

EKSPLOATACJA POJAZDÓW ROLNICZYCH W ASPEKTCIE STRUKTURY POPYTU NA USŁUGI PRZEGLĄDÓW SERWISOWYCH

THE FARM VEHICLES OPERATION IN THE ASPECT OF THE STRUCTURE OF DEMAND FOR MAINTENANCE INSPECTIONS

Przedstawiono działania w obszarze utrzymania gotowości technicznej pojazdów rolniczych. Zaprezentowano czynniki wewnętrzne i zewnętrzne występujące w procesie eksploatacji ciągnika. Omówiono charakterystyki przeglądów przed sprzedażą (P0) oraz przeglądów gwarancyjnych (PG) i pogwarancyjnych (PP). Analiza obejmowała rozkłady ilości usług serwisowych w latach 2003-2008. Przeglądy realizowane były w Dziale Serwisu przedsiębiorstwa handlowo – usługowego prowadzącego autoryzowaną dystrybucję ciągników i maszyn rolniczych. Wyniki badań opracowano metodą statystyczną wyznaczając wartość indeksów sezonowych dla badanego okresu. Usługi serwisowe (P0) i (PG-PP) poddano ocenie w odniesieniu do kalendarza zabiegów agrotechnicznych.

Słowa kluczowe: niezawodność, eksploatacja, logistyka serwisu, obsługa serwisowa ciągników rolniczych.

Practices in the area of maintaining technical efficiency of farm vehicles have been presented. The internal and external factors occurring in the process of tractor operation have been examined. The characteristics of pre-sale inspections (P0) as well as guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) have been discussed. The analysis includes the distributions of the number of maintenance inspection services in the years 2003-2008. The inspections were carried out in the Service Department of a trade and service enterprise which is an authorised distributor of tractors and farm machines. The results of the survey have been prepared with the use of statistical methods, determining the value of seasonal indices for the studied period. The maintenance services (P0 and PG-PP) have been assessed in relation to the calendar of agrotechnical operations.

Keywords: reliability, operation, service logistics, maintenance service of farm tractors.

1. Wprowadzenie

Współczesna produkcja rolnicza stawia wysokie wymagania przed producentami żywności w zakresie poziomu zbieranych plonów. Wypracowanie dodatknych wyników ekonomicznych zależy w istotnym stopniu od zachowania terminów zalecanych przy wykonywaniu zabiegów polowych. Prace w branży rolniczej podlegając zjawisku sezonowości, wymagają planowego użytkowania agregatów uprawowych, aby zapobiec obniżeniu wielkości i jakości zbiorów z upraw polowych [3, 11]. Wysoki udział czasu efektywnie wykorzystanego na zasadniczą pracę oraz wysoka wydajność maszyn, zależą przede wszystkim od posiadania niezawodnych i sprawnych technicznie ciągników. W sytuacji wystąpienia awarii użytkowanego pojazdu, trudnym zadaniem jest zapewnienie terminowej realizacji zabiegów, szczególnie w okresie intensywnych prac polowych. Wykonanie okresowych przeglądów technicznych pojazdów, mające na celu utrzymanie sprawności użytkowej i funkcjonalnej, winno być realizowane w czasie, który akceptuje nabywca [8, 9, 21]. Pierwszoplanowe znaczenie w budowaniu satysfakcji klienta posiada obsługa techniczna, prowadzona przez personel o wysokich kwalifikacjach oraz dostosowanie systemu logistycznego serwisu do efektywnego wykonania zleceń zgłaszanych przez użytkowników [7, 14]. Pozytywna realizacja obsługi serwisowej w dłuższym horyzoncie czasowym, prowadzi do powstania lojalności, którą klient reprezentuje w stosunku do firmy [2, 4, 5, 17].

1. Introduction

The modern agricultural production places high demands on food production in terms of the level of gathered crops. Achieving positive economic results largely depends on keeping deadlines recommended for field works. Works in the agricultural industry, being subject to seasonality, require a scheduled use of cultivation units in order to prevent lowering of the quantity and quality of crops from field cultivation [3, 11]. A high proportion of time effectively used for the work itself and a high productivity of machines largely depend on having reliable and technically efficient tractors. In the situation of a failure of the utilised vehicle, ensuring timely performance of procedures is a difficult task, especially in the period of intensive field works. Performing periodic technical inspections of vehicles, intended for maintenance of their usable and functional efficiency, should be performed within the time accepted by the purchaser [8, 9, 21]. Technical service is of primary importance in building the client's satisfaction. It should be performed by highly qualified staff and the logistic system of the service should be suited for effective realisation of orders placed by users [7, 14]. An effective performance of maintenance service on a long-term basis leads to developing loyalty of the client to the company [2, 4, 5, 17].

2. Proces eksploatacji pojazdów rolniczych

Głównymi problemami w dziedzinie eksploatacji pojazdów rolniczych jest zapewnienie ich wysokiej niezawodności i gotowości, optymalizacja kosztów użytkowania oraz systemy logistyczne pozwalające uzyskać szybką i efektywną obsługę serwisową.

Działania w obszarze utrzymania gotowości technicznej pojazdów obejmują szereg prac, wśród których należy wyróżnić [16]:

- bieżącą kontrolę stanu technicznego;
- obsługę konserwacyjną – czynności planowo zabezpieczające pojazdy przed szkodliwym działaniem środowiska;
- serwisowe przeglądy gwarancyjne i pogwarancyjne – to obsługa profilaktyczna, która ma za zadanie zmniejszyć intensywność utraty zdolności użytkowanego pojazdu;
- naprawy okresowe odtwarzające stan zdolności użytkowej obiektu technicznego.

Stan obiektów technicznych użytkowanych w rolnictwie uwarunkowany jest ich czynnikami konstrukcyjnymi i technologicznymi. Obecnie produkowane ciągniki rolnicze, to pojazdy o wysokim stopniu zaawansowania pod względem rozwiązań w obydwu tych obszarach. Ciągniki wyposażane są w nowoczesne jednostki napędowe, posiadające mikroprocesorowe układy sterujące i monitorujące parametry pracy, wielozakresowe bezstopniowe przekładnie i systemy hydrauliki oraz komputery pokładowe. Współczesne pojazdy w procesie utrzymania niezawodnej eksploatacji, wymagają korzystania z usług świadczonych przez autoryzowane stacje obsługi serwisowej [10, 18, 19, 20].

W procesie eksploatacji na obiekt oddziałują czynniki wewnętrzne oraz zewnętrzne, które mogą mieć charakter zarówno obiektywny, jak i subiektywny. Z uwagi na charakter losowy działających czynników, po przepracowaniu przez poszczególne pojazdy rolnicze okresów pomiędzy kolejnymi zalecanymi przez producenta przeglądami, mogą charakteryzować się one bardzo różnym stanem technicznym.

Na przestrzeni całego okresu eksploatacji pojazdy rolnicze poddawane są działaniu [15]:

- czynników roboczych wewnętrznych $A(t)$ – zmienne obciążenia w ruchu obrotowym oraz zmienne naciski jednostkowe na konstrukcję i poszczególne podzespoły;
- zewnętrzne $B(t)$ – wymuszenia meteorologiczne: temperatura i wilgotność otoczenia, czynniki biologiczne, chemiczne oraz mechaniczne;
- antropotechniczne $C(t)$ – umiejętności i kwalifikacje operatorów, zasady i charakter eksploatacji.

Zmianę stanu $w(t)$ obiektu technicznego wywołaną przez przedstawione powyżej czynniki można opisać równaniem:

$$\frac{dw}{dt} = f [w(t_0), A(t), B(t), C(t), t] \quad (1)$$

Ogólne równanie stanu obiektu technicznego przyjmuje wówczas postać:

$$W(t) = g [t_0, w(t_0), A(t), B(t), C(t), t] \quad (2)$$

gdzie: $W(t)$ - stan obiektu w chwili t , $w(t_0)$ - stan obiektu w chwili początkowej t_0

Równanie stanu obiektu technicznego (2) opisuje stan obiektu $W(t)$ w chwili t , w zależności od określonej chwili t , chwili początkowej t_0 (dla $t_0 < t$), stanu $w(t_0)$ oraz zmienności poszczególnych wymuszeń $A(t)$, $B(t)$ i $C(t)$.

2. The process of operation of farm vehicles

The main issues connected with operation of farm vehicles is ensuring their high reliability and readiness for operation, optimizing maintenance costs and creating logistic systems allowing for obtaining fast and effective maintenance service.

Practices in the area of maintaining technical readiness of vehicles include a number of works, among which are [16]:

- routine inspections of the technical condition of vehicles;
- maintenance service – planned works protecting vehicles from the harmful influence of the environment;
- guarantee and post-guarantee maintenance inspections – preventive services, which are aimed at minimising the degree of the vehicle's usability loss;
- periodic inspections restoring the state of usability of a technical object.

The state of technical facilities used in agriculture is conditioned by construction and technological factors. The farm tractors produced nowadays are vehicles with a high level of advancement in terms of solutions in these two areas. The tractors are equipped with modern motive units, they have microprocessor control units and systems monitoring working parameters, multi-range stepless gear units and hydraulics systems as well as on-board computers. In the process of maintaining infallible operation, modern vehicles need the services provided by authorised service stations [10, 18, 19, 20].

In the process of operation the object is influenced by internal and external factors which may be of an objective or subjective nature. Due to the random character of these factors, when particular farm vehicles reach the dates of inspection recommended by the producer, their technical state can be very different.

Throughout the whole period of operation, farm vehicles are subject to the influence of [15]:

- internal working factors $A(t)$ – variable loads in rotary motion as well as changeable unit pressures on the construction and particular components;
- external $B(t)$ – meteorological conditions: temperature and ambient humidity, biological, chemical and mechanical factors;
- anthropotechnical $C(t)$ – skills and qualifications of operators, the rules and character of operation.

The change of state $w(t)$ of a technical object caused by the above mentioned factors can be presented by means of the following formula:

$$\frac{dw}{dt} = f [w(t_0), A(t), B(t), C(t), t] \quad (1)$$

A general formula for the state of a technical object will therefore be as follows:

$$W(t) = g [t_0, w(t_0), A(t), B(t), C(t), t] \quad (2)$$

where: $W(t)$ - the state of an object in a given moment t , $w(t_0)$ - the state of an object at the starting point t_0

The formula of the state of a technical object (2) describes the state of object $W(t)$ in time t , depending on a given moment t , the starting point t_0 (for $t_0 < t$), state $w(t_0)$ as well as the variability of particular factors $A(t)$, $B(t)$ and $C(t)$.

Prace prowadzone przez Dział Serwisu wpływają na poziom zmienności i stopień oddziaływania poszczególnych czynników na pojazd. Ważnym zadaniem jest zabezpieczenie przez autoryzowanego dystrybutora pojazdów, niezawodnej i efektywnej obsługi serwisowej przez cały okres użytkowania pojazdu [8, 12, 13]. Logistyczna obsługa klienta wymaga szeregu działań organizacyjnych, ponieważ w kolejnych miesiącach roku występują duże wahania popytu ze strony użytkowników pojazdów rolniczych z jednoczesnym zjawiskiem maksymalnego zapotrzebowania sezonowego [6]. Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie rozkładu ilościowego przeglądów ciągników rolniczych zrealizowanych przez autoryzowany serwis w latach 2003-2008.

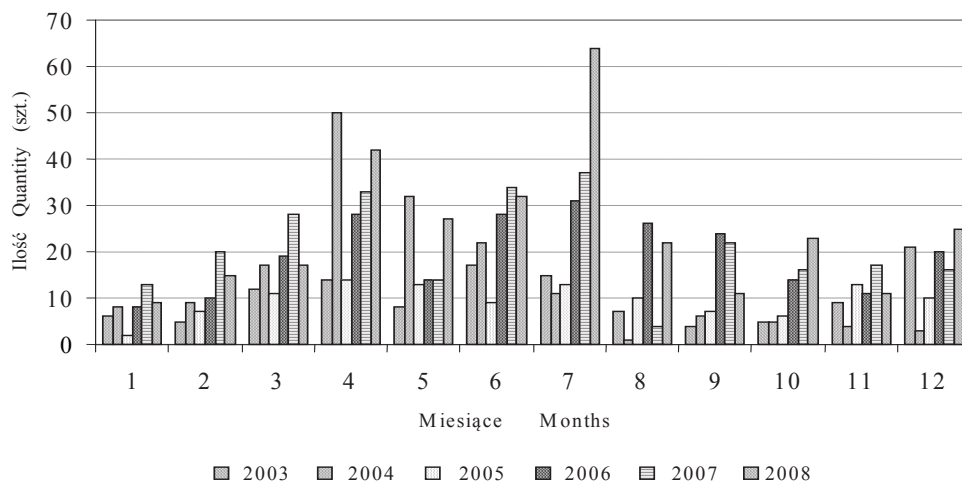
3. Analiza przeglądów przed sprzedażą oraz przeglądów gwarancyjnych i pogwarancyjnych ciągników rolniczych w latach 2003-2008

W czasie sześciolletnich badań poddano obserwacjom usługi wykonywane przez Dział Serwisu w przedsiębiorstwie, które prowadzi autoryzowaną dystrybucję ciągników i maszyn rolniczych oraz części zamiennych, m.in. koncernu JOHN DEERE. Przedsiębiorstwo handlowo-usługowe stanowiące miejsce badań, świadczy usługi na rzecz producentów żywności od końca lat 80-tych ubiegłego wieku. Dział Serwisu realizuje działalność usługową na obszarze Polski środkowo-wschodniej.

3.1. Charakterystyka przeglądów przed sprzedażą (P0) w latach 2003-2008

W badanym okresie Dział Serwisu zrealizował ogółem 1191 przeglądów przed sprzedażą (zerowych). Strukturę ilości przeglądów P0 ciągników w latach 2003-2008 przedstawia histogram na rys. 1.

Przeglądy gwarancyjne zrealizowane w kolejnych sześciu latach, posiadały strukturę skoordynowaną z popytem rynku na poszczególne wyroby. Przeprowadzenie procesu sprzedaży przez Dział Handlowy łącznie z przekazaniem pojazdu nabywcy, generowało potrzebę wykonania na stacji serwisowej równoważnej ilości przeglądów technicznych (P0) nowych ciągników rolniczych.



Rys.1. Rozkład ilości przeglądów przed sprzedażą (P0) ciągników rolniczych w latach 2003-2008 [Opracowanie własne]

Fig.1. The distribution of the number of pre-sale inspections (P0) of farm tractors in the years 2003-2008 [The authors' own study]

Works carried out by the Service Department influence the level of variability and the degree of impact of particular factors on the vehicle. An important task of the authorised vehicle distributor is to ensure a reliable and effective maintenance during the whole period of the vehicle operation [8, 12, 13]. The logistic customer service requires a number of organisational activities since in the subsequent months of the year there are high variations of demand on the side of users of farm vehicles, together with a phenomenon of a maximum seasonal demand [6]. The aim of the performed survey has been to establish a quantitative distribution of inspections of farm tractors performed by the authorised service station in the years 2003-2008.

3. The analysis of pre-sale inspections as well as guarantee and post-guarantee inspections of farm tractors in the years 2003-2008

During the six-year survey, the services provided by the Service Department in the above mentioned enterprise, which is an authorised distributor of tractors and farm machines as well as spare parts, i.a. of the JOHN DEERE concern. The trade and service enterprise where the survey was carried out has been providing services for food producers since the '80s. The Service Department performs service activity in the area of Central Eastern Poland.

3.1. The characterisation of pre-sale inspections (P0) in the years 2003-2008

In the surveyed period the Service Department carried out 1191 pre-sale (zero) inspections in total. The structure of the number of P0 inspections in the years 2003-2008 is presented in the form of a histogram in Figure 1.

The structure of guarantee inspections carried out in the subsequent six years was coordinated with market demand for particular products. The process of sale through the Sales Department, together with transferring the vehicle to the purchaser, generated the need to perform an appropriate number of technical inspections (P0) of new farm tractors at the service station.

Analiza zapotrzebowania rynku na przeglądy przed sprzedażą (P0) realizowane w ujęciu kwartalnym, wykazała najniższy popyt w pierwszych trzech miesiącach roku. Najniższy miesięczny poziom na tego typu usługi wystąpił w styczniu, zarówno dla badanego przedziału, jak i okresów rocznych. Sytuacja bardzo niskiego popytu związana była z brakiem realizacji prac polowych w okresie zimy. Kolejne miesiące generowały systematyczny wzrost ilości usług (P0).

Pierwszy kwartał dla lat 2003-2008 charakteryzował się wykonaniem przeglądów odpowiednio na poziomie: 18,7%, 20,2% i 17,4% oraz 15,9%, 24,0% i 13,8% zapotrzebowania rocznego. Intensywne wykorzystanie ciągników w okresie wiosennych prac polowych powodowało wzrost popytu na rynku, a tym samym wzrost zapotrzebowania na usługi, które osiągnęły maksymalny poziom w miesiącu kwietniu. Drugi kwartał posiadał wyróżnioną strukturę przeglądów nowych pojazdów w poszczególnych latach, odpowiednio o wartości: 31,7%, 61,9% i 31,3% oraz 30,0%, 31,9% i 33,9% popytu rocznego. Wysoka niejednorodność zapotrzebowania w 2004 roku, czyli dwukrotnie wyższy poziom drugiego kwartału i bardzo niski popyt w pozostałych miesiącach, spowodowany był zmienną strukturą rocznego zapotrzebowania na pojazdy, wynikającą ze zmiany podatku VAT po akcesji Polski do Unii Europejskiej. Charakterystyczny spadek zapotrzebowania na usługi serwisowe odnotowano w miesiącu maju dla wszystkich badanych lat. W trzecim kwartale poziom zrealizowanych usług w pierwszych trzech latach był odpowiednio równy: 21,1%, 10,7% i 26,1%, natomiast dla okresu 2006-2008 kolejno wynosił: 34,8%, 24,8% oraz 32,6% zapotrzebowania rocznego. Znamionym było lokalne maksimum w miesiącu lipcu i dynamiczny spadek popytu na przeglądy (P0) w sierpniu i wrześniu. Ostatnie trzy miesiące w badanych latach posiadały wyrównany średni poziom, oprócz roku wstąpienia do UE, odpowiednio o wartości: 28,5%, 7,2%, 17,2% oraz 19,3%, 19,3% i 19,8% popytu rocznego.

Sumaryczny rozkład ilości przeglądów przed sprzedażą (P0) ciągników rolniczych w latach 2003-2005 prezentuje wykres na rys. 2.

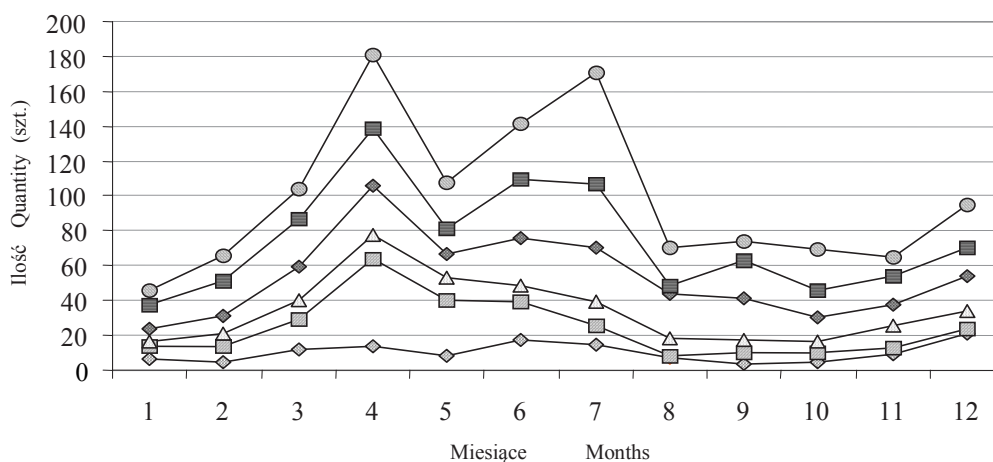
W latach 2003-2008 wystąpiła tendencja wzrostowa ilości realizowanych przeglądów przed sprzedażą nowych pojazdów. Porównanie kolejnych okresów rocznych potwierdziło przyrost ilości wykonanych zamówień w 2004 roku o 36,6% w odniesie-

The analysis of the market demand for pre-sale inspections (P0) carried out in quarterly terms showed the lowest demand in the first three months of the year. The lowest monthly level of demand for this kind of services occurred in January, both for the whole studied period and for particular years. The occurrence of a very low demand was associated with the lack of field works to be carried out during the winter. The next months saw a systematic growth of the number of services (P0).

The first quarter for the years 2003-2008 was characterised by the following percentage of inspections: 18.7%, 20.2% and 17.4% as well as 15.9%, 24.0% and 13.8% in comparison to the yearly demand. An intensive use of tractors during spring field works caused an increase in the market demand, and at the same time a rise in the demand for services, which reached the maximum in April. The second quarter was characterised by a steady structure of inspections of new vehicles in particular years, respectively reaching the level of: 31.7%, 61.9% and 31.3% as well as 30.0%, 31.9% and 33.9% of the annual demand. A high heterogeneity of demand in 2004, i.e. twice as high level in the second quarter and a very low demand in the remaining months were caused by the changing structure of the annual demand for vehicles, resulting from the change in VAT after Poland's accession to the European Union. A characteristic drop of demand for maintenance services was recorded in May of all the surveyed years. In the third quarter the level of services provided in the first three years amounted to, respectively, 21.1%, 10.7% and 26.1%, while for the period 2006-2008 it reached the level of 34.8%, 24.8% and 32.6% of the annual demand. What was symptomatic was a local maximum in July and a dynamic decline of demand for inspections (P0) in August and September. The last three months in the surveyed years were at a steady average level, except for the year of Poland's accession to the EU, and amounted to 28.5%, 7.2%, 17.2% as well as 19.3%, 19.3% and 19.8% of the annual demand.

A summary distribution of the number of pre-sale inspections (P0) of farm tractors in the years 2003-2005 is presented in Figure 2.

In the years 2003-2008 a growing tendency of the number of inspections carried out before the sale of new vehicles was recorded. A comparison of the subsequent annual periods confirmed the increase of the number of performed orders in 2004



Rys.2. Sumaryczny rozkład ilości przeglądów przed sprzedażą (P0) ciągników rolniczych w latach 2003-2008 [Opracowanie własne]

Fig. 2. The summary distribution of the number of pre-sale inspections (P0) of farm tractors in the years 2003-2008 [the authors' own study]

niu do pierwszego roku badań i spadek zleceń przeglądów (P0) w 2005 roku o 31,5% w porównaniu do 2004 roku. W 2006 roku miał miejsce dynamiczny wzrost obsługi serwisowej o 102,6% w stosunku do 2005 roku. W 2007 roku odnotowano przyrost zleceń o 9,0% w stosunku do 2006 roku oraz kolejne zwiększenie zrealizowanych przeglądów w 2008 roku o 17,3% w porównaniu do 2007 roku.

3.2. Charakterystyka przeglądów gwarancyjnych (PG) i pogwarancyjnych (PP) w latach 2003-2008

W badanych latach zrealizowano ogółem 1516 przeglądów gwarancyjnych (PG) i pogwarancyjnych (PP) pojazdów rolniczych. Przyrost zapotrzebowania na usługi serwisowe zależał od intensywności eksploatacji ciągników przy wykonywaniu prac polowych.

Przepracowanie resursu motogodzin, przy którym zalecane jest wykonanie przeglądu na autoryzowanej stacji serwisowej, stanowiło podstawę do zgłoszenia usługi przez nabywcę. Poziom realizowanych zleceń podlegał dużym zmianom na przestrzeni roku. Zabezpieczenie logistyczne przeglądów wymagało działań zarówno w dziedzinie dostępności części zamiennych i płynów eksploatacyjnych, jak i koordynacji pracy zespołów serwisowych. Strukturę ilości usług przeglądów gwarancyjnych i pogwarancyjnych ciągników rolniczych w latach 2003-2008 przedstawia histogram na rys. 3.

Pierwszy kwartał dla badanych lat posiadał najniższy poziom popytu na usługi serwisowe, których struktura była odpowiednio równa: 7,8%, 9,5% i 20,4% oraz 14,2%, 12,4% i 19,2% zapotrzebowania rocznego. W układzie miesięcznym minimalna ilość przeglądów przypadła na styczeń i luty, a było to związane z brakiem prac polowych w okresie zimy. Koniec pierwszego i drugi kwartał charakteryzował wzrost ilości przeglądów (PG-PP) stosownie do wzrostu intensywności eksploatacji ciągników. Drugi kwartał posiadał porównywalny poziom zrealizowanych przeglądów, a ich wartość dla poszczególnych lat była odpowiednio równa: 28,0%, 31,1% i 29,4% oraz 29,8%, 21,9% i 25,1% popytu rocznego. W trzecim kwartale przypadło roczne maksimum zleceń usługowych (PG-PP) przeprowadzonych przez Dział

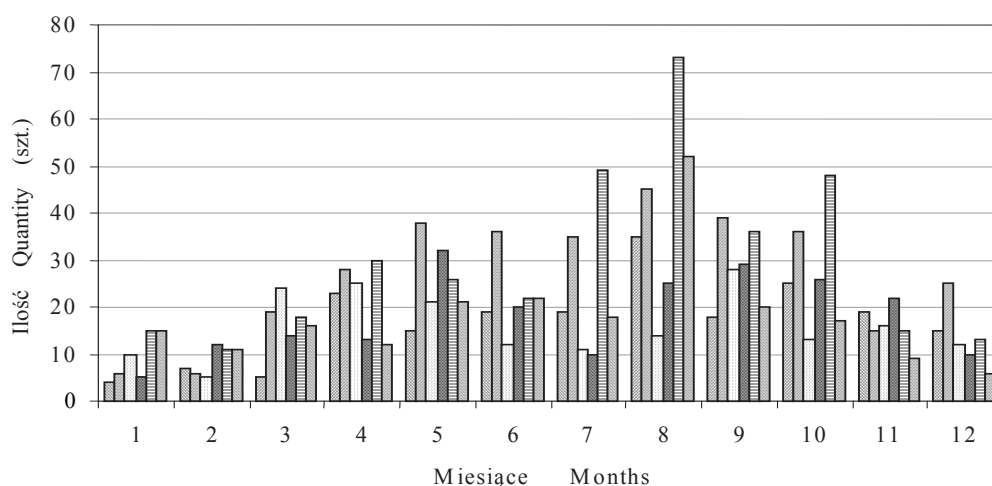
by 36.6% in relation to the first year of inspections and a decline in the number of ordered inspections (P0) in 2005 by 31.5% in comparison to 2004. In 2006 there was a dynamic growth of maintenance services, i.e. by 102.6% as compared to 2005. In 2007 an increase of orders by 9.0% was recorded against 2006, and another rise of performed inspections occurred in 2008 (by 17.3% in comparison to 2007).

3.2. The characterisation of guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) in the years 2003-2008

In the investigated years the total number of inspections carried out was 1516, including both guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) of farm vehicles. An increase in demand for maintenance services depended on the intensiveness of farm tractors' operation during carrying out field works.

Reaching the number of motohours after which it is recommended to carry out an inspection at an authorised service station constituted a basis for ordering the service by the owner of the vehicle. The level of orders carried out was subject to significant changes during the year. Securing the logistics of inspections required actions both in the area of availability of spare parts and maintenance fluids as well as the coordination of the service teams' work. The structure of the quantity of guarantee and post-guarantee inspections of farm tractors in the years 2003-2008 is presented in the form of a histogram in Fig. 3.

The first quarter of the surveyed years was characterised by the lowest level of demand for maintenance services, and their structure amounted to, respectively, 7.8%, 9.5% and 20.4% as well as 14.2%, 12.4% and 19.2% of the annual demand. In monthly terms, the number of inspections in January and February was minimal, which was due to the lack of field works during winter. The end of the first and the second quarter was characterised by a rise of the number of inspections (PG-PP) proportionately to the increase in the intensity of tractor operation. In the second quarter the level of inspections carried out was similar, and their value for particular years was equal to: 28.0%, 31.1% and 29.4% as well as 29.8%, 21.9% and 25.1% of the annual demand. In the third quarter the



Rys.3. Rozkład ilości usług przeglądów gwarancyjnych (PG) i przeglądów pogwarancyjnych (PP) w latach 2003-2008 ciągników rolniczych [Opracowanie własne]

Fig.3. The distribution of the number of guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) of farm tractors in the years 2003-2008 [The authors' own study]

Serwisu. Dla pierwszych trzech lat poddanych analizie usługi były kolejno równe: 35,3%, 36,3% i 27,7%, natomiast dla okresu 2006-2008 miały wartość: 29,4%, 44,4% i 41,1% zapotrzebowania rocznego. Z analizy wynika, że maksymalny poziom realizacji zarejestrowany został w sierpniu. Użytkownicy pojazdów rolniczych zgłaszali wówczas zlecenia przeglądów gwarancyjnych i pogwarancyjnych, bezpośrednio po zakończeniu intensywnych prac polowych przy zbiorze zbóż i upraw późniowych. Zabiegi tego rodzaju z uwagi na strukturę upraw krajowego rolnictwa, stanowią dominujący rodzaj prac agrotechnicznych [3, 11]. Charakterystyczna dla wszystkich lat zależność wystąpiła w czwartym kwartale, który charakteryzował się redukcją zgłaszanych do serwisu przeglądów w kolejnych miesiącach. Ostatni kwartał dla badanych lat osiągnął odpowiednio wartość: 28,9%, 23,1% i 21,5% oraz 26,6%, 21,3% i 14,6% popytu w skali roku.

Sumaryczny rozkład ilości usług przeglądów gwarancyjnych (PG) i pogwarancyjnych (PP) ciągników rolniczych w badanym okresie prezentuje wykres na rys. 4.

Porównanie kolejnych okresów rocznych stanowi potwierdzenie wzrostu ilości przeglądów (PG-PP) w 2004 roku o 60,8% w porównaniu do 2003 roku i spadku poziomu tego typu usług w 2005 roku o 41,8% w odniesieniu do 2004 roku. W 2006 roku wykonano o 14,1% więcej przeglądów w porównaniu z 2005 rokiem, natomiast w 2007 roku przekroczono ilość zleceń o 63,3% w zestawieniu z 2006 rokiem. Ostatni z porównywanych okresów wykazał spadek o 38,5% zrealizowanych przez serwis przeglądów w 2008 roku w stosunku do 2007 roku.

4. Analiza statystyczna usług serwisowych dla ciągników rolniczych w latach 2003-2008

Przeprowadzona analiza badań wybranych usług serwisowych, stanowiła podstawę do zestawienia zbiorów obserwacji w postaci szeregów czasowych. Przeglądy przed sprzedażą, gwarancyjne i pogwarancyjne realizowane przez Dział Serwisu

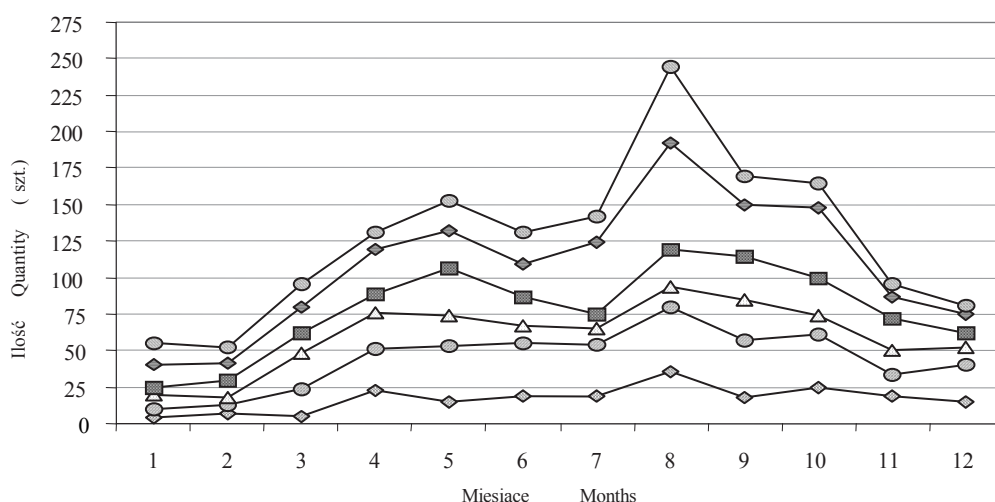
maximum of service orders (PG-PP) carried out by the Service Department was reached. For the first three years subject to the analysis the services amounted to 35.3%, 36.3% and 27.7%, while for the period 2006-2008 they reached the level of 29.4%, 44.4% and 41.1% of the annual demand. The analysis demonstrates that the maximum level of inspections performed was recorded in August. During this month users of farm vehicles ordered guarantee and post-guarantee inspections, directly after the end of intensive field works associated with collecting crops and post-harvest crops. This kind of operations, due to the structure of crops of the Polish agriculture, constitutes the main kind of agrotechnical works [3, 11]. A correspondence typical for all the years occurred in the fourth quarter, which was characterised by a decline in the number of inspections carried out at the service station in the subsequent months. In the last quarter of the investigated years, the proportion of demand in annual terms was the following: 28.9%, 23.1% and 21.5% as well as 26.6%, 21.3% and 14.6%.

The summary distribution of the number of guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) of farm tractors in the investigated period is presented in Figure 4.

A comparison of subsequent yearly periods constitutes a confirmation of the increase in inspections (GI-PI) in 2004 by 60.8% in comparison to 2003 and a decrease of the level of this kind of services in 2005 by 41.8% in relation to 2004. In 2006 the number of performed inspections was higher by 14.1% than in 2005, while in 2007 the number of orders exceeded the level recorded in 2006 by 63.3%. The last of the compared periods saw a decrease by 38.5% in the inspections carried out in the service station against 2007.

4. The statistical analysis of maintenance services of farm tractors in the years 2003-2008

The analysis of the selected maintenance services provided a basis for a compilation of the results of observations in the form of time series. Pre-sale inspections, guarantee and post-guarantee inspections carried out by the Service Department within the period of 6 years had a periodic structure. The essence of seasonal



Rys.4. Sumaryczny rozkład ilości usług przeglądów gwarancyjnych (PG) i przeglądów pogwarancyjnych (PP) w latach 2003-2008 ciągników rolniczych [Opracowanie własne]

Fig.4. The summary distribution of the number of guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) of farm tractors in the years 2003-2008 [The authors' own study]

na przestrzeni sześciu lat posiadały strukturę periodyczną. Istotą wahań sezonowych jest regularność zmian ilości zdarzeń opisujących rozpatrywane zjawisko, które powtarza się w zbliżonych okresach na przestrzeni kolejnych lat. Badając zjawisko wahań okresowych przy użyciu metod statystycznych, należy brać pod uwagę czynniki wpływające na kształt szeregu czasowego. Zaliczane są do nich trend szeregu oraz wahania: sezonowe, cykliczne i przypadkowe. Analiza struktury periodycznej usług serwisowych przeprowadzona została przy użyciu modelu multiplikatywnego składowych szeregu czasowego. W takim przypadku opisana jest ona iloczynem czterech składowych zgodnie z równaniem [1, 22]:

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot I_t \quad (3)$$

gdzie: Y_t – wartość szeregu, T_t – trend szeregu, S_t – wahania sezonowe, C_t – wahania cykliczne, I_t – wahania przypadkowe.

Indeksy sezonowe wyznaczono przy użyciu średniej ruchomej dla 12 obserwacji miesięcznych. Wartość średniej ruchomej stanowiła podstawę do wyodrębnienia z szeregu (Y) wahań sezonowych (S_t) i wahań przypadkowych (I_t):

$$\frac{Y_t}{MA} = \frac{T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot I_t}{T_t \cdot C_t} = S_t \cdot I_t \quad (4)$$

Dla poszczególnych miesięcy wartość współczynników podlegała uśrednieniu, aby wyeliminować wahania przypadkowe (I_t) i wyodrębnić wahania sezonowe szeregu (S_t). Poprzez standaryzację współczynników miesięcznych obliczono indeksy sezonowe (S_t):

$$S_t = \frac{\bar{w}_i \cdot d}{\sum_{i=1}^d \bar{w}_i} \cdot 100\% \quad (5)$$

gdzie: S_t – indeks sezonowy dla i -tego podokresu (miesiąca), \bar{w}_i – średnia arytmetyczna wartości współczynnika w kolejnych miesiącach, d – liczba miesięcy w roku.

Wyznaczone indeksy sezonowe w sposób przejrzysty opisują ilościowo efekty sezonowe w szeregu czasowym dla ilości zrealizowanych usług serwisowych. Poziom odniesienia (poziom przeciętny) dla indeksów sezonowych w poszczególnych miesiącach jest równy 100% i stanowi wartość odniesienia przy analizie graficznej wpływu wahań sezonowych na rozkład zbioru zmiennych.

4.1. Analiza statystyczna przeglądów przed sprzedażą (P0)

Wartość indeksów sezonowych na przestrzeni roku kalendarzowego dla przeglądów przed sprzedażą (P0) ciągników rolniczych, zrealizowanych w latach 2003-2008 prezentuje wykres na rys. 5.

W miesiącach styczeń i luty indeksy miały wartość niższą od poziomu przeciętnego o 52,8% i 25,2%. Sezon wiosennych prac polowych był przyczyną wzrostu popytu na ciągniki rolnicze, a tym samym znacznie wyższej ilości przeglądów technicznych wykonanych przed sprzedażą nowych pojazdów. Na skutek wahań sezonowych w zapotrzebowaniu na usługi serwisowe w okresie od marca do lipca, indeksy sezonowe przekroczyły poziom przeciętny. Maksymalny poziom osiągnęły w kwietniu, gdy przewyższały o 99,4% poziom odniesienia (100%). Podwyższona realizacja usług była charakterystyczna również dla

variations is the regularity of changes in the number of events describing an analysed phenomenon, which repeats in similar intervals within subsequent years. When investigating the phenomenon of seasonal variations with the use of statistical methods, factors influencing the shape of the time series should be taken into consideration. Among these factors are the trend of the time series as well as seasonal, cyclical and accidental variations. The analysis of the periodic structure of maintenance services was carried out with the use of the multiplicative model of constituents of the time series. In this case, the analysis is expressed by a product of four constituents, according to the following formula [1, 22]:

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot I_t \quad (3)$$

where: Y_t – the value of the series, T_t – the trend of the series, S_t – seasonal variations, C_t – cyclical variations, I_t – accidental variations.

Seasonal indices for 12 monthly observations were determined by means of the moving average. The value of the moving average constituted a basis for isolating seasonal variations (S_t) and accidental variations (I_t) from the series (Y):

$$\frac{Y_t}{MA} = \frac{T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot I_t}{T_t \cdot C_t} = S_t \cdot I_t \quad (4)$$

The value of coefficients for particular months was averaged in order to eliminate accidental variations (I_t) and separate seasonal variations from the series (S_t). Seasonal indices (S_t) were calculated through the standardisation of monthly coefficients:

$$S_t = \frac{\bar{w}_i \cdot d}{\sum_{i=1}^d \bar{w}_i} \cdot 100\% \quad (5)$$

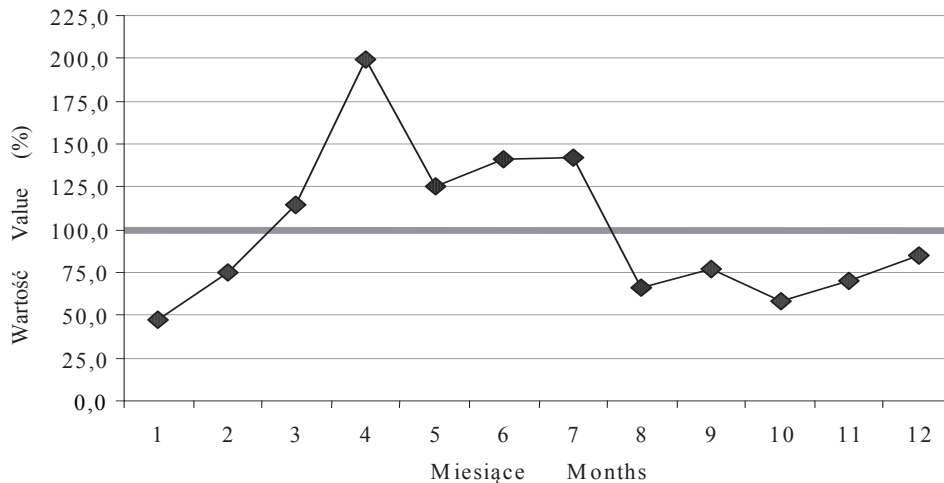
where: S_t – the seasonal index for the i -th subperiod (month), \bar{w}_i – the arithmetical average of the coefficient value in the subsequent months, d – the number of months in the year.

The determined seasonal indices clearly describe seasonal effects in the time series for the quantity of maintenance services carried out. The reference level (the average level) for seasonal indices in particular months amounts to 100% and constitutes a reference value for the graphic analysis of the influence of seasonal variations on the distribution of the set of variables.

4.1. The statistical analysis of pre-sale inspections (P0)

The value of seasonal indices throughout the calendar year concerning pre-sale inspections (P0) of farm tractors performed in the years 2003-2008 is presented in Figure 5.

In January and February the indices assumed the value lower than the average level by 52.8% and 25.2%. The season of spring field works was the reason for an increase in the demand for farm tractors and, at the same time, a considerably higher number of technical inspections carried out before the sale of new vehicles. As a result of seasonal variations in demand for maintenance services in the period from March to July, seasonal indices exceeded the average level. They reached the maximum in April, when they exceeded the average level (100%) by 99.4%. An increased provision of services was characteristic also for June and July, with the value of indices higher by, respectively, 40.9% and 42.6% than the average level. From August to the end of the



Rys.5. Indeksy sezonowe dla przeglądów przed sprzedażą (P0) ciągników rolniczych w latach 2003-2008 [Opracowanie własne]
 Fig.5. Seasonal indices for pre-sale inspections (P0) of farm tractors in the years 2003-2008 [The authors' own study]

miesiące czerwiec i lipiec z wartością indeksów odpowiednio o 40,9% i 42,6% ponad poziom przeciętny. Od sierpnia do końca roku występowało niższe od przeciętnego zapotrzebowanie na przeglądy, a wartość indeksów dla tego okresu była odpowiednio równa: 65,8%, 76,8%, 57,9%, 70,6% oraz 84,5%.

year the demand for inspections was lower than average, and the value of indices amounted to 65.8%, 76.8%, 57.9%, 70.6% and 84.5% respectively.

4.2. Analiza statystyczna przeglądów gwarancyjnych (PG) i pogwarancyjnych (PP)

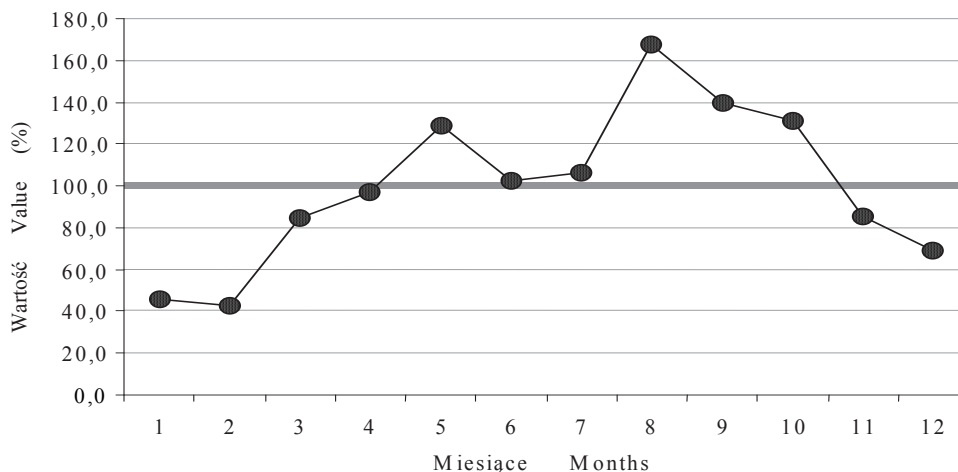
4.2. The statistical analysis of guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP)

Wartość indeksów sezonowych dla przeglądów gwarancyjnych (PG) i pogwarancyjnych (PP) ciągników rolniczych, wykonanych w latach 2003-2005 przedstawia wykres na rys. 6.

The value of seasonal indices for guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) of farm tractors carried out in the years 2003-2005 is presented in Figure 6.

Na podstawie rozkładu wartości indeksów na przestrzeni roku kalendarzowego, stwierdzono niski popyt na realizację przeglądów w pierwszym kwartale. Wartość w styczniu i lutym osiągnęła minimalną wartość, niższą odpowiednio o 54,4% i 57,4% od poziomu odniesienia. Wzrost ilości zrealizowanych przeglądów (PG-PP) zaobserwowano w drugim kwartale, bezpośrednio po zakończeniu wiosennych prac polowych. W maju indeks miał wartość 29,0% powyżej poziomu przeciętnego.

On the basis of the distribution of the value of indices throughout the calendar year, a low demand for the provision of inspections in the first quarter was recorded. The value in January and February reached the minimum, i.e. the value lower by respectively 54.4% and 57.4% from the reference level. An increase in the number of inspections (PG-PP) carried out was observed in the second quarter, after the end of spring field works. In May the index reached the level of 29.0% above the average



Rys. 6. Indeksy sezonowe dla przeglądów gwarancyjnych (PG) i pogwarancyjnych (PP) ciągników rolniczych w latach 2003-2008 [Opracowanie własne]

Fig.6. Seasonal indices for guarantee inspections (PG) and post-guarantee inspections (PP) of farm tractors in the years 2003-2008 [the authors' own study]

Maksymalne zapotrzebowanie w skali roku wystąpiło w miesiącu sierpniu, a indeks sezonowy przekroczył wówczas o 67,8% poziom odniesienia. W kolejnych dwóch miesiącach utrzymywał się podwyższony poziom przeglądów odpowiednio o wartości: 39,8% i 30,8% ponad poziomem przeciętnym. Koniec roku to spadek popytu na przeglądy (PG-PP) do wartości 85,1% i 69,1% poziomu przeciętnego.

5. Podsumowanie

Koszty obsługi serwisowej nowych pojazdów rolniczych, stanowią istotny składnik nakładów eksploatacyjnych ponoszonych przez użytkownika. Zgodnie z wymaganiami producenta nabywca otrzymuje pojazd po przeglądzie (P0), a następnie zobowiązany jest do wykonywania w autoryzowanych stacjach obsługi kolejnych okresowych przeglądów nabytego pojazdu rolniczego. Przepracowanie przez ciągnik wyznaczonego poziomu motogodzin wyznacza cykl zalecanych przeglądów gwarancyjnych. Realizacja tych przeglądów jest warunkiem koniecznym, aby nabywca mógł korzystać w pełni z praw wynikających z gwarancji na przestrzeni całego zadeklarowanego przez producenta okresu, zarówno na wyrób, jak i jego podzespoły. Przeglądy pogwarancyjne mają dla nabywcy charakter fakultatywny i jest to czynnik, który kształtował ich strukturę ilościową i rozkład w funkcji czasu. Cykl przeglądów serwisowych, poczynając od obsługi przed sprzedażą i kolejno przeglądy gwarancyjne i pogwarancyjne, stanowi istotny element w procesie utrzymania gotowości eksploatacyjnej ciągnika.

Na podstawie studium literaturowego i badań własnych można sformułować następujące wnioski:

- 1) Pracownicy działu serwisu, prowadząc przed przekazaniem pojazdu szkolenia przyszłych operatorów, winni zwracać szczególną uwagę zarówno na zagadnienia związane z obsługą i sterowaniem poszczególnymi podzespołami pojazdu, jak i na poziom zalecanych obciążeń eksploatacyjnych danego modelu ciągnika. Przekroczenie dopuszczalnych obciążeń wewnętrznych, eksploatacja niezgodna z instrukcją obsługi oraz kwalifikacje operatora nieadekwatne do poziomu technicznego ciągnika, stanowią potencjalne źródło awarii w procesie użytkowania.
- 2) Przeglądy techniczne realizowane przez autoryzowaną stację obsługi to gwarancja stosowania oryginalnych części zamiennych i zgodnych ze specyfikacją pojazdu płynów eksploatacyjnych, a to w sposób istotny wpływa na intensywność procesów zużycia oraz częstotliwość uszkodzeń mechanicznych poszczególnych podzespołów.
- 3) Rozkład ilości zrealizowanych przeglądów gwarancyjnych i pogwarancyjnych w kolejnych miesiącach roku, pozwala na postawienie tezy o istnieniu zależności pomiędzy tymi usługami serwisu, a strukturą czasową prac polowych zalecanych w kalendarzu zabiegów agrotechnicznych. Sezonowy wzrost ilości zrealizowanych przez Dział Serwisu w latach 2003-2008 przeglądów technicznych, generowało wykonanie wiosennych prac polowych siewu zbóż i sadzenia roślin okopowych oraz zbiorów plonów w miesiącach letnich, a następnie wykonanie zabiegów późniwnych.
- 4) Analiza statystyczna przeglądów wykonanych przez Dział Serwisu, potwierdziła ich periodyczny rozkład i charakterystyczny przebieg w funkcji czasu. Obliczona wartość indeksów sezonowych dla sześcioletniego okresu badań, stanowi istotny argument potwierdzający zależność poziomu popytu

wartości. The maximum demand in annual terms occurred in August, when the seasonal index exceeded the reference level by 67.8%. In the subsequent two months the increased number of inspections maintained, with the value exceeding the average by 39.8% and 30.8%. The end of the year saw a decline in demand for inspections (PG-PP) by, respectively, 85.1% and 69.1% as compared to the average level.

5. Conclusion

The costs of maintenance service of new farm vehicles constitute a significant component of operation costs borne by the user. In accordance with the producer's requirements, the purchaser receives the vehicle after inspection (P0), and then he/she is obliged to carry out further periodic inspections of the purchased farm vehicle in authorised service stations. Reaching a defined level of motohours by the tractor determines the frequency of recommended guarantee inspections. The performance of these inspections is a condition necessary for the purchaser to be able to exercise all the rights resulting from the guarantee within the whole period declared by the producer, both in relation to the product and its components. Post-guarantee inspections are of a facultative character for the purchaser, which is the factor influencing their quantitative structure as well as the distribution of the time series. The cycle of maintenance inspections, starting from the pre-sale service through guarantee and post-guarantee inspections, constitutes an important element in the process of maintaining the readiness for operation of the tractor.

On the basis of the literature on the subject and the authors' own studies, the following conclusions can be formulated:

- 1) Employees of the service department conducting trainings of future operators before commissioning a vehicle should pay special attention both to issues connected with operation and steering of particular components of the vehicle and to the level of recommended operation loads recommended for a particular model of tractor. Exceeding the acceptable internal loads, operation inconsistent with the operation manual as well as qualifications of the operator inadequate to the technical level of the tractor constitute a potential source of failures during the process of operation.
- 2) Technical inspections performed by an authorised service station are a guarantee of using original spare parts in compliance with the specification of operation liquids, which largely influences the intensity of the processes of wear as well as the frequency of mechanical damage of particular components.
- 3) The distribution of the number of performed guarantee and post-guarantee inspections in the subsequent months of the year makes it possible to form a thesis on the existence of a correspondence between these services and the time structure of field works recommended in the calendar of agrotechnical operations. The seasonal growth of the number of technical inspections carried out by the Service Department in the years 2003-2008 was generated by spring field works, sowing cereals and planting root crops in the summer, as well as performing post-harvest operations.
- 4) The statistical analysis of inspections carried out by the Service Department confirmed the periodic distribution of these inspections and a characteristic course in a time series. The calculated value of seasonal indices for a six-year period of the survey constitutes a vital argument confirming the correspondence between the level of demand for the services

na usługi przeglądów ciągników rolniczych od rozkładu prac polowych wykonywanych w krajowych gospodarstwach zgodnie z zalecanymi sezonami zabiegów agrotechnicznych.

concerning inspections of farm tractors and the distribution of field works performed in Polish farms according to the recommended calendar of agrotechnical operations.

6. References

1. Aczel A D. Complete Business Statistics. 4th ed., Boston: Richard D. Irwin/McGraw-Hill, 2002.
2. Bailey A, Williams N, Palmer M, Geering R. The farmer as service provider: the demand for agricultural commodities and equine services. *AGRICULTURAL SYSTEMS* 2000; 3(66): 191-204.
3. Banasiak J (red.). *Agrotechnologia*. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN, 1999.
4. Coyle J J, Bardi E J, Langley C J. *The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*. 7th ed., Ohio: South-Western, Thomson Learning, 2003.
5. Gil-Saura I, Servera-Francés D, Berenguer-Contrí G, Fuentes-Blasco M. Logistics service quality: a new way to loyalty. *INDUSTRIAL MANAGEMENT & DATA SYSTEMS* 2008; 5(108): 650-668.
6. Juściński S, Piekarski W. An analysis of a supply process of spare parts for agricultural tractors and machines based on logistic services outsourcing. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability* 2009; 2(42): 62-69.
7. Juściński S, Piekarski W. An analysis of the territorial range of farm tractors servicing realised as an element of distribution logistics. *TECHNICAL SCIENCES* 2008; 11: 59-67.
8. Juściński S, Piekarski W. Logistic management of an authorized service for agricultural tractors and machines. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability* 2008; 2(38): 25-33.
9. Juściński S, Piekarski W. Outsourcing as a logistics function in distribution of spare parts for tractors and farm machines. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability* 2009; 1(41): 54-62.
10. Juściński S, Szczepanik M. Guarantee service of agricultural tractors as an element of distribution logistics. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability* 2008; 2(38): 45-52.
11. Karczmarczyk St (red.). *Agrotechnika roślin uprawnych*. Szczecin: Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, 2005.
12. Klimkiewicz M, Moczulska K. Zastosowanie zbiorów przybliżonych do analizy satysfakcji klienta serwisu pojazdów. *Inżynieria Rolnicza* 2008; 1(99): 165-172.
13. Kutanoglu E, Lohiya D. Integrated inventory and transportation mode selection: A service parts logistics system. *TRANSPORTATION RESEARCH Part E: Logistics and Transportation Review* 2008; 5(44): 665-683.
14. Mentzer J T, Flint D J, Hult G T M. Logistics service quality as a segment-customized process. *JOURNAL OF MARKETING* 2001; 4(65): 82-104.
15. Niziński St, Michalski R (red.). *Utrzymanie pojazdów i maszyn*. Radom: Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji, 2007.
16. Niziński St. *Eksploatacja obiektów technicznych*. Radom: Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji, 2002.
17. Panayides P M, Meko So. Logistics service provider - client relationships. *TRANSPORTATION RESEARCH Part E: Logistics and Transportation Review* 2005; 3(41): 179-200.
18. Płocki K. Serwis ciągników. *Rolniczy Przegląd Techniczny* 2005; 4: 6-8.
19. Pokusa T. Logistyczna obsługa i lojalność klienta jako orientacje rynkowe. Opole: Wyd. Instytut Śląski, 2001.
20. Skrobowski A, Ekielski A. *Pojazdy i ciągniki rolnicze*. Warszawa: Wyd. Wieś Jutra, 2006.
21. Skudlarski J. Procedura badania strat na skutek przestojów jako element kosztów eksploatacji ciągnika. *Inżynieria Rolnicza* 2006; 11(86): 431-436.
22. Sobczyk M. *Statystyka - aspekty praktyczne i teoretyczne*. Lublin: Wyd. UMCS, 2006.

Dr inż. Sławomir JUŚCIŃSKI
Prof. dr hab. inż. Wiesław PIEKARSKI
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Inżynierii Produkcji
Katedra Energetyki i Pojazdów
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
e-mail: slawomir.juscinski@up.lublin.pl
e-mail: wieslaw.piekarski@up.lublin.pl
