

SPECYFIKACJA OGÓLNYCH WYMAGAŃ PROJEKTOWYCH DLA MASZYN ROLNICZYCH. CZ. I. MASZYNY UPRAWOWE

Zbigniew Ślipek, Jarosław Frączek

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Przedstawiono wymagania projektowe (założenia i kryteria konstrukcyjne) dla maszyn uprawowych. Specyfikację wymagań opracowano na podstawie badań ankietowych. Wymagania zostały pogrupowane według stopnia ważności. Zaobserwowano tendencję do preferowania niektórych wymagań projektowych przez grupy ankietowanych (eksperti, naukowcy, rolnicy). Nastąpił wzrost znaczenia wymagań projektowych w porównaniu z oceną przeprowadzoną w 1991 r.

Słowa kluczowe: wymagania projektowe, założenie, kryterium, maszyna uprawowa

Wprowadzenie

Konkurencja na rynku maszyn rolniczych wymusza na producentach staranne przygotowanie oferty produkcyjnej. Wymaga to ciągłych analiz rynku, wykonywania prognoz technicznych, dotyczących między innymi zmian parametrów techniczno-eksploatacyjnych maszyn rolniczych oraz śledzenia zmian w konstrukcjach tych maszyn.

W metodologii projektowania i konstruowania przywiązuje się dużą wagę do problemu specyfikacji wymagań. Specyfikacja właściwego, merytorycznie jednoznacznego zbioru wymagań jest podstawowym warunkiem powodzenia projektanta. Powinna ona być kompletna i spójna. Kompletność powinna zapewniać w zasadzie określenie wszystkich cech wymaganych od konstrukcji maszyny. Od spójności wymaga się, aby wymagania nie miały sprzecznych definicji. W praktyce trudno jest utworzyć na podstawie intuicji i kwalifikacji projektanta dobry zbiór wymagań. Przyczyny niepowodzeń przy tworzeniu wymagań mogą być rozmaite. Mogą one wynikać ze złożoności zadania projektowego, różnego zakresu zastosowań i warunków pracy projektowanej maszyny. Dla wąskich specjalistów z danej gałęzi techniki niektóre wymagania mogą wydawać się na tyle oczywiste, że pomijają je podczas tworzenia specyfikacji. Wreszcie może dochodzić do jednostronnego preferowania wymagań związanych na przykład z technologicznością konstrukcji co spowoduje akceptację rozwiązań łatwych do wytwarzania, przy pomijaniu wariantów uzasadnionych ekonomicznie i społecznie [Ślipek 1993].

Najczęściej proces projektowania dzieli się na następujące etapy:

- rozeznanie i sprecyzowanie zadania,
- specyfikacja wymagań,

- tworzenie zbioru koncepcji,
- wybór najlepszego wariantu rozwiązania,
- przeprowadzenie obliczeń i optymalizacja konstrukcji,
- opracowanie dokumentacji technicznej.

Tak więc, w procesie projektowania dokonywana jest wielokrotna ocena w oparciu o nałożone wymagania. Wymagania te są najczęściej zróżnicowane. Ważnym jest aby znaczenie poszczególnych wymagań wynikało z przesłanek merytorycznych, podporządkowanych naczelnym racjom istnienia środka technicznego.

Nie ma jednoznacznie określonych i zróżnicowanych pod względem ważności wymagań projektowych stawianych maszynom rolniczym. Dla maszyn uprawowych formułowane są następujące założenia: duże prześwity robocze, sprawne sterowanie i regulacja, bogate wyposażenie dodatkowe, uniwersalność, bezpieczeństwo, duża wersyjność, modułowa budowa maszyny [Buliński 2000, Talarczyk 2001]. Aktualnie zasadniczo zmienił się system obowiązujących przepisów w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa maszyn rolniczych. Wymagania mogą określać szczegółowe zasady konstrukcji. Liczbę tych zasad można specyfikować zależnie od potrzeb i nie jest ona precyzyjnie określona [Osiński i in. 1995]. Wydaje się, że jeśli zbiór wymagań tworzony jest intuicyjnie to może powstawać nawyk ograniczania się do pewnego punktu widzenia (powszechnie znane – „z mojego punktu widzenia”). Pole widzenia ma jednak znaczenie metodyczne. Tworzenie takiego pola może polegać na identyfikacji dostatecznie dużej liczby „punktów widzenia”, które umożliwi całościowe ujmowanie przedmiotu poznania. [Dietrych 1978]. Takim przedmiotem poznania na podstawie syntezy wielu „punktów widzenia” jest właśnie specyfikacja wymagań projektowych dla grupy maszyn do uprawy gleby. Ponadto podjęto próbę ustalenia stopnia ważności poszczególnych wymagań i zestawienia ich w grupy jednorodne. Celem pracy jest także poznanie, jak zmieniło się znaczenie (stopień ważności) wymagań projektowych dla maszyn uprawowych w okresie ostatnich 15 lat. Umożliwia to porównanie wyników badań ankietowych z 1991 r. [Ślipek 1993] z aktualnie przeprowadzonymi (2006 r.).

Wyniki analiz wymagań projektowych przedstawione w niniejszej pracy na poziomie ogólnym mogą być przydatne przy specyfikacji szczegółowych założeń oraz kryteriów konstrukcyjnych dla konkretnych maszyn uprawowych. Powinny być także pomocne w dydaktyce, przy nauczaniu projektowania inżynierskiego zgodnie ze standardami kształcenia.

Metodyka badań

Badania zostały wykonane metodą ankietowania respondentów (66 osób) w trzech grupach:

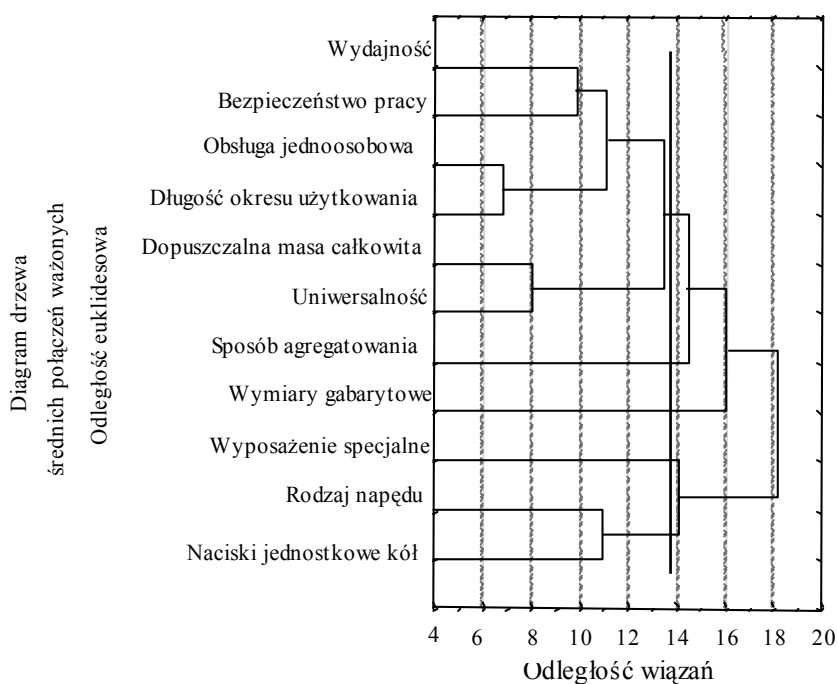
- ekspertów (zaliczono tu projektantów i przedstawicieli producentów maszyn rolniczych),
- naukowców (profesorowie inżynierii rolniczej),
- rolników (posiadających gospodarstwa powyżej 5 ha na terenie Małopolski).

Respondenci przypisali wagi (1-10) dla wyszczególnionych w ankiecie założeń oraz kryteriów. Do określenia podzbiorów założeń oraz kryteriów, które można uznać za jednorodne zastosowano metodę analizy skupień. Analizowano oddzielnie założenia oraz kryteria na poziomie podziału na pięć grup jednorodnych, każda o innym znaczeniu (wadze).

Wyniki

Ocena stopnia ważności założeń projektowych

Na rysunku 1 zobrazowano kompletny podział założeń na grupy jednorodne. Najbardziej ogólny podział obejmuje 2 grupy. Te grupy dzielone są na coraz niższym poziomie aż do przypadku gdzie wszystkie analizowane założenia wyszczególnione są jako samodzielne jednostki. Poziom wydzielający pięć grup (wg przyjętych ustaleń) obrazuje linia pionowa. Wartości liczbowe średnich wag dla wydzielonych grup jednorodnych przedstawia tabela 1. Najważniejsze, a więc mające znaczenie podstawowe (wg ekspertów) są następujące założenia: wydajność, dopuszczalna masa całkowita, obsługa jednoosobowa, uniwersalność, bezpieczeństwo pracy, długość okresu użytkowania.



Rys. 1. Podział założeń projektowych na grupy (skupienia) jednorodne – eksperci
 Fig. 1. Classification of design requirements into uniform groups (clusters) – experts

Podział założeń według opinii naukowców przedstawia tabela 2. Została ona sporządzona na podstawie grafu, obrazującego wyniki obliczeń – analogicznie jak dla rysunku 1 i tabeli 1. Znaczenie podstawowe przypisano bezpieczeństwu pracy, natomiast pozostałe założenia uznane przez ekspertów jako podstawowe, tutaj zakwalifikowano jako ważne.

Rolnicy wyszczególnili większą liczbę założeń o znaczeniu podstawowym, porównywalną ze specyfikacją preferowaną przez ekspertów (tabela 3).

Zestawienie dla wszystkich ankietowanych dało podział założeń na grupy, preferowany przede wszystkim przez ekspertów oraz rolników (tabela 4). Podsumowując tę część analizy można zauważyć, że ujawniła się tendencja do eksponowania swojego „punktu widzenia”.

Tabela 1. Podział założeń projektowych na grupy jednorodne – eksperci
Table 1. Classification of design requirements into uniform group – experts

Stopień ważności założeń	Treść założenia projektowego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Wydajność Dopuszczalna masa całkowita Obsługa jednoosobowa Uniwersalność Bezpieczeństwo pracy Długość okresu użytkowania	7,82
Ważne	Sposób agregatowania	7,00
Średnio ważne	Wymiary gabarytowe	6,84
Mało ważne	Rodzaj napędu Naciski jednostkowe kół	5,55
O znaczeniu podrzędnym	Wyposażenie specjalne	4,37

Tabela 2. Podział założeń projektowych na grupy jednorodne – naukowcy
Table 2. Classification of design requirements into uniform groups (clusters) – scientists

Stopień ważności założeń	Treść założenia projektowego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Bezpieczeństwo pracy	8,76
Ważne	Wydajność Sposób agregatowania Obsługa jednoosobowa Naciski jednostkowe kół Długość okresu użytkowania	7,74
Średnio ważne	Uniwersalność	6,04
Mało ważne	Dopuszczalna masa całkowita Rodzaj napędu Wymiary gabarytowe	6,00
O znaczeniu podrzędnym	Wyposażenie specjalne	4,16

Specyfikacja ogólnych wymagań...

Tabela 3. Podział założeń projektowych na grupy jednorodne – rolnicy
Table 3. Classification of design requirements into uniform groups – farmers

Stopień ważności założeń	Treść założenia projektowego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Wydajność Obsługa jednoosobowa Uniwersalność Bezpieczeństwo pracy Długość okresu użytkowania	9,08
Ważne	Sposób agregowania	7,42
Średnio ważne	Naciski jednostkowe kół Wymiary gabarytowe	6,75
Mało ważne	Rodzaj napędu	6,15
O znaczeniu podrzędnym	Dopuszczalna masa całkowita Wyposażenie specjalne	5,44

Tak, na przykład, założenie dotyczące dopuszczalnej masy całkowitej maszyny, według ekspertów ma znaczenie podstawowe, według naukowców jest mało ważne, zaś w opinii rolników jego znaczenie jest podrzędne. Opinie naukowców wydają się bardziej cenne przy eksponowaniu założeń o szerszym znaczeniu dla ewentualnych skutków społecznych. Ocenili oni wysoko znaczenie założenia dotyczącego nacisków jednostkowych kół a bezpieczeństwo pracy eksponowali najwyżej. Analiza łączna, obejmująca opinie wszystkich ankietowanych niweluje zróżnicowanie ważności poszczególnych założeń w grupach (tabela 4).

Tabela 4. Podział założeń projektowych na grupy jednorodne – wszyscy ankietowani
Table 4. Classification of design requirements into uniform groups – all respondents

Stopień ważności	Treść założenia projektowego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Wydajność Obsługa jednoosobowa Bezpieczeństwo pracy Długość okresu użytkowania	8,25
Ważne	Sposób agregowania	6,94
Średnio ważne	Uniwersalność	6,88
Mało ważne	Dopuszczalna masa całkowita Rodzaj napędu Naciski jednostkowe kół Wymiary gabarytowe	6,18
O znaczeniu podrzędnym	Wyposażenie specjalne	5,18

Ocena stopnia ważności kryteriów konstrukcyjnych

Specyfikację kryteriów konstrukcyjnych przedstawiono w analogicznym układzie jak przy ocenie założeń projektowych. Analiza skupień pozwoliła na przyporządkowanie poszczególnych kryteriów do grup jednorodnych (tabela 5-7). Z zestawień tych wynika

charakterystyczna obserwacja, świadcząca o zakwalifikowaniu większości branych pod uwagę kryteriów do grupy o znaczeniu podstawowym. Zaznacza się to w każdej grupie ankietowanych i oczywiście w zestawieniu zbiorczym przedstawionym w tabeli 8. Podkreślić należy fakt, że wymaganie –przydatność w różnych warunkach –zostało zakwalifikowane przez naukowców i rolników jako podstawowe, natomiast eksperci uznali, że ma ono mniejsze znaczenie. Wydaje się to uzasadnione dobrym rozeznaniem specyfiki pracy maszyn rolniczych przez te dwie grupy ankietowanych. Z kolei kryteria wytwórcze były przez naukowców i rolników kwalifikowane jako mające mniejsze znaczenie, w przeciwieństwie do ekspertów, którzy uznali te kryteria jako podstawowe. Kryteria ergonomiczne, ocenione przez ekspertów jako podrzędne, zaszerogowane zostały przez naukowców i rolników nieznacznie wyżej (jako średnio ważne). Równie nisko zostało zakwalifikowane kryterium – oryginalność koncepcji – co trudno uzasadnić.

Podsumowując, należy stwierdzić, że nieliczne przesunięcia poszczególnych kryteriów pomiędzy grupami ważności nie wpłynęły znacząco na ogólny obraz zaszerogowania. Potwierdza to analiza wykonana dla wszystkich ankietowanych (tabela 8).

Tabela 5. Podział kryteriów konstrukcyjnych na grupy jednorodne – eksperci
Table 5. Classification of design criteria into uniform groups – experts

Stopień ważności kryteriów	Treść kryterium konstrukcyjnego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Prostota konstrukcji Niezawodność, Trwałość Dokładność pracy Łatwość konserwacji i napraw Zabezpieczenie przed korozją Wygoda i łatwość regulacji Łatwość agregatowania Łatwość przygotowania maszyny do pracy Koszt własny wytworu Małe zużycie energii Łatwość wytwarzania Stopień unifikacji, normalizacji Dostępność stosowanego materiału	8,39
Ważne	Optymalna pozycja pracy operatora Przydatność w różnych warunkach	7,47
Średnio ważne	Minimalna masa	6,94
Mało ważne	Oryginalność koncepcji Wielofunkcyjność	6,64
O znaczeniu podrzędnym	Hałas, Temperatura, Wibracja	5,94

Specyfikacja ogólnych wymagań...

Tabela 6. Podział kryteriów konstrukcyjnych na grupy jednorodne – naukowcy
Table 6. Classification of design criteria into uniform groups – scientists

Stopień ważności kryteriów	Treść kryterium konstrukcyjnego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Prostota konstrukcji Niezawodność, Trwałość Dokładność pracy Przydatność w różnych warunkach Łatwość konserwacji i napraw Wygoda i łatwość regulacji Łatwość agregatowania Łatwość przygotowania maszyny do pracy Koszt własny wytworu Małe zużycie energii Stopień unifikacji, normalizacji Hałas, Wibracja	7,95
Ważne	Optymalna pozycja pracy operatora	7,42
Średnio ważne	Minimalna masa Wielofunkcyjność Zabezpieczenie przed korozją Łatwość wytwarzania Dostępność stosowanego materiału	6,59
Mało ważne	Oryginalność koncepcji	6,00
O znaczeniu podrzędnym	Temperatura	4,92

Tabela 7. Podział kryteriów konstrukcyjnych na grupy jednorodne według ważności – rolnicy
Table 7. Classification of design criteria into uniform groups – farmers

Stopień ważności kryteriów	Treść kryterium konstrukcyjnego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Prostota konstrukcji Niezawodność, Trwałość Dokładność pracy Przydatność w różnych warunkach Łatwość konserwacji i napraw Wygoda i łatwość regulacji Łatwość agregatowania Łatwość przygotowania maszyny do pracy Koszt własny wytworu Małe zużycie energii	8,77
Ważne	Minimalna masa Wielofunkcyjność Zabezpieczenie przed korozją	8,09
Średnio ważne	Dostępność stosowanego materiału Optymalna pozycja pracy operatora Hałas, Temperatura, Wibracja	7,79
Mało ważne	Łatwość wytwarzania Stopień unifikacji, normalizacji	6,75
O znaczeniu podrzędnym	Oryginalność koncepcji	6,27

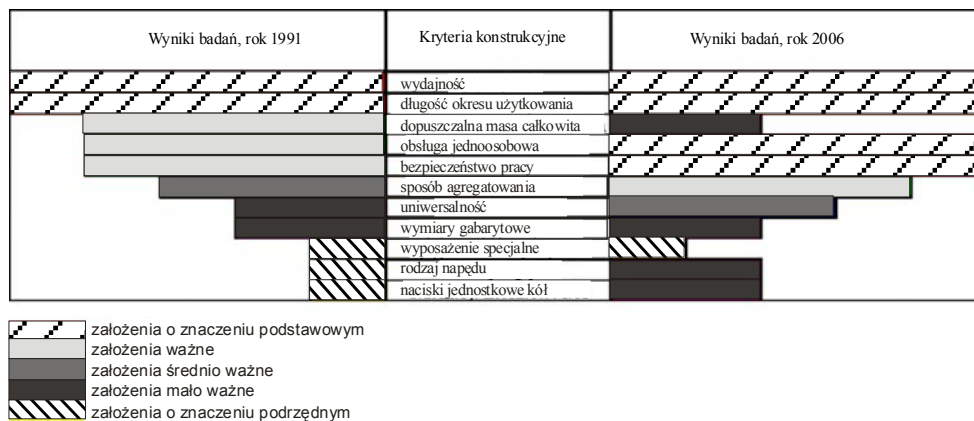
Tabela 8. Podział kryteriów konstrukcyjnych na grupy jednorodne – wszyscy ankietowani
 Table 8. Classification of design criteria into uniform groups – all respondents

Stopień ważności kryteriów	Treść kryterium konstrukcyjnego	Średnia grupowa punktów
O znaczeniu podstawowym	Prostota konstrukcji Niezawodność, Trwałość Wielofunkcyjność Dokładność pracy Przydatność w różnych warunkach Łatwość konserwacji i napraw Zabezpieczenie przed korozją Wygoda i łatwość regulacji Łatwość agregatowania Łatwość przygotowania maszyny do pracy Koszt własny wytworu Małe zużycie energii	8,02
Ważne	Łatwość wytwarzania Stopień unifikacji, normalizacji Dostępność stosowanego materiału	7,17
Średnio ważne	Optymalna pozycja pracy operatora Hałas, Temperatura, Wibracja	7,11
Mało ważne	Minimalna masa	6,74
O znaczeniu podrzędnym	Oryginalność koncepcji	6,19

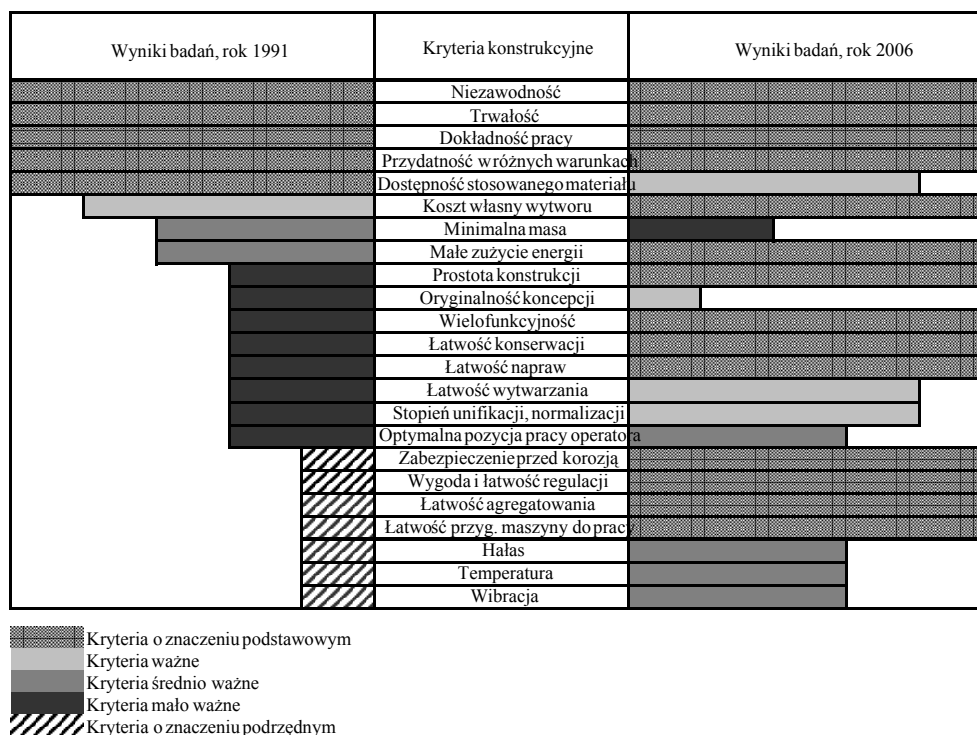
Porównanie rezultatów badań aktualnych z badaniami opublikowanymi w 1993 r.

W poprzednich rozdziałach przedstawione zostały wyniki oceny ważności ogólnych założeń i kryteriów dla maszyn uprawowych w 2006 r. Interesująca może być odpowiedź na pytanie – czy wymagania projektowe uległy zmianie w ciągu ostatnich 15 lat? W tym celu porównano je z danymi historycznymi [Ślipek 1993]. Wyniki porównania zobrazowano graficznie na rysunkach 2 i 3. W grupie założeń projektowych dla maszyn uprawowych nastąpił wzrost wymagań w stosunku do następujących założeń: obsługa jednoosobowa, bezpieczeństwo pracy oraz rodzaj napędu i naciski jednostkowe kół. Porównanie kryteriów konstrukcyjnych w grupie maszyn uprawowych wskazuje na generalny wzrost ich znaczenia. Dotyczy to szczególnie takich kryteriów jak: małe zużycie energii, prostota konstrukcji, wygoda i łatwość regulacji, łatwość agregatowania oraz łatwość przygotowania maszyny do pracy.

Specyfikacja ogólnych wymagań...



Rys. 2. Porównanie założeń projektowych dla maszyn uprawowych
 Fig. 2. Comparison of design requirements for cultivating machinery



Rys. 3. Porównanie kryteriów konstrukcyjnych dla maszyn uprawowych
 Fig. 3. Comparison of design criteria for cultivating machinery

Wnioski

1. Analiza preferencji założeń projektowych wykazała zbieżność ocen dokonywanych przez ekspertów i rolników.
2. Znaczna liczba kryteriów została zakwalifikowana do grupy o znaczeniu podstawowym.
3. Zaobserwowano tendencję do eksponowania przez ankietowanych swoistego, preferującego własne racje zawodowe, „punktu widzenia” w ocenie wymagań projektowych. Łączna analiza ocen wszystkich respondentów (ekspertów, naukowców, rolników) niweluje skutecznie te preferencje.
4. Nastąpił wzrost znaczenia wymagań projektowych w porównaniu z oceną przeprowadzoną w 1991 r.

Bibliografia

- Buliński J.** 2000. Nowoczesna technika w rolnictwie. Część I. Ciągniki i maszyny do uprawy gleby. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, nr 11, ISSN 1732-1719.
- Dietrych J.** 1978. System i konstrukcja. WNT. Warszawa, s. 167-202.
- Osiński Z., Wróbel J.** 1995. Teoria konstrukcji. Wydawnictwo Naukowe PWN, ISBN 83-01-11840-7.
- Ślipek Z.** 1993. Ocena stopnia ważności wymagań konstrukcyjnych dla maszyn rolniczych. Część I i II. Roczniki Nauk Rolniczych t. 79-C4. s. 54-58, 60-66
- Talarczyk W.** 2001. Pługi – tendencje rozwojowe konstrukcji. Technika Rolnicza, nr 2. ISSN 1732-1719.
- Talarczyk W.** 2001. Bierne agregaty uprawowe – tendencje rozwojowe. Technika Rolnicza. nr 4. ISSN 1732-1719.

SPECIFICATION OF GENERAL DESIGN REQUIREMENTS FOR AGRICULTURAL MACHINES. PART I. CULTIVATION MACHINERY

Summary. Design requirements were presented (both assumptions and design criteria) for cultivation machinery. Specification of the above requirements was developed based on survey research. Those requirements were classified according to importance. It was observed that certain groups of respondents (experts, scientists, farmers) made a specific preference related to some design requirements. There was an increase in design requirement importance in comparison to evaluation conducted in 1991.

Key words: design requirement, assumption, criterion, cultivating machinery

Adres do korespondencji:

Zbigniew Ślipek; e-mail: slipek@ar.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków

