferguson”						KZS-4 „Rekin”					
		$+b_{\max}$ cm/sek. ²	$-b_{\max}$ cm/sek. ²	$+b_{\text{śred.}}$ cm/sek. ²	$-b_{\text{śred.}}$ cm/sek. ²	$+v_{\text{śred.}}$ Hz	$-v_{\text{śred.}}$ Hz	$+b_{\max}$ cm/sek. ²	$-b_{\max}$ cm/sek. ²	$+b_{\text{śred.}}$ cm/sek. ²	$-b_{\text{śred.}}$ cm/sek. ²	$+v_{\text{śred.}}$ Hz	$-v_{\text{śred.}}$ Hz
Poduszka siedziska kierowcy	X	880	294	345	160	14,3	6,8	490	286	196	156	34,3	20,8
	Y	654	520	280	208	13,9	18,5	510	362	191	145	27	23
	Z	587	490	286	208	22,6	9,6	594	428	196	163	13,9	11,3
Pomost	X	520	422	231	177	7,9	6,4	538	350	198	156	17	15,6
	Y	225	324	106	148	8,7	11,5	356	268	98	95	27,5	21,3
	Z	617	363	208	170	19,2	16,4	490	385	200	139	28,2	15,2

X — poziomy równoległy do osi podłużnej; Y — poziomy prostopadły do osi podłużnej; Z — pionowy prostopadły do osi podłużnej oraz kierunku X.

K o m b a j n „M a s s e y F e r g u s o n”

Poduszka siedziska kierowcy:

wartości maksymalne przyspieszeń w kierunku Z

$$+587 \text{ cm/sek.}^2$$

$$-490 \text{ cm/sek.}^2$$

wartości średnie przyspieszeń w kierunku Z

$$+286 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 22,6 \text{ Hz}$$

$$-208 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 9,6 \text{ Hz}$$

Pomost:

wartości maksymalne przyspieszeń w kierunku Z

$$+617 \text{ cm/sek.}^2$$

$$-363 \text{ cm/sek.}^2$$

wartości średnie przyspieszeń w kierunku Z

$$+208 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 16,4 \text{ Hz}$$

$$-170 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 19,2 \text{ Hz}$$

K o m b a j n K Z S - 4 „R e k i n”

Poduszka siedziska kierowcy:

wartości maksymalne przyspieszeń w kierunku Z

$$+594 \text{ cm/sek.}^2$$

$$-428 \text{ cm/sek.}^2$$

wartości średnie przyspieszeń w kierunku Z

$$+196 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 13,9 \text{ Hz}$$

$$-163 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 11,3 \text{ Hz}$$

Pomost:

wartości maksymalne przyspieszeń w kierunku Z

$$+490 \text{ cm/sek.}^2$$

$$-385 \text{ cm/sek.}^2$$

wartości średnie przyspieszeń w kierunku Z

$$+200 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 28,2 \text{ Hz}$$

$$-139 \text{ cm/sek.}^2 \text{ przy } \nu = 15,2 \text{ Hz}$$

W przypadku kombajnu „Massey Ferguson” widać jedynie efekt tłumiący poduszki siedziska kierowcy w stosunku do pomostu w kierunku dodatnim dla wartości maksymalnych przyspieszeń oraz w kierunku ujemnym dla wartości średnich częstotliwości.

Oba te parametry dla poduszki siedziska kierowcy są znacznie mniejsze. Natomiast dla kombajnu KZS-4 „Rekin” wpływ tłumiący poduszki jest wyraźny (rys. 2 — krzywa Z_s) dla średnich częstotliwości (poduszka znacznie zmniejsza częstotliwość drgań), ale następuje znaczny wzrost przyspieszeń maksymalnych w obu kierunkach oraz przyspieszeń średnich w kierunku ujemnym. Świadczy to o tym, że obie poduszki zostały zaprojektowane jedynie pod kątem wygody kierowców, a nie jako tłumiki drgań.

Ponadto uzyskane przy badaniach KZS-4 „Rekin” większe częstotliwości drgań pomostu niż w przypadku „Massey Ferguson” pozwoliły wysunąć wniosek,

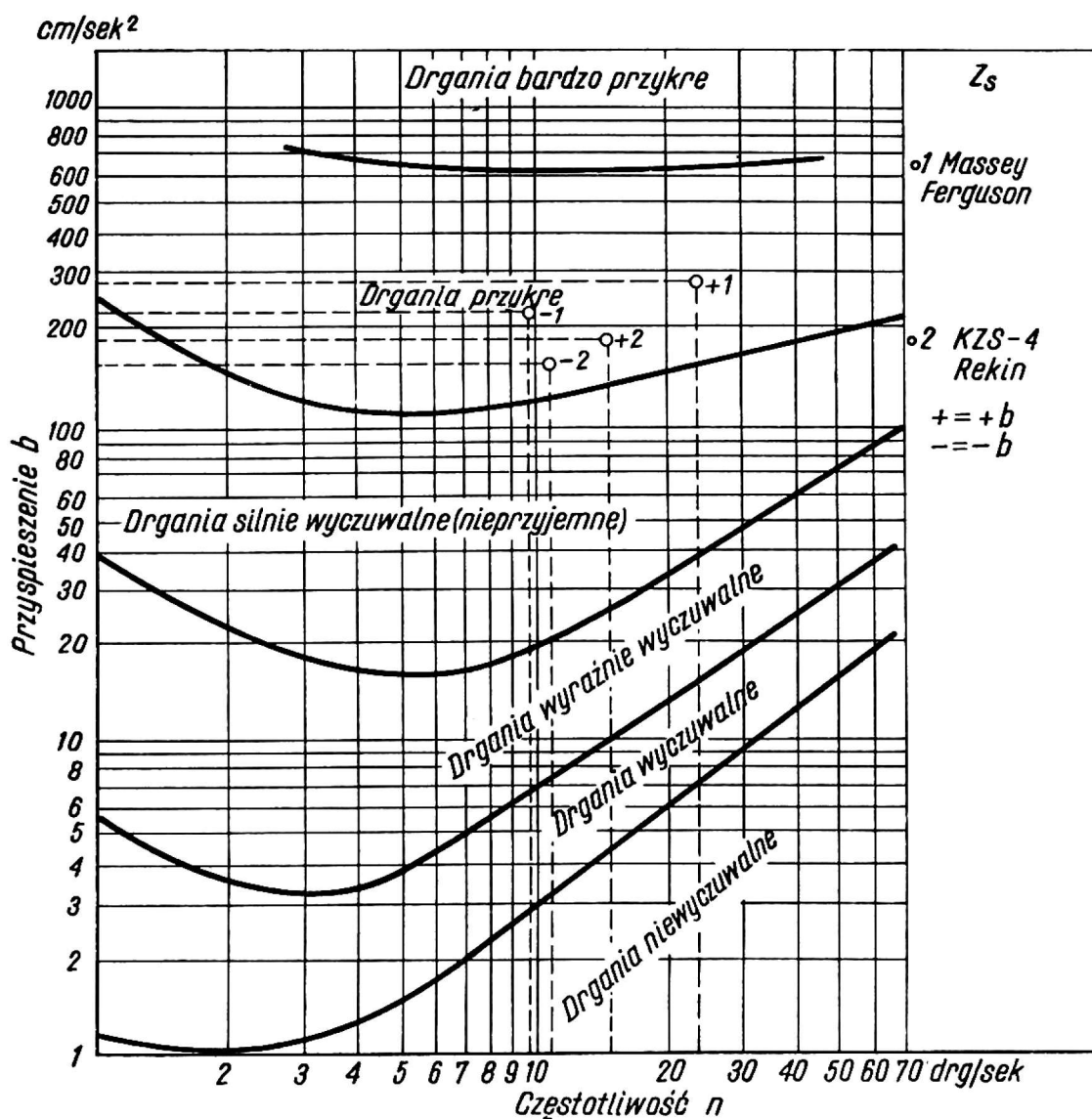
że źródłem drgań o wyższej częstotliwości jest pracujący silnik oraz mechanizmy żniwne.

Przeprowadzone w kombajnie KZS-4 pomiary drgań pomostu przy pracującym silniku oraz mechanizmach żniwnych potwierdziły to, gdyż uzyskano następujące wartości przyspieszeń maksymalnych $\pm 177 \text{ cm/sek.}^2$ oraz wartości średnie $\pm 86 \text{ cm/sek.}^2$ przy $\nu = 36 \text{ Hz}$.

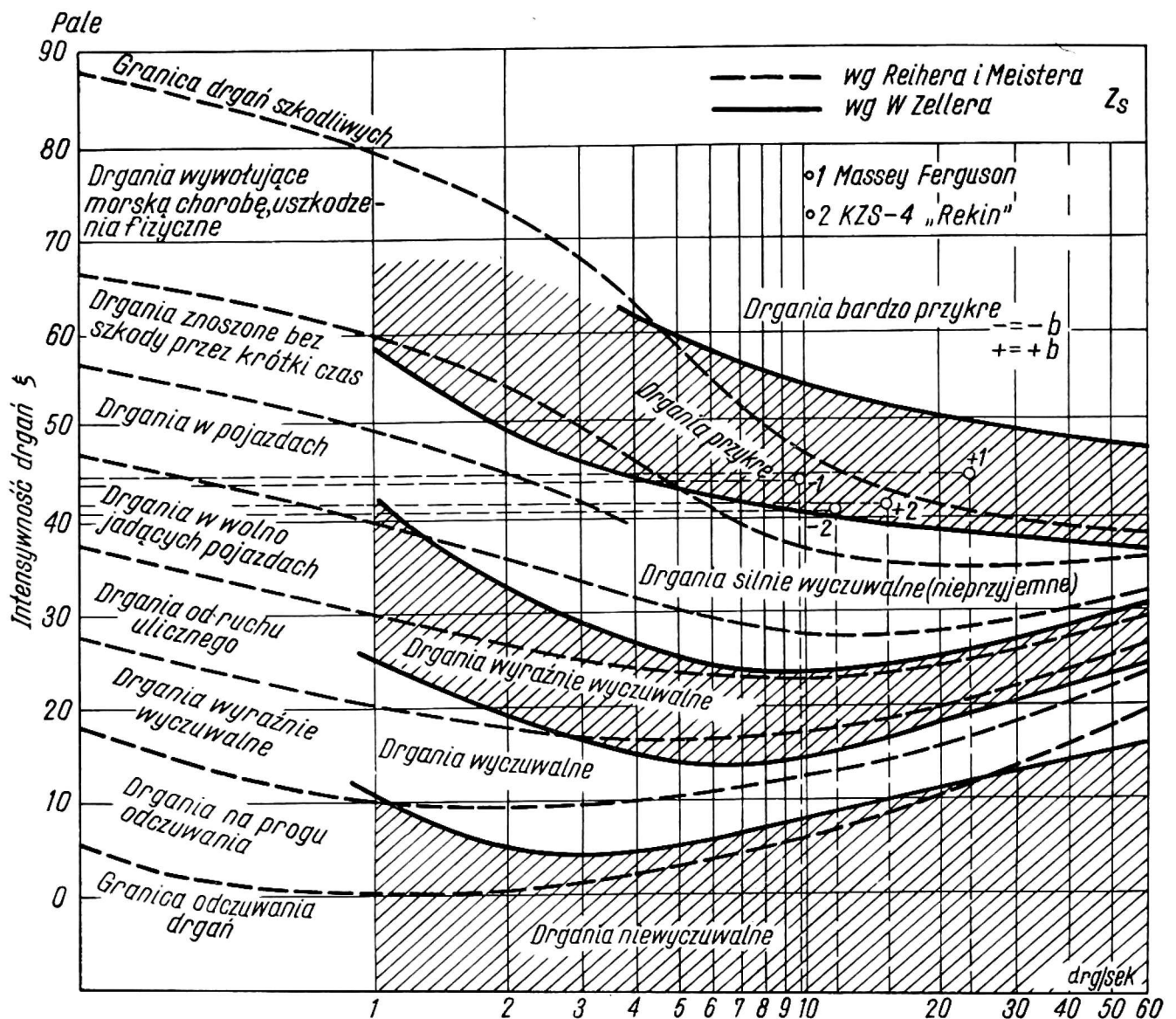
2. KRYTERIA I OCENA

Jako kryteria oceny wielkości drgań przyjęto zestaw krzywych wg Reihera i Meistera oraz wg Zellera i profesora Bukowskiego odpowiadające jednakowemu odczuciu drgań w zależności od wielkości przyspieszeń oraz częstotliwości.

Według kryterium Reihera i Meistera oraz profesora Bukowskiego określone wielkości średnie drgań dla obu kombajnów leżą w obszarze drgań przykrych (rys. 2). Natomiast wg kryterium Zellera oraz w oparciu o skalę palową nawet w strefie drgań szkodliwych (rys. 3).



Rys. 2. Krzywe przyspieszeń odpowiadających jednakowemu odczuciu drgań wg Reihera i Meistera z naniesionymi średnimi wartościami częstotliwości i przyspieszeń dla kombajnu „Massey Ferguson” oraz KZS-4 „Rekin”



Rys. 3. Porównanie krzywych odpowiadających jednakowemu odczuciu drgań opracowanych przez Zellera, Reihera i Meistersa z naniesionymi średnimi wartościami częstotliwości i przyspieszeń dla kombajnu „Massey Ferguson” oraz KZS-4 „Rekin”

Opierając się również na zaleceniach stałej Komisji RWPG do spraw Rolnictwa, która mówi, że przyspieszenie maksymalne działające na pracownika nie może być wyższe od 300 cm/sek.^2 , stwierdzono, że wartości zmierzone prawie dwukrotnie przekraczają wartości dopuszczalne przez wyżej wymienione zalecenia.

Przeprowadzona tutaj ocena i analiza drgań poduszki siedziska kierowcy oraz pomostu jest niekompletna, ze względu na brak kryteriów oceny wpływu drgań podłużnych oraz poprzecznych. Ocena drgań pionowych w oparciu o określone wartości średnie jest także bardzo uproszczona i ma charakter ściśle porównawczy.

Dla pełnej oceny drgań w ogóle konieczna jest analiza widmowa określająca wartości przyspieszeń dla różnych pasm częstotliwości. W chwili obecnej brak jednak odpowiedniego analizatora pozwalającego na analizę w dość wąskich pasmach rzędu 3—5 drg./sek., gdyż nawet w przypadku zastosowania zapisu magnetycznego przeprowadzenie analizy widmowej drgań na analizatorze dźwięku nawet dla 1/3 oktawy, tj. w pasmach 12,5, 16, 20, 25, 31 Hz, mija się z celem, gdyż zostają obcięte wszystkie niższe częstotliwości, które tu w znacznej mierze występują.

3. WNIOSKI

Określenie wielkości drgań występujących w każdej konstrukcji ma bardzo duże znaczenie bądź ze względów wytrzymałościowych (zmęczenie), bądź ze względów ochrony pracy i stworzenie odpowiednich warunków człowiekowi obsługującemu dane stanowisko.

Przedstawiona analiza wpływu drgań niskiej częstotliwości oraz stopnia ich odczucia przez kierowcę-kombajniera (człowieka) stanowi tylko przyczynek do całości kształtu tak obszernego zagadnienia.

Podjęta jednak próba wykazała istnienie możliwości wykonania takich pomiarów oraz ich celowości dla oceny danej konstrukcji.

Ponadto pozwoliła na zebranie pewnego doświadczenia i wypracowania metodyki badań. Ponieważ zagadnienia te zostały objęte zaleceniami Stałej Komisji RWPG do spraw Rolnictwa, zachodzi konieczność przestrzegania tych zaleceń oraz wprowadzenia pomiarów drgań jako jeszcze jednego elementu do oceny badanej konstrukcji.

STRESZCZENIE

Drgania od silnika oraz mechanizmów roboczych kombajnu, a także drgania powstałe w czasie jazdy mogą osiągnąć duże wartości przyspieszeń w sposób przykry odczuwane przez kierowcę. Przedstawiona analiza wyników badań wskazuje, że w kombajnie „Massey Ferguson” i KZS-4 „Rekin” średnie drgania siedziska leżą nawet w strefie drgań szkodliwych dla zdrowia ludzkiego. Przyspieszenia maksymalne przekraczają prawie dwukrotnie wartości dopuszczalne (300 cm/sek.^2). metodyką Stałej Komisji Rolnej RWPG.

ЗБИГНЕВ БЕЛИЦКИ

ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИЙ ПЛОЩАДКИ И СИДЕНЬЯ ВОДИТЕЛЯ КОМБАЙНА

Резюме

Вибрации от двигателя и рабочих механизмов комбайна, а также вибрации возникающие во время езды машины могут достигнуть очень больших значений ускорений, которые бывают весьма неприятными для водителя. Представленный анализ результатов испытаний показывает, что в комбайнах „Massey Ferguson 500” N KZS-4 „Rekin” средняя величина вибрации сиденья находится даже в пределе вибраций, которые являются вредными для здоровья людей. Максимальные ускорения превышали почти двукратно величины (300 см/сек^2) допустимые методикой утвержденной Постоянной Комиссией по сельскому хозяйству.