

**BADANIA DYNAMICZNE UKŁADU DOSŁANIA NABOJU W DZIAŁKU NR-30 Z UWZGLĘDNIENIEM PRZECIĄŻEŃ W LOCIE SAMOLOTU*****DYNAMIC TESTS ON FLIGHT OVERLOADS OF THE NR-30 CANNON RAMMER SYSTEM***

Patryk MODRZEJEWSKI

Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa 46
Military University of Technology, 2 Sylwestra Kaliskiego St., 00-908 Warsaw, Poland
Author's e-mail address: patryk.modrzejewski@wat.edu.pl.; ORCID: 0000-0002-3950-5204

DOI 10.5604/01.3001.0014.0821

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań niezawodności, dosłania i zaryglowania naboju w działku NR-30 przy pierwszym wystrzale. Celem badań było sprawdzenie czy zużycie resursu sprężyny wielodrutowej napędzającej zamek wywołuje zacięcie typu „niedosłanie/ niezaryglowanie”. W badaniach sprawdzono czy mogące wystąpić w locie przeciążenia od lotu samolotu wpływają znacząco na charakterystykę kinematyczną ruchu układu „uderzak + zamek” oraz o ile mogą zmniejszyć siłę oddziaływania sprężyny przy dosłaniu i zaryglowaniu naboju. Przeciążenia w locie zostały zasymulowane poprzez dołożenie dodatkowej masy, którą zespolono z zamkiem. Pomiar wykonano dla sprężyny z maksymalnie zużytym resursem dla trzech wartości masy dodatkowej. Dla badanej sprężyny pomierzono charakterystykę quasistatyczną by móc zaproponować sposób sprawdzenia zdatności sprężyn w badaniach okresowych. Otrzymane wyniki stanowią bardzo istotne uzupełnienie stanu wiedzy na temat fizyki funkcjonowania sprężyn wielodrutowych w badanym układzie oraz oceny ich zdatności, a także wspomżenia personelu obsługowego przy ocenie przyczyny zacięć w powietrzu.

Słowa kluczowe: uzbrojenie, działka lotnicze, armaty szybkostrzelne, badanie broni, niezawodność, trwałość, obsługi, stan techniczny

Abstract: The paper presents test results on reliability of feeding and locking a cartridge for NR-30 gun at the first shot. The tests were aimed to check if jams of incomplete feeding or locking were caused by the wearing of a multiwire spring driving the breech. The tests examined if flying plane overloads have significant impacts into the kinematic motion characteristics for a system of rammer + breech, and by the same in what degree they may reduce the force of spring action at cartridge feeding and locking. The flight overloads were simulated by added masses fixed to the breech. The measurements were made for a spring with maximally spent service life and for three additional masses. The quasi-static characteristics was measured for the tested spring to propose a method checking the spring efficiency at the seasonal overhauls. The received results contribute essentially to the state of art of the physics of multiwire springs operating in the tested system, and to the evaluation of their efficiency, and to assisting the overhauling personnel in evaluation of reasons of jams occurring at flight.

Keywords: ordnance, aircraft guns, high rate-of-fire guns, examination of weapons, reliability, service life, overhauls, technical status

1. Wstęp

Celem, realizowanych badań działek lotniczych; analitycznych (Idziaszek, Kosiński, 2002; Modrzejewski, 2017; Idziaszek, 2019b; Idziaszek, 2004; Idziaszek, 2005) wirtualnych modeli (Foryszewski, Idziaszek, Jasztal, 2006; Idziaszek, Jasztal, 2002; Idziaszek, Jasztal, 2005) eksperymentalnych (Idziaszek, Modrzejewski, 2018; Idziaszek, Grzesik, 2014; Idziaszek, 2019b; Idziaszek, 2004; Idziaszek, 2005) i poligonowych (Foryszewski i in., 2006; Idziaszek, Modrzejewski, 2018), było rozpoznanie fizycznych uwarunkowań związanych z procesem zużywania ich konstrukcji w kontekście ich trwałości i niezawodności działania. Pierwszą całościową próbę opisu problemu ujęto w (Idziaszek, 2004). W latach 2004÷2007 realizowano badania poligonowe dla wszystkich typów działek lotniczych eksploatowanych w lotnictwie polskim (Idziaszek, 2019a; Idziaszek, 2019c; Idziaszek, Kijewski, 2007) a pozostałe typy badań były realizowane głównie dla działka lotniczego NR-30. W 2007 roku wprowadzono biuletynem „Zmodernizowany system eksploatacji dla działek lotniczych NR-30 i NS-23” (DNiSzW-ITWL, 2007), umożliwiającą zwiększenie ich rezerwu nawet o 50% co dało, w tamtym okresie, szacowaną kwotę oszczędności na 14 milionów złotych. W wyniku realizacji projektów (Idziaszek, Piechna, 2006; Idziaszek, 2004) pojawiły się też opracowania dotyczące szacowania rezerwu poprzez wymiany profilaktyczne (Idziaszek, Typer, 2016) i prognozowanie zapasów części zamiennych (Idziaszek, Tomaszek, Ważny, 2005). Ważnym problemem było też wykorzystanie baz danych (Piechna, Idziaszek, 2010) w audycie i zarządzaniu trwałością/niezawodnością działek (Idziaszek, Grzesik, 2014; Idziaszek, Olearczuk, 2004; Idziaszek, Olearczuk, 2005; Tomaszek, Idziaszek, 2004) oraz metody probabilistyczne bazujące na danych o uszkodzeniach z populacji dzia-

1. Introduction

Aircraft guns were investigated as analytical (Idziaszek, Kosiński, 2002; Modrzejewski, 2017; Idziaszek, 2019b; Idziaszek, 2004; Idziaszek, 2005) or virtual models (Foryszewski, Idziaszek, Jasztal, 2006; Idziaszek, Jasztal, 2002; Idziaszek, Jasztal, 2005) at range (Foryszewski et al., 2006; Idziaszek, Modrzejewski, 2018) or experimental (Idziaszek, Modrzejewski, 2018; Idziaszek, Grzesik, 2014; Idziaszek, 2019b; Idziaszek, 2004; Idziaszek, 2005) tests to find out physical conditions connected with the structure wearing process concerning their service life time and reliability of operation. A first complete attempt presenting this question is included in (Idziaszek, 2004). Range tests of all types of aircraft guns used by the Polish Air forces were performed in 2004÷2007 (Idziaszek, 2019a; Idziaszek, 2019c; Idziaszek, Kijewski, 2007), and the remaining types of investigations were mainly carried out for the aircraft gun NR-30. In 2007 the bulletin (DNiSzW-ITWL, 2007) implemented an „Upgraded Operation System for Aircraft Guns NR-30 and NS-23” increasing their service life even by 50%, what saved at that time an estimated amount of PLN 14 million. The aftermath of projects (Idziaszek, Piechna, 2006; Idziaszek, 2004) has led to elaborations considering the estimations of service life time depending on the prophylactic replacements (Idziaszek, Typer, 2016) and prediction of spare parts stocks (Idziaszek, Tomaszek, Ważny, 2005). An essential question was also the use of data bases (Piechna, Idziaszek, 2010) for audits and management of guns service life/ reliability (Idziaszek, Grzesik, 2014; Idziaszek, Olearczuk, 2004; Idziaszek, Olearczuk, 2005; Tomaszek, Idziaszek, 2004), and probabilistic methods basing on reports of defects for a population of guns (Idziaszek,

łek (Idziaszek, 2004; Idziaszek, 2005). Najnowszym opracowaniem teoretycznym w powyższym zakresie jest praca (Idziaszek, 2019c) bazująca na teoretycznym modelu z artykułu (Idziaszek, 2018). Pokazano w niej powiązanie struktury niezawodnościowej broni (Idziaszek, Typer, 2016) z obsługami przy jednoczesnej optymalizacji kosztów (produkcji i obsługa) i wyznaczono na tej podstawie zestawy części zapasowych broni (Idziaszek, 2019c; Idziaszek, Typer, 2016).

Jedynym nierozwiązanym problemem (dla działka NR-30 w ramach prac (DNiSzW-ITWL, 2007)) był brak możliwości określenia resursu resztkowego sprężyny wielodrutowej w układzie dosyłania naboju do komory. Brak tej wiedzy skutkuje niemożliwością dokonania pełnego opisu fizyki zjawiska powodującego zacięcia w locie typu „niezaryglowanie”, spowodowane „niepełnym dosłaniem pocisku do komory naboju”. Objawiało się to tym, że w obsługach naziemnych (zwłaszcza latem) sprawdzenie poprzez przeładowanie (bez naboju) następowało poprawnie a w powietrzu przy takim przeładowaniu (już z udziałem naboju) pojawiała się zacięcia uniemożliwiające strzelanie. Tego typu zacięcia generowały duże straty, gdyż niewykonanie zadania szkolnego wiązało się z powtórzeniem lotu na poligon, który był szacowany na 80 tysięcy złotych.

Analizując problem wyspecyfikowano możliwe przyczyny tych zacięć:

- 1) nadmierne zużycie sprężyny powrotnej – brak możliwości, gdyż producent w dokumentacji obsługowej i remontowej działka takiej procedury nie podał co oznacza, że nieznanne są jej parametry (poza gwarantowanym¹ resem dla strzelań bojowych) i w literaturze światowej poza teoretycznie opisaną metodą jej projektowania (Modrzejewski, 2017; Idziaszek, 2004) nie znaleziono danych

2004; Idziaszek, 2005). The latest theoretical elaboration on the above subject is the work (Idziaszek, 2019c) basing on a theoretical model from the publication (Idziaszek, 2018). It shows the dependence between the weapon reliability structure (Idziaszek, Typer, 2016) and the overhauls at concurrent optimisation of costs (for production and overhauling) to establish on this ground the sets of weapon spare parts (Idziaszek, 2019c; Idziaszek, Typer, 2016).

The only unsettled question (for gun NR-30 in frame of (DNiSzW-ITWL, 2007)) was a lack of prediction to the residual service life of a multiwire spring in a module feeding the cartridge to the chamber. The lack of this prevents a full description of physics of a jamming phenomenon caused by incomplete locking at the flight due to “an unfinished cartridge feeding into the chamber”. It was manifested by a jamming (especially in summer) at reloading during the flight (with the cartridge), what prevented the shooting, whereas at the ground overhauls the checking by reloading (without the cartridge) was correct. These types of jams have generated large losses as any failure in execution of training assignment was connected with a repeated flight to the range what then constituted the cost of ca. PLN 80 thousand.

Following possible reasons of jamming were specified after studies:

- 1) Excessive wearing of return spring – lack of possibilities as the manufacturer in the gun overhauling and repairing documentation has not provided any such procedure what means that its parameters are unknown (apart of the warranted¹ service life for the live firing), and in the world literature there is no data (material, technological, durability-reliability) apart from a theoretic-

¹ Nieznane są jednak założenia (np. wskaźniki niezawodnościowe) na których podstawie ten resurs nadano

¹ The specifications (e.g. reliability performance) for setting the service life are unknown

(materiałowych, technologicznych i trwałościowo-niezawodnościowych) stąd nie można było oszacować tych parametrów (*brak danych*),

- 2) nadmierne nasmarowanie komory naboju lub użycie niewłaściwego smaru – smaru gęstniejącego w ujemnych temperaturach (*błąd ludzki*),
- 3) wyczerpanie ciśnienia w butli powietrza w układzie przeładowania pneumatycznego lub zbyt krótkie przyciśnięcie przycisku przeładowania przez pilota (*błąd ludzki*),
- 4) nadmierny wzrost przeciążeń w locie nurkowym na drodze bojowej (w trakcie dosłania naboju do komory naboju) możliwe przy sprężynie o zużyciu bliskim granicznemu. Niepełne dosłanie naboju i brak zaryglowania a w konsekwencji niemożliwość strzelania może wynikać z pojawiania się dodatkowego obciążenia masą w układzie przeładowania (w stosunku do sprawdzeń naziemnych): masa od naboju i fikcyjna masa od przeciążeń wynikających z lotu nurkowego samolotu (*brak procedury kontrolnej*).

Trzeci punkt dotyczy jakości obsługi i wynika z jakości działania obsługi lub pilota. W artykule przedstawiono wyniki badań związanych z 1) i 4) punktem możliwych przyczyn zacięć. Natomiast co do punktu 2) przewiduje się badania w najbliższym okresie w ramach podjętej inżynierskiej pracy dyplomowej.

Wprawdzie działka NR-30 są nieperspektywiczne, ale analiza fizyki badanych zjawisk, zwłaszcza przyczyn niewłaściwej obsługi przy przygotowaniu do strzelania, ma swoje odniesienie również do innych armat np. 23 mm armat przeciwlotniczych co zaobserwowano w trakcie ich eksploatacji.

Badania dynamiczne układów ze sprężynami wielodrutowymi tych gabarytów nie były dotąd publikowane, a badania z karabinów maszynowych (Płatek, Damaziak, Malachow-

cal method of its designing (Modrzejewski, 2017; Idziaszek, 2004), and hence these parameters cannot be estimated (*the lack of data*),

- 2) Excessive lubrication of the cartridge chamber or application of a wrong grease – the grease becoming denser at minus temperatures (*human error*),
- 3) Loss of pressure in the air bottle of the pneumatic reloading system or a too short time for pressing the reloading button by the pilot (*human error*),
- 4) Excessive increase of overloads on a combat mission diving path (at feeding the cartridge into the chamber) is possible at the spring having the level of wearing close to the limit. Uncompleted transport of the cartridge and lack of locking, and in consequence inability for shooting, may be caused by the appearance of an additional inertial mass affecting the system of reloading (in reference to ground examinations): mass of the cartridge and virtual mass caused by the loads effected by the plane diving flight (*lack of checking procedure*).

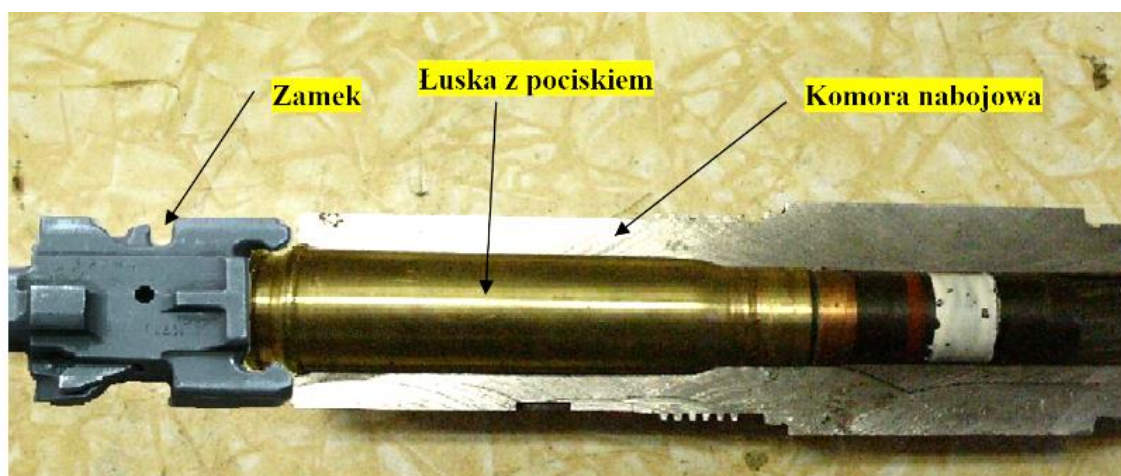
The third point concerns the quality of overhauls, and pilot or personnel actions. The paper presents the results of investigations on possible reasons of jamming connected with points 1) and 4). Point 2) will be studied in a near future in the frame of an engineering graduation thesis.

Even if the guns NR-30 are not perspective, the studies on the physics of investigated effects also concern other guns like 23 mm antiaircraft guns, as these effects were observed at their use and they may be caused especially by an inappropriate handling at preparation for shooting.

The dynamic tests of systems comprising multiwire springs of such size were not published up to now, whereas the results of tests for machineguns (Płatek, Damaziak,

ski, Woźniak, 2011) nie miały przeniesienia w skali. Najtrudniejszym problemem technicznym w badaniach było przygotowanie stanowiska badawczego (zwłaszcza skalibrowanie czujników pomiarowych i wyeliminowanie z pomiarów drgań stanowiska przy przeładunku pneumatycznym) i wyspecyfikowanie istoty problemu badawczego. Po przeprowadzonych analizach i badaniach określono, że krytycznym momentem w poprawnym działaniu tego układu jest ruch elementów broni (powodowany tylko rozprężaniem się sprężyny wielodrutowej) występujący po zwolnieniu układu uderzak-zamek-nabój z zaczepu pojedynczego do momentu zaryglowania naboju. Przy czym automatyczne nakłucie spłonki możliwe jest tylko przy pełnym zaryglowaniu naboju po jego pełnym dosłaniu do komory naboju (rys. 1).

Malachowski, Woźniak, 2011) are beyond the scale conversion. The preparation of a testing stand (especially the calibration of measurement sensors and elimination of stand vibrations at the pneumatic reloading), and the specification of an essence of the investigated question, were the most difficult technical challenges. The analyses and tests have proved that a critical moment for functionality of this system occurs at the movement of weapon components (caused only by the expansion of the multiwire spring) when the system rammer-breech-cartridge is released from a single catch till the cartridge is locked. Besides, the automatic puncture of the primer cap is only possible when the cartridge is fully locked after its complete transportation to the cartridge chamber (Fig. 1).



Rys. 1. Ilustracja zdjęciowa układu zamek – nabój - komora naboju przy pełnym zaryglowaniu. (Z. Idziaszek)

Fig. 1. Pictured module of “breech – cartridge – cartridge chamber” at full locking.

(Z. Idziaszek)

zamek – breech, łuska z pociskiem – case with the projectile, komora naboju – cartridge chamber

Praca miała charakter analityczno - badawczy i wymagała dużej wiedzy z budowy konstrukcji, funkcjonowania i eksploatacji tego typu działka, a zwłaszcza umiejętności dopasowania systemu pomiarowego i przetwarzania danych pomiarowych, co w warunkach akademickich (przy skromnym budżecie) było dużym wyzwaniem.

The work had an analytical-research character and required a large scope of knowledge on design, operation and service life of the gun, including especially the skills for selecting the measurement system and processing the received data, what created a challenge for modest financial resources of the university.

2. Uzasadnienie badań

Kompleksową ocenę zacięć i uszkodzeń armat (z zastosowanymi sprężynami wielodrutowymi) uniemożliwia brak danych eksperymentalnych z fizyki zjawiska ich zużycia i opisu parametrycznego stanu granicznego określającego zdatność sprężyn w danym rozwiązaniu konstrukcyjnym. Wprawdzie we wszystkich rozwiązaniach działek postradzieckich takich jak NR-30, NR-23, NS-23, GSz-23, JakB-12,7, a także w zderzakach do karabinków AR-15 i w ofercie firmy DR. WERNER RÖHRS GMBH & CO. KG one występują, jednak w żadnej literaturze wzmiankującej o tych sprężynach (Żukowski, 1955) nie ma pokazanej rzeczywistej charakterystyki. Jedynie w opisie badań (Foryszewski, Idziaszek, Jasztal, 2006; Idziaszek, Modrzejewski, 2018) zawarto charakterystyki pracy statycznej sprężyn wielodrutowych, ale to też na podstawie badań własnych autorów.

Stąd przedstawione w artykule wybrane wyniki badań i ich interpretacja stanowią duży wkład w opisie własności statycznych i dynamicznych takich sprężyn, będąc niewątpliwym wkładem naukowym w tym zakresie.

Być może upublicznienie tych badań zainspiruje konstruktorów do zastosowania tych sprężyn w nowo projektowanych konstrukcjach lub chociaż pomoże im zrozumieć istotę tych zastosowań w dotychczasowych konstrukcjach, jako niezbędną wiedzę przy ocenie ich trwałości i niezawodności. A może, dzięki tym badaniom, znajdą się nowe zastosowania dla sprężyn wielodrutowych.

Na podstawie dokonanych analiz procesu projektowania (Żukowski, 1955) konstrukcji (Idziaszek, 2004) i funkcjonowania sprężyn wielodrutowych (Idziaszek, Z., Modrzejewski, 2018) oraz analiz uzyskanych z dotychczasowych badań charakterystyk statycznych i dynamicznych (Modrzejewski, 2017; Modrzejewski, Idziaszek, 2019), wyspecyfiko-

2. Grounds for Investigations

Complete evaluation of jams and defects of the guns (with multiwire springs applied) is not possible because the experimental results from the physics of springs wearing effect, and parameters of a border condition identifying the efficiency of springs applied in a specific design, are not available. Although these springs are contained in all designs of the post-Soviet guns such as NR-30, NR-23, NS-23, GSz-23, JakB-12.7, and also in impact mechanisms for rifles AR-15 and in the offer of DR. WERNER RÖHRS GMBH & CO. KG, the literature (Żukowski, 1955) does not show any real characteristics. Exceptionally, a description of tests (Foryszewski, Idziaszek, Jasztal, 2006; Idziaszek, Modrzejewski, 2018) includes the static characteristics of the multiwire springs operation, but on the ground of authors' own investigations.

Hence, the selected results of tests and their interpretation presented in the paper contribute to description of static and dynamic properties for such springs, and undoubtedly to the state of art in the domain.

Publication of these results may inspire designers to employ these springs in newly developed designs or at least may be helpful in understanding the reasons of these applications in the existing designs and also may be a basic knowledge at evaluation of their durability and reliability. Finally, some new applications for the multiwire springs could be found.

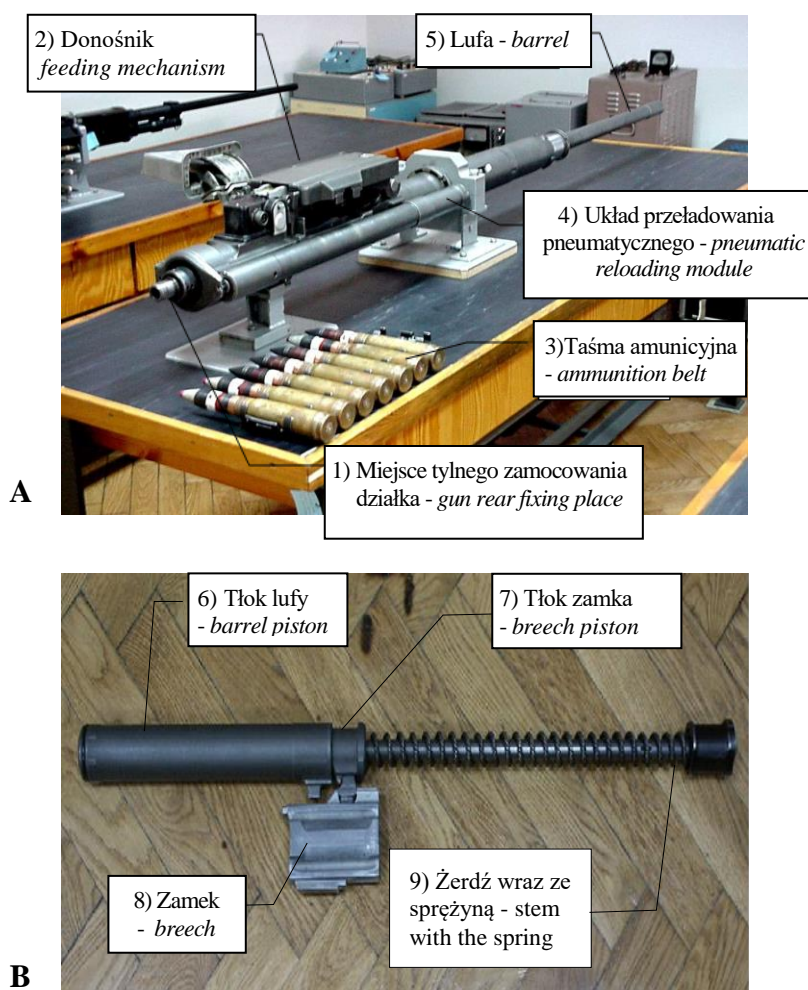
Basing on analyses of designing processes (Żukowski, 1955), structure (Idziaszek, 2004) and operation of the multiwire springs (Idziaszek, Z., Modrzejewski, 2018), and on analyses received from former investigations of static and dynamic characteristics (Modrzejewski, 2017; Modrzejewski, Idziaszek, 2019), the follow-

wano szereg ich własności wyróżniających je z rodziny sprężyn:

- możliwość uzyskania dużo większego skoku roboczego sprężyny w porównaniu do jej średnicy niż w sprężynie jednodrutowej,
- łamana charakterystyka sprężystości – duży i szybki wzrost jej wartości w końcowym etapie ściskania (w stosunkowo krótkim odcinku końcowego ruchu całego układu), co zabezpiecza układ przed zderzeniami udarowymi,

ing properties were specified to distinguish them in the family of springs:

- Possibility for much larger working expansion of the spring at a specific diameter than for a single wire spring,
- Complex characteristics of elasticity – great and rapid increase of its value at the terminal stage of pressing (for a relatively short terminal displacement of the whole system) what prevents the system against shock impacts,



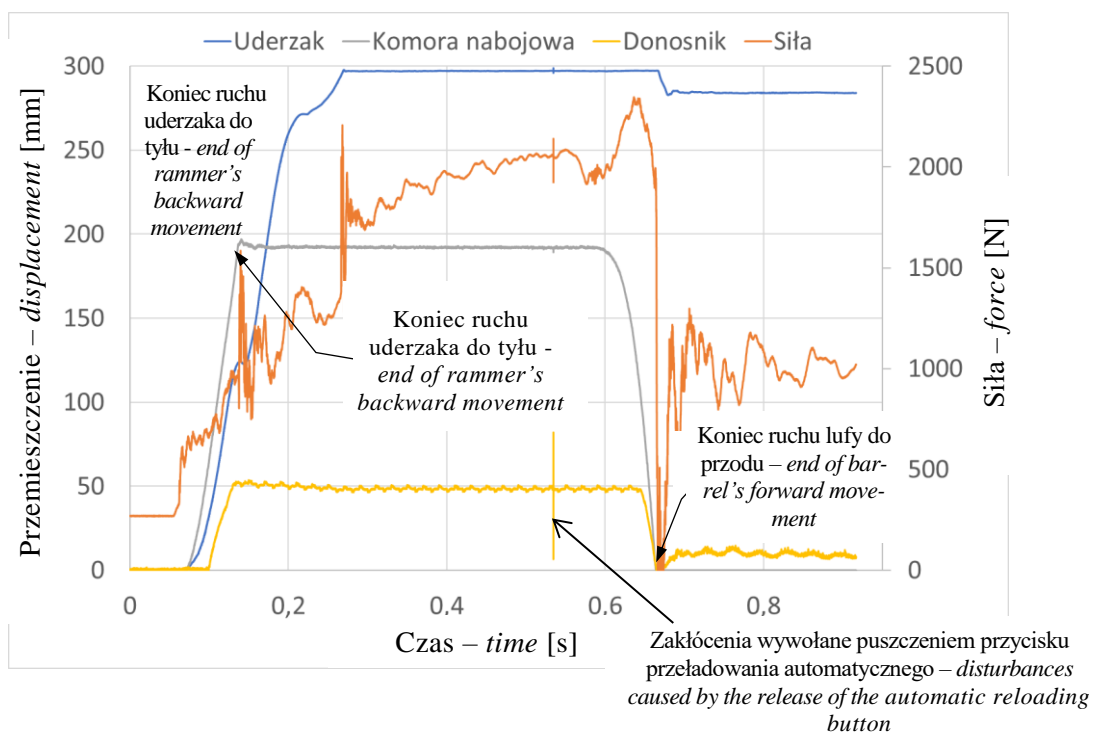
Rys. 2. Ilustracja zdjęciowa (A) działka lotniczego NR30 i (B) sprężyny wielodrutowej z jego układem przeładowania pneumatycznego (Z. Idziaszek)

Fig. 2. Picture of (A) aircraft gun NR30 and (B) multiwire spring with the module of pneumatic reloading (Z. Idziaszek)

- tłumienie drgań w etapie końcowego ściśnięcia, co pozwala na szybkie ustabilizowanie układu i nie powoduje blokad elementów przy odryglowaniu,

- Damping of vibrations at terminal pressing gives a quick stabilisation of the system and eliminates any blocking of components at the unlocking,

- duża niezawodność jej pracy (pęknięcie jednego z drutów nie eliminuje sprężyny z chwilowej jej pracy),
 - stosunkowo mała masa sprężyny w stosunku do uzyskiwanej maksymalnej wartości naprężeń (zakumulowanej energii potencjalnej w trakcie ściskania),
 - mała liczba cykli pracy (wynika z przeniesienia bardzo dużych obciążeń łączonych z intensywnym tarciem międzyzwojowym zmniejszającym średnicę przekroju czynnego drutów),
 - charakter nachylenia drugiej części charakterystyki dynamicznej różni się znacznie od nachylenia drugiej części charakterystyki quasi-statycznej.
- High reliability of its operation (breaking of one wire keeps the spring still temporary working),
 - Relatively low mass of the spring in relation to maximal values of produced stresses (accumulated potential energy during the pressing),
 - Low number of operation cycles (caused by transmission of very high loads combined with the intense intercoil friction reducing the efficient diameter of wires),
 - Character of a slope for the second part of the dynamic characteristics differs significantly from the slope of the second part of the quasi-static characteristics.



Wykres. 1. Złożone wykresy charakterystyki dynamicznej sprężyny wielodrutowej

1. z układu przeladowania działka lotniczego NR-30

2. na tle pracy zespołu uderzaka (1.), komory zamkowej z lufą (2.) oraz podajnika (3.)

Plot. 1. Complex plots of multiwire spring dynamic characteristics

1. from the reloading modul of NR-30 aircraft gun

on the background of operation for rammer unit (1.), breech chamber with barrel (2.) and the feeder (3.) uderzak – rammer, komora nabojowa – cartridge chamber, donośnik – feeding unit

W trakcie badań dynamicznych sprężyn wielodrutowych w układzie przeładowania (rys. 2. B) w działku lotniczym NR-30 (rys. 2. A) uzyskiwano złożone wykresy ich charakterystyki dynamicznej (wykres. 1) na tle pracy zespołu uderzaka (1 wykres. 1), komory zamkowej z lufą (2 wykres. 1) oraz podajnika (3 wykres. 1).

3. Realizacja badań

Metodykę badań przyjęto zgodnie z procedurą badawczą opracowaną i opisaną przez autorów (Idziaszek, 2019b). Zakłada ona wykonanie dwóch testów: statycznego na opracowanym wcześniej stanowisku (rys. 3.) oraz dynamicznego z wykorzystaniem działka pozbawionego cech bojowych (rys. 4.).

3.1. Opis stanowisk

Badanie charakterystyki dynamicznej i statycznej wykonano na dwóch (specjalnie do tego skonstruowanych) stanowiskach (rys. 3 i rys. 4).

Stanowisko (rys. 3) służy do wyznaczania charakterystyki statycznej sprężyny. Ze względu na duże wartości akumulowanej energii w sprężynie w trakcie ściskania (ponad 2500 N) i dla bezpieczeństwa (zabezpieczenie się przed przypadkowym, niekontrolowanym rozprężeniem) w stanowisku zastosowano zasadę działania prasy śrubowej.

During dynamic tests of multiwire springs in the reloading module (Fig. 2. B) in the aircraft gun NR-30 (Fig. 2. A) the complex plots of their dynamic characteristics were received (plot. 1) on the background of the work of the rammer unit (1 plot. 1), the breech chamber with barrel (2 plot. 1), the breech chamber with barrel (2 plot. 1), and the feeding unit (3 plot. 1).

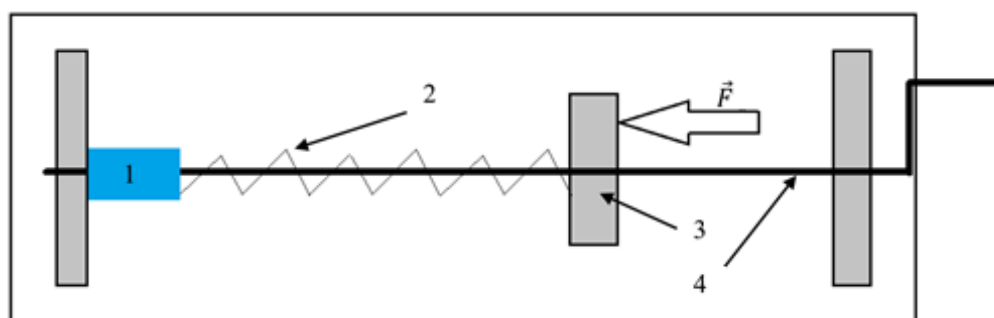
3. Execution of Tests

The methodology of tests was accepted according to a testing procedure developed and described by authors in (Idziaszek, 2019b). It assumes the execution of two tests: a static one on the previously developed stand (Fig. 3.) and a dynamic one using the gun deprived of combat features (Fig. 4.).

3.1. Description of Setups

The dynamic and static characteristics were tested on two setups (specially designed for it) (Fig. 3 and 4).

The setup (Fig. 3) is used to measure the spring static characteristics. Due to the high values of the energy accumulated by the spring at pressing (above 2500 N) and for the safety reasons (protection against casual uncontrolled expansion) the stand employs the principle of operation for a screw press.

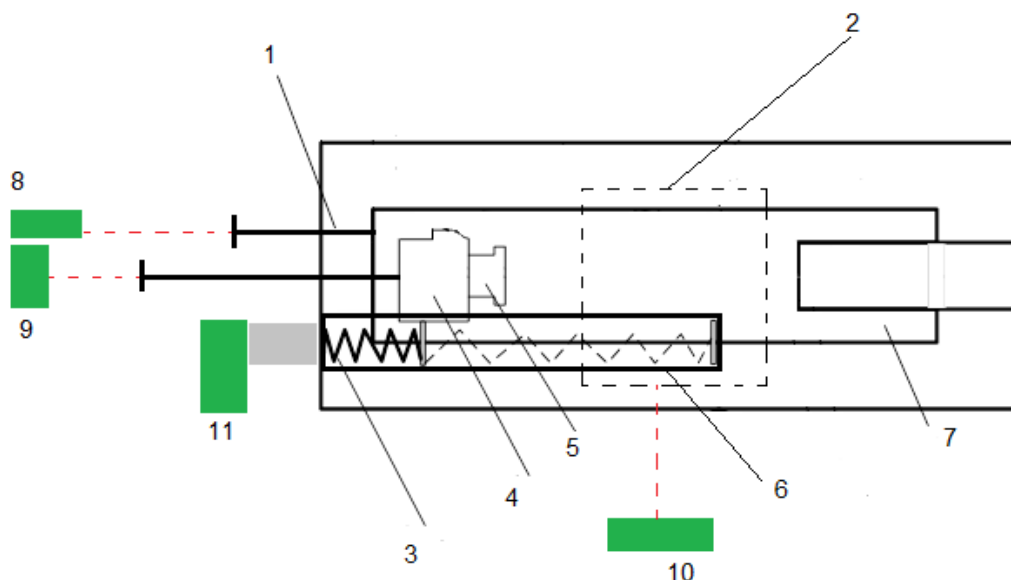


Rys. 3. Schemat stanowiska do badań statycznych: 1 - czujnik siły, 2 - sprężyna, 3 - płyta dociskowa, 4 - śruba napędowa [13]

Fig. 3. Schematic of the setup for static tests: 1 - force sensor, 2 - spring, 3 - pushing plate, 4 - driving screw [13]

Podczas obrotu śruby napędowej (4 - rys. 3.) przemieszcza się ze stałą prędkością płyta dociskowa (3 rys. 3), która wywiera nacisk na sprężynę (2 rys. 3). Energia zakumulowana w sprężynie jest mierzona za pomocą czujnika siły (1 rys. 3).

At the rotation of the driving screw (4 - Fig. 3.) the pressing plate moves with a constant velocity (3 Fig. 3) to push the spring (2 Fig. 3). The energy accumulated in the spring is measured by the force sensor (1 Fig. 3).



Rys. 4. Schemat koncepcji stanowiska do badań dynamicznych: 1 – obudowa komory zamkowej, 2 – donośnik, 3 – sprężyna powrotna, 4 – uderzak, 5 – zamek, 6 – zespół przeładowania pneumatycznego, 7 – komora zamkowa z lufą, 8 – laserowy czujnik przemieszczenia komory nabojewej, 9 – laserowy czujnik położenia uderzaka, 10 – laserowy czujnik położenia przesuwaka, 11 – czujnik siły

Fig. 4. Schematic of a setup concept for dynamic tests: 1 – breech block, 2 – feeding unit, 3 – return spring, 4 – rammer, 5 – breech, 6 – module of automatic reloading, 7 – breech block with the barrel, 8 – laser sensor of the cartridge chamber displacement, 9 – laser sensor of rammer position, 10 – laser sensor of pusher position, 11 – force sensor

Stanowisko (rys. 4) służy do wyznaczania charakterystyki dynamicznej sprężyny. Głównym elementem stanowiska jest oryginalne działo NR-30, które zostało wcześniej pozbawione cech bojowych. Do pomiaru przemieszczeń uderzaka i komory (po odpowiedniej modyfikacji) wykorzystano istniejące otwory gwintowane (w komorze nabojewej i uderzaku) zaprojektowane przez projektantów NR-30. W wyżej wymienione elementy wkręcili oni pręty zakończone pisakami, a pod nimi mocowali obracającą się (w trakcie badań) rolkę z papierem milimetrowym. Metodę unowocześniono, zastępując układ pisak-papier milime-

The setup (Fig. 4) is used to measure the spring dynamic characteristics. The NR-30 original gun with deprived combat properties is a main part of the setup. Displacement of the rammer and the chamber is measured by using the existing threaded holes (after adaptation) in the cartridge chamber and in the rammer left by designers of NR-30. They screwed into them the rods ended with pens recording the displacement on a turning roll of graph paper placed below. The method was upgraded by replacing the combination of pen - graph paper by a laser range finder and a comput-

trowy dalmierzem laserowym i komputerowym systemem akwizycji i przetwarzania (mierzonych przez układ laserowy) danych. Do pomiaru przemieszczenia przesuwaka taśmy również wykorzystano dalmierz laserowy, a do pomiaru siły zastosowano czujnik siły z wbudowanym wzmacniaczem tensometrycznym.

Wyniki uzyskane w trakcie badań umożliwiły wykreślenie charakterystyki kinematycznej (cyklogramu pracy działka) oraz przebiegu siły w czasie. W celu porównania wpływu dodatkowego przeciążenia w locie porównano ze sobą wykresy przemieszczenia w czasie oraz siły w czasie podczas powrotu uderzaka aż do zaryglowania (podpunkt 3.3).

3.2. Zakres badań

W tym podrozdziale opisano zrealizowane na stanowisku (rys. 4) badania wpływu dołączania do układu „uderzak-zamek-sprężyna” dodatkowych mas na charakterystyki ruchu i siły układu w czasie badań dynamicznych tj. w trakcie dosyłania naboju i ryglowania. Badania zrealizowano dla następujących założeń:

1. Charakterystykę dynamiczną sprężyny powrotnej w układzie dosłania naboju do komory nabojuowej zdejmowano przy:
 - a) rozprężaniu sprężyny obciążonej układem przeładowania – zamek z uderzakiem;
 - b) rozprężaniu sprężyny obciążonej układem przeładowania – zamek z uderzakiem + dodatkowe masy imitujące dodatkowe przeciążenia (od tarcia i przeciążeń wynikających z lotu samolotu):
 - masa o wartości 3,65 kg – pręt krótki,
 - masa o wartości 5,80 kg – pręt długi,
 - masa o wartości 5,80 kg + 6,60 kg – pręt długi plus dodatkowa masa nieutwierdzona,
 - masa o wartości 12,4 kg – pręt długi plus dodatkowa masa utwierdzona.
2. Dla porównania zdjęto dla badanej sprężyny charakterystykę quasi-statyczną.

er data (measured by the laser) acquisition and processing system. The laser range finder was also used to measure the displacement of a belt transporter, and the force was measured by a sensor with integrated tensiometer amplifier.

The received data (from the tests) were used to chart the kinematic characteristics (a cyclograph of gun operation) and the course of the force versus time. In order to evaluate the influence of the additional overloads during the flight, a comparison was made for displacement and force graphs versus the time during the return travel of the rammer until the locking (paragraph 3.3).

3.2. Scope of Tests

This subsection describes tests performed on the presented stand (Fig. 4) on the influence of additional mass added to the system of “rammer-breech-spring” into its movement and force characteristics during the dynamic tests i.e. at feeding the cartridge and locking. The tests were performed at following conditions:

1. The dynamic characteristics of the returning spring working in the system transporting the cartridge into the chamber was measured at:
 - a) Expansion of the spring charged by the reloading system – breech with rammer,
 - b) Expansion of the spring charged by the reloading system – breech with rammer + additional masses imitating the overloads (due to the friction and the flight overloads):
 - Mass of 3.65 kg – short rod,
 - Mass of 5.80 kg – long rod,
 - Mass of 5.80 kg + 6.60 kg – long rod plus additional unfixed mass,
 - Mass of 12.4 kg – long rod plus additional fixed mass.
2. The quasi-static characteristics of tested spring was measured for comparison reasons.

3.3. Wyniki badań

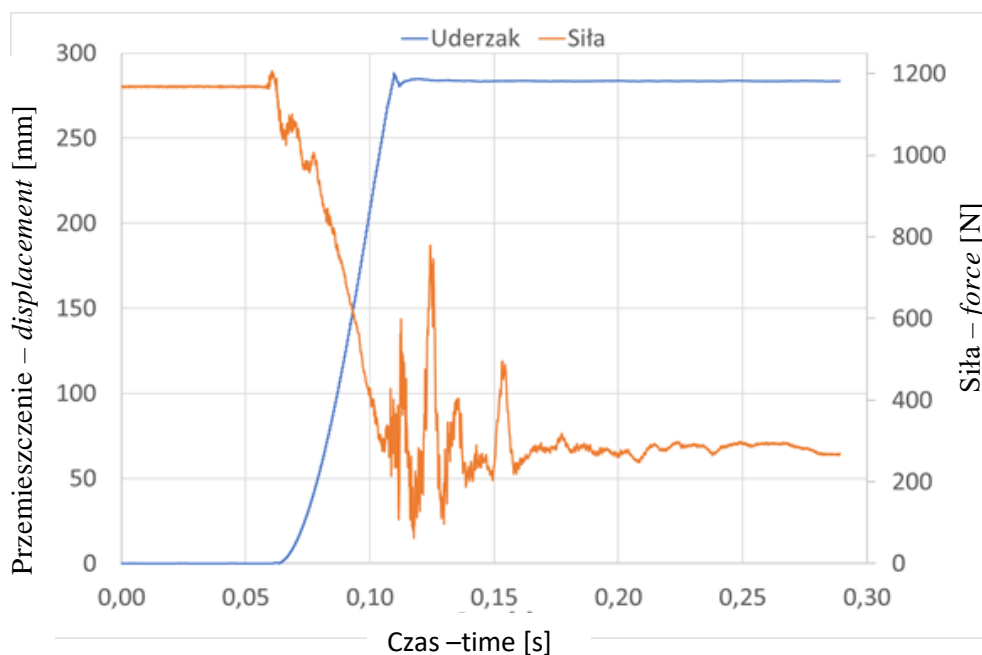
Badania prowadzono w kilku etapach (A÷D). W pierwszym (A) przebadano sprężynę bez dodatkowej masy. Kolejny etap (B) polegał na stopniowym zwiększaniu masy układu poprzez zastosowanie prętów stalowych o różnej długości oraz dodatkowych obciążników zakładanych na pręt. W trzecim etapie (C) zbadano charakterystykę statyczną sprężyny. Wyniki z badań poddano wstępnej analizie w oprogramowaniu MS Excel. Zmianę wartości siły oraz przemieszczenie w funkcji czasu przedstawiono na wykresach z zastosowaniem pomocniczej osi pionowej (dla wartości siły).

A. Ruch układu „zamek + uderzak” przy rozprężaniu sprężyny

3.3. Results of Tests

Tests were divided into stages (A÷D). In the first one (A) the spring was tested without any additional mass. In the next stage (B) the mass of the system was increased gradually by using steel rods of various length and by additional weights attached to the rod. In the third stage (C) the static characteristics of the spring was tested. MS Excel computer code was used for initial analysis of test results. The changes of force and displacement versus the time were charted using the assisting vertical axis (for the force).

A. The movement of system of „breech + rammer” at spring expansion



Rys. 5. Charakterystyka ruchu układu zamek z uderzakiem pod wpływem działania założonej do badań sprężyny wielodrutowej bez dodatkowej masy

Fig. 5. Characteristics of the movement for the system of “breech + rammer” enforced by the tested multiwire spring without any additional mass

uderzak - rammer

Na rys. 5 przedstawiono wykres przemieszczenia i siły w funkcji czasu układu „zamek z uderzakiem” pod wpływem działania założonej do badań sprężyny wielodrutowej.

Fig. 5 shows the displacement and the force versus the time for the system of “breech + rammer” effected by the tested multiwire spring. The plot of the force

wej. Na przebiegu siły bardzo widoczne są drgania powstałe po ustaniu ruchu uderzaka. Są to prawdopodobnie drgania własne sprężyny, które stopniowo są tłumione do zera.

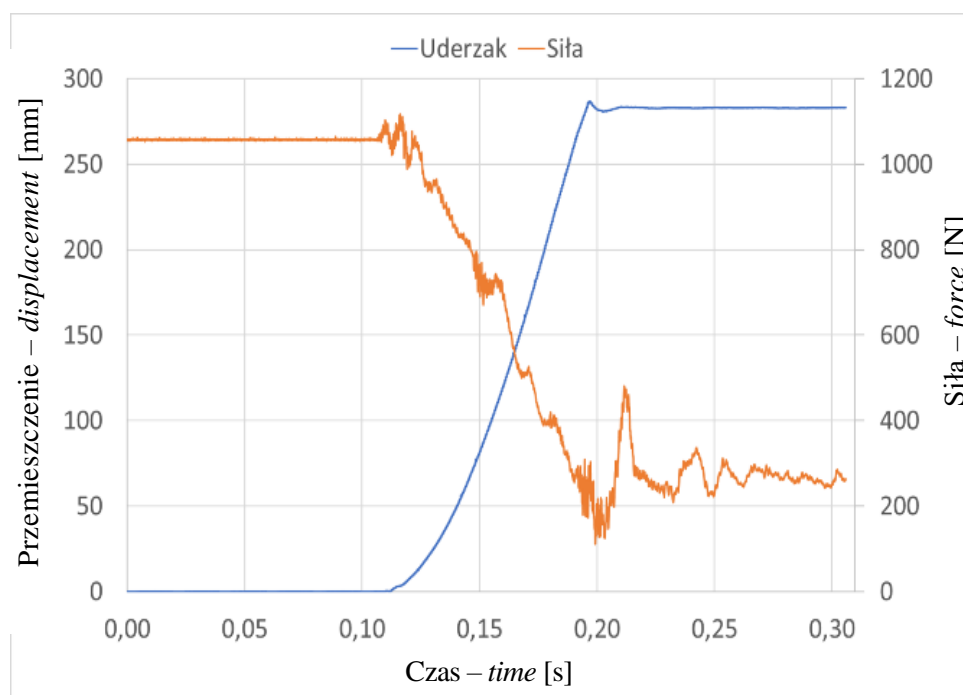
B. Ruch układu „zamek + uderzak + dodatkowa masa imitujące dodatkowe przeciążenia” przy rozprężaniu sprężyny

W tym podrozdziale przedstawiono uzyskane w badaniu wykresy dla różnych obciążeń układu przeładowania (w postaci dołączonych *mas imitujących przeciążenia od tarcia i przeciążeń wynikających z lotu samolotu*). Dwa pierwsze testy (rys. 6, rys. 7) wykonano z wykorzystaniem prętów stalowych o różnych długościach, natomiast do dwóch kolejnych testów (rys. 8, rys. 9) wykorzystano dodatkowe obciążniki nakładane na dłuższy pręt. Oba testy różnią się sposobem zamocowania dodatkowej masy na pręcie (masa ułożona luźno na pręcie, masa utwierdzona do pręta).

shows very clearly the own vibrations of the spring after stoppage of the rammer. They are likely the own spring vibrations which are gradually damped to zero.

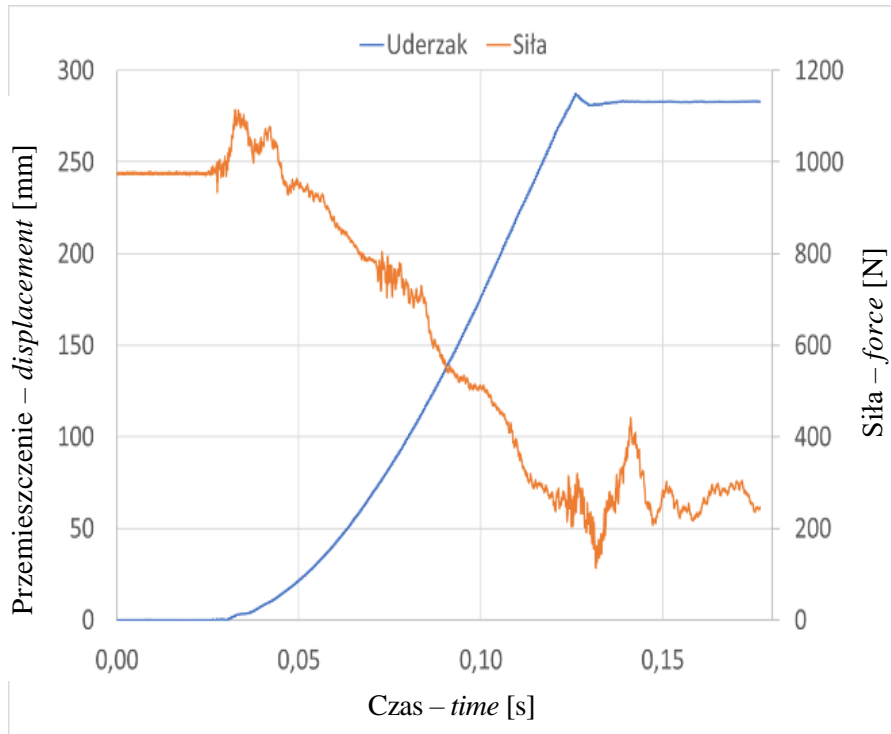
B. Motion of “breech + rammer + additional mass” system imitating additional overloads at spring expansion

This subsection presents the plots received for different charges of the reloading module (in the form of *attached masses imitating the charges originating from the friction and overloads resulted from the plane flight*). The two first tests (Fig. 6 and 7) were carried out using the steel rods of various length whereas for the two consecutive tests (Fig. 8 and 9) the additional weights attached to the longer rod were used. Two tests employ different ways of fixing the additional mass to the rod (the mass unfixed and fixed to the rod).



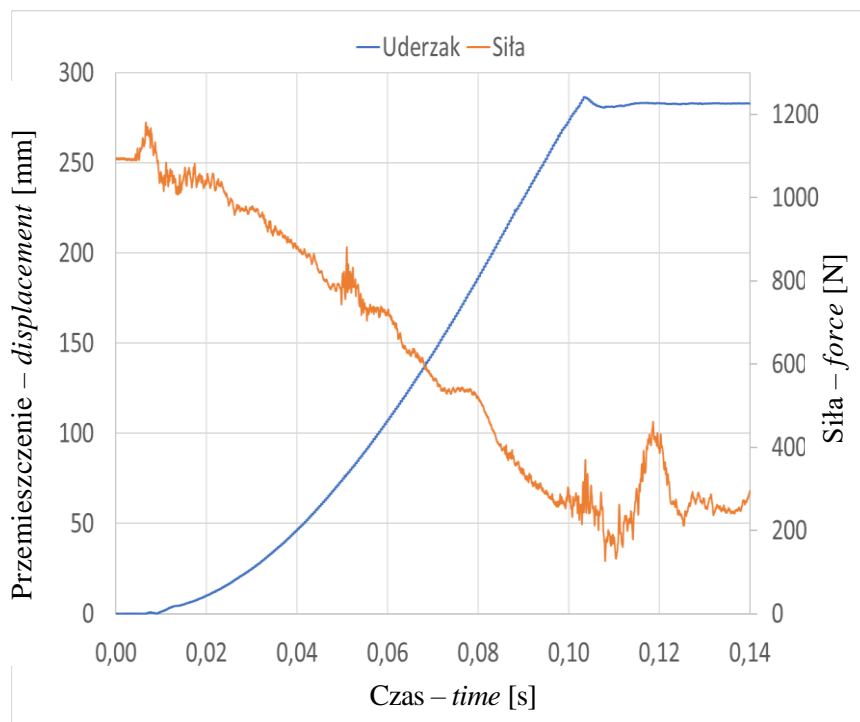
Rys. 6. Przebieg dla masy 3,65 kg

Fig. 6. The plot for mass of 3.65 kg (uderzak - rammer)



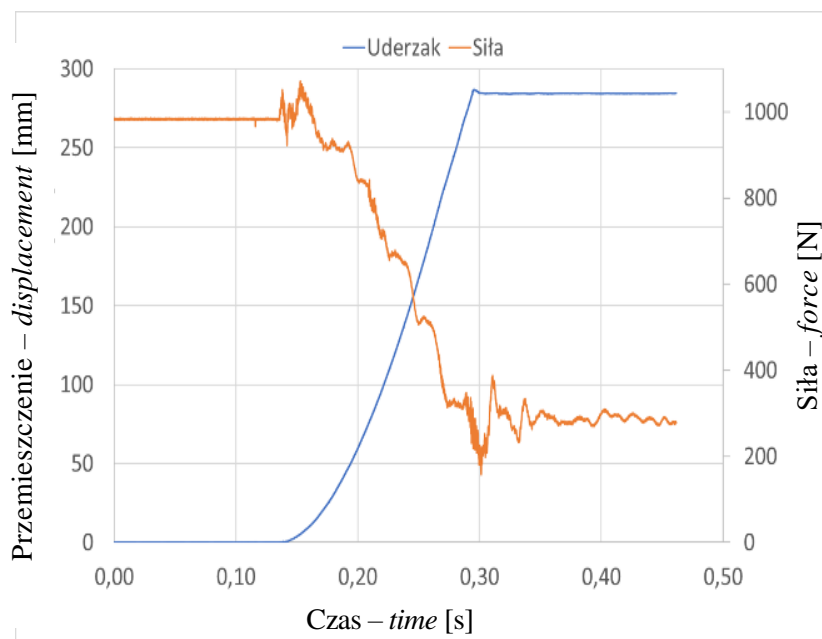
Rys. 7. Przebieg dla masy 5,80 kg

Fig. 7. The plot for mass of 5.80 kg (uderzak – rammer)



Rys. 8. Duży pręt (5,80 kg) plus dodatkowa masa (6,60 kg) bez utwierdzenia na pręcie

*Fig. 8. Long rod (5.80 kg) plus additional mass (6.60 kg) unfixed to the rod
(uderzak – rammer)*



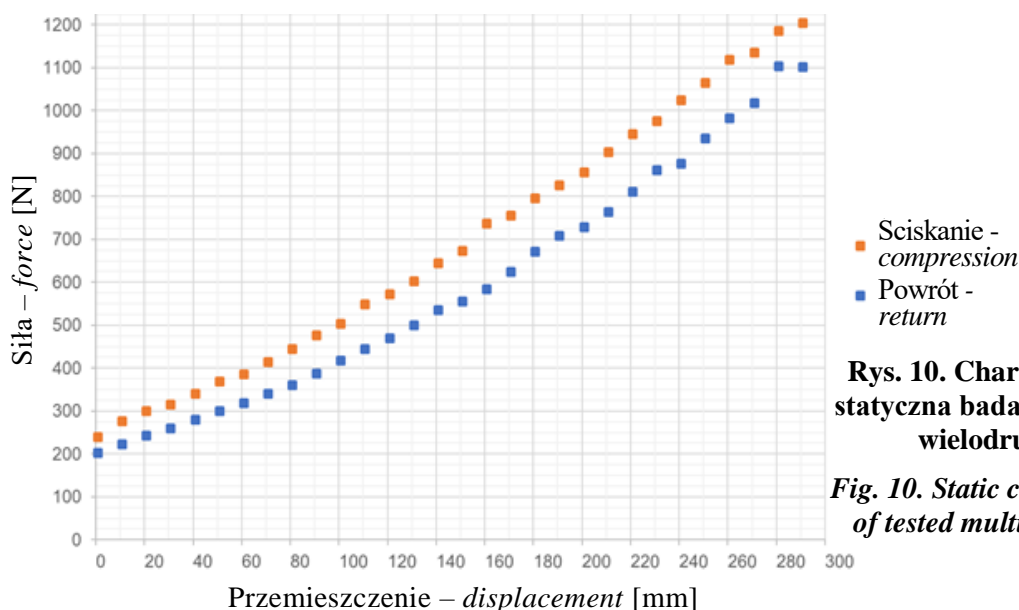
Rys. 9. Duży pręt (5,80 kg) plus dodatkowa masa (6,60 kg) utwierdzona na pręcie
Fig. 9. Long rod (5.80 kg) plus additional mass (6.60 kg) fixed to the rod (uderzak – rammer)

Na przedstawionych wykresach widać, że dodatkowa masa wpływa wyraźnie na oba przebiegi tj. zarówno siły jak i przemieszczenia. Charakterystyki zostały rozciągnięte w czasie, co świadczy o zmniejszającej się prędkości średniej elementu oraz o zmniejszającym się przyspieszeniu.

Presented graphs show that the additional mass affects visibly two plots i.e. both the force and the displacement. The characteristics are extended in the time what reflects the decreased mean velocity of the component and the decreased acceleration.

C. Ściskanie i rozprężanie statyczne sprężyny

C. Static compression and expansion of the spring



Rys. 10. Charakterystyka statyczna badanej sprężyny wielodrutowej

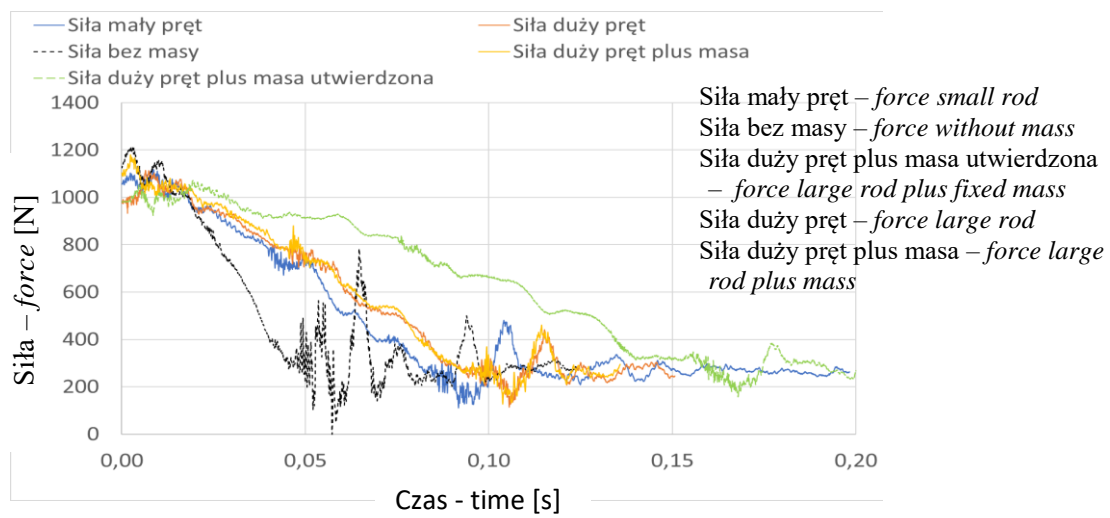
Fig. 10. Static characteristics of tested multiwire spring

Końcowym etapem badania sprężyny był pomiar jej charakterystyki statycznej. Wyniki przedstawiono na rys. 10.

Uzyskana charakterystyka statyczna sprężyny wielodrutowej znacznie różni się od tej pozyskanej w badaniach dynamicznych. Ze względu na powolny przyrost obciążenia sprężyna ma czas na ułożenie się, nie występują również drgania spowodowane uderzeniami.

The measurement of static characteristics was the final stage of spring testing. The results are shown in Fig 10.

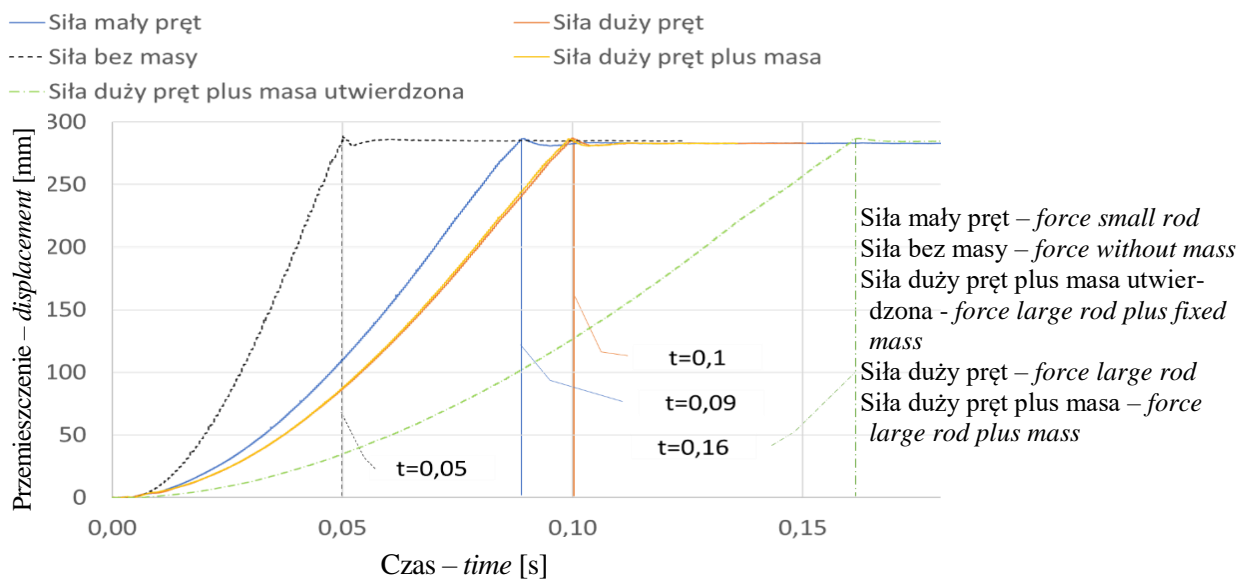
The static characteristics of the multi-wire spring is significantly different than that received in dynamic tests. Due to the slow increase of the charging the spring has a time for settling, and there is no vibrations caused by the impacts.



Rys. 11. Porównanie wykresów siły dla różnych obciążeń
Fig. 11. Comparison of force plots for different charges

D. Analiza otrzymanych wyników

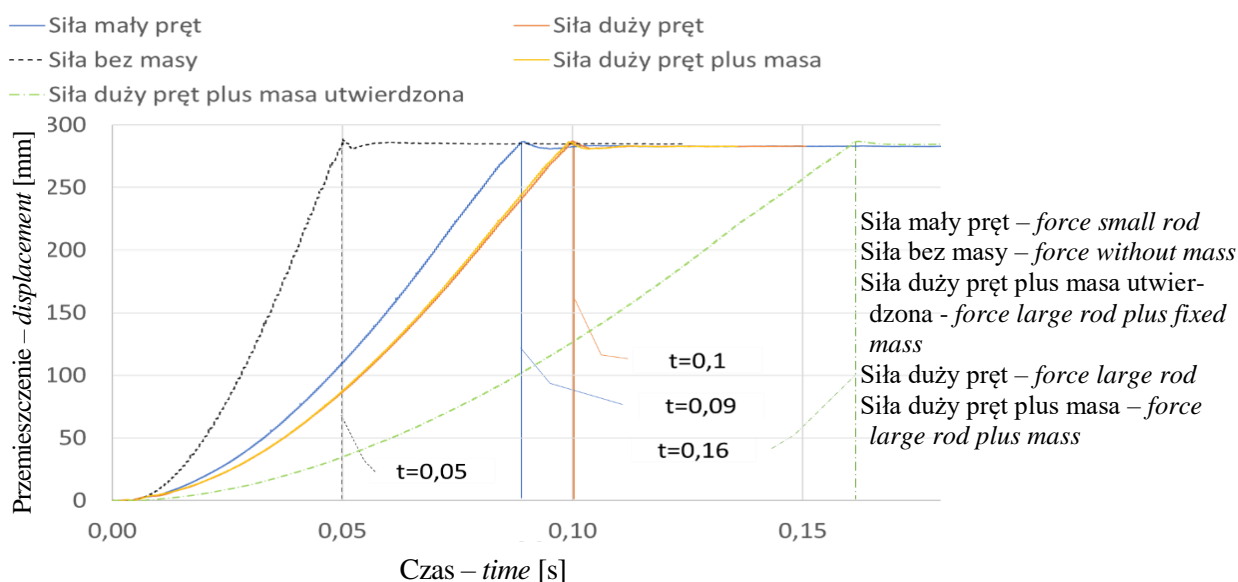
D. Analysis of received results



Rys. 12. Porównanie przemieszczeń dla różnych obciążeń
Fig. 12. Comparison of displacements for different charges

W celu wyraźniejszego zilustrowania wpływu obciążenia na przebieg siły i przemieszczenia uderzaka wykonano wykresy zbiorcze dla sił i przemieszczeń (rys. 11 i rys. 12). Dodatkowo dla przemieszczeń wyznaczono czas, po którym wartość przemieszczenia osiąga wartość maksymalną (tabela 1).

The combined charts for the forces and rammer displacements were prepared to show more clearly the influence of charges into their values. (Fig. 11 and 12). Moreover, the time was established when the displacement reaches a maximal value (Table 1).



Rys. 12. Porównanie przemieszczeń dla różnych obciążeń

Fig. 12. Comparison of displacements for different charges

Porównując przebiegi siły (rys. 11) zaobserwowano widoczne wyraźne zmiany czasu trwania zjawiska. Nie stwierdzono natomiast wyraźnego wpływu dołączonych mas na zdolność sprężyny do dosłania naboju i zaryglowania zamka. Widać również, że brak utwierdzenia masy powoduje, że nie bierze ona udziału w obciążaniu układu (wykresy nakładają się). Należy dodać (dla formalności), że układ działał bez przyspieszacza odrzutu, gdyż włącza się on tylko podczas strzelania automatycznego.

Na rys. 12 wyznaczono czas, po jakim uderzak osiąga charakterystyczne położenie – uderzenie w komorę naboju po zaryglowaniu dla badań z różnymi dodatkowymi masami.

4. Analiza ilościowa wyników badań

Na podstawie uzyskanych z badań charakterystyk można przeprowadzić szereg ana-

lyz. Comparison of the force graphs (Fig. 11) shows clearly a changing time of phenomenon. Moreover, any clear impact of added masses on the spring capacities for feeding the cartridge and locking the breech was not observed. It is also visible that the unfixed mass is not involved in charging the system (the plots coincide). It has to be noted that the system has operated without the recoil accelerator which is engaged only at automatic shooting.

In Fig. 12 the time is determined when the rammer reaches a specific position – hitting the cartridge chamber after the locking, for tests with different masses.

4. Quantitative Analysis of Test Results

Following parameters may be analysed basing on the characteristics received from

liz danych np.:

- 1) zmian szybkostrzelności działka w funkcji obciążeń;
- 2) zmian lokalnych wartości obciążeń na elementy kinematyczne, a tym samym na tempo ich zużywania;
- 3) zmian wartości tłumienia drgań realizowanego przez sprężynę wielodrutową itp.

W artykule zajęto się analizą zmian przyspieszenia, prędkości średniej oraz czasu ruchu uderzaka bez masy oraz obciążonego największą masą.

Analiza ilościowa na podstawie uzyskanych z badań charakterystyk została przeprowadzona dla następujących założeń:

- 1) ruch uderzaka przyjmuje się jako ruch jednostajnie przyspieszony opisany równaniem kwadratowym (aproxymacja wielomianem drugiego stopnia);
- 2) prędkość średnią przyjmuje się jako stosunek całej przebytej drogi (do uderzenia w sprężynę tylca) do czasu jej przebycia.

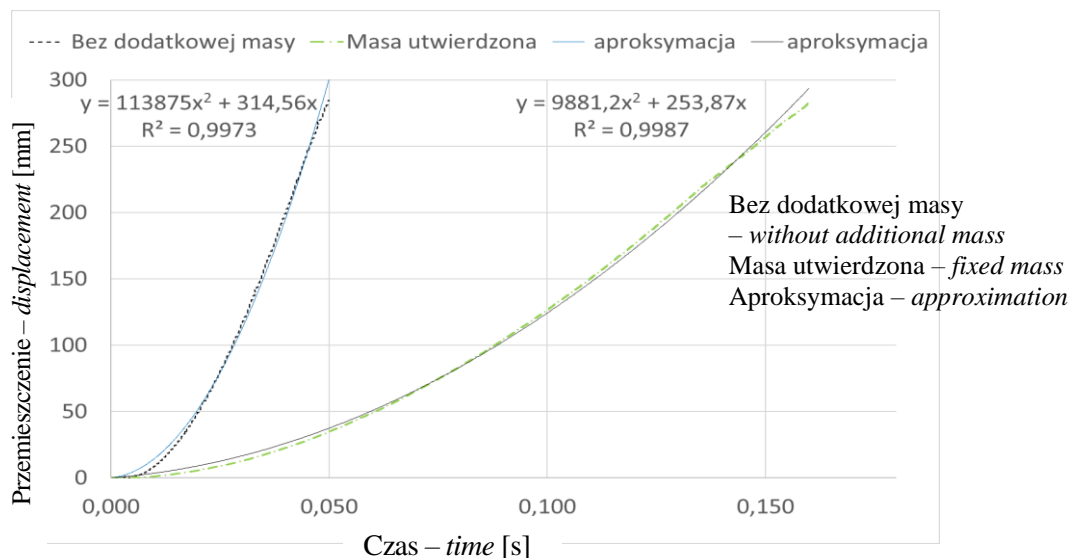
the tests:

- 1) Changes of the rate of fire in function of the charges;
- 2) Changes of local charges of kinematic components corresponding to the rate of wearing;
- 3) Changes of the multiwire spring vibration damping rate, etc.

The changes of acceleration, mean velocity, and rammer movement time without the mass and charged by the greatest mass are analysed in the paper.

The quantitative analysis basing on the characteristics received at the tests was performed for following conditions:

- 1) The movement of the rammer is accepted to be a motion with constant acceleration described by a second degree equation (approximation by the second degree polynomial);
- 2) The average velocity is defined as the ratio of whole travelled way (to the hitting into the breech spring) to the time of covering it.



Rys. 13. Analiza ruchu uderzaka w zależności od obciążenia

Fig. 13. Analysis of rammer motion depending on the charging

W celu uzyskania równania opisującego ruch uderzaka wycięto fragmenty przebiegów od początku ruchu do momentu uderzenia

Fragments of plots from the beginning of motion to the moment when the rammer hits the cartridge chamber are cut off

uderzaka w komorę naboju. Następnie wykonano aproksymację wykresów z wykorzystaniem funkcji trendu dostępnej w programie MS Excel. Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 13.

Na wykresie (rys.13) zaznaczono równania wyznaczone metodą aproksymacji wielomianem drugiego stopnia oraz współczynniki dopasowania informujące o stopniu zgodności funkcji aproksymującej z danymi eksperymentalnymi. Uzyskane wartości są bardzo wysokie, co świadczy o prawidłowym wyborze funkcji aproksymującej. W celu uzyskania wartości przyspieszenia uderzaka należy uzyskane funkcje drogi dwukrotnie różniczkować względem czasu (zmienną x):

to get an equation of its motion. In the next step the plots were approximated using a trend function available in MS Excel code. Received results are presented in Fig. 13.

In the chart (Fig.13) are marked equations determined by the second degree polynomial approximation method and the coefficients of coincidence between the approximating function and the experimental data. The received values are very high what proves that the approximating function was properly selected. To get the rammer velocity the received functions of displacement have to be differentiated two times against the time (variable x):

$$\frac{dy_1}{dx} = 11385x \quad (1)$$

$$\frac{dy_2}{dx} = 9881,2x \quad (2)$$

$$\frac{dy_1^2}{dx^2} = 11385 \quad (3)$$

$$\frac{dy_2^2}{dx^2} = 9881,2 \quad (4)$$

$$a_1 = 11385 \frac{mm}{s^2} = 11,3850 \frac{m}{s^2} \quad (5)$$

$$a_2 = 9881,2 \frac{mm}{s^2} = 9,8812 \frac{m}{s^2} \quad (6)$$

gdzie:

- y_1 – funkcja aproksymacyjna dla przemieszczenia uderzaka bez masy,
- y_2 – funkcja aproksymacyjna dla przemieszczenia uderzaka z dużym prętem i masą utwierdzoną,
- x – czas,
- a – przyspieszenie

W celu wyznaczenia prędkości średniej uderzaka wykorzystano dane z rys. 12. Przemieszczenie uderzaka wynosi około 285 mm natomiast czasy odczytano z wykresu.

where:

- y_1 – approximating function for displacement of the rammer without the mass,
- y_2 – approximating function for displacement of the rammer with the large rod and fixed mass,
- x – time,
- a – acceleration

To establish the average velocity of the rammer the data from Fig. 12 is used. The rammer is shifted by ca. 285 mm and the times are read out from the chart.

$$\frac{\Delta y}{\Delta x_1} = \frac{280\text{mm}}{0,05\text{s}} = 5600 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 5,60 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (7)$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x_2} = \frac{280\text{mm}}{0,16\text{s}} = 1750 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 1,75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (8)$$

gdzie:

- x_1 – czas ruchu dla przemieszczenia uderzaka bez masy,
- x_2 – czas ruchu dla przemieszczenia uderzaka z dużym prętem i masą utwardzoną,
- y – przemieszczenie uderzaka.

Uzyskane z obliczeń wyniki zestawiono w tabeli 1.

Uzyskane dane jednoznacznie wskazują na znaczny wpływ dodatkowego obciążenia na parametry ruchu. Dodatkowa masa ma znaczny wpływ na zmniejszanie szybkostrzelności działka, jednakże nie wpływa znacząco na zdolność do zaryglowania.

where:

- x_1 – time for displacement of the rammer without the mass,
- x_2 – time for displacement of the rammer with large rod and fixed mass,
- y – displacement of the rammer.

Results received from calculations are presented in table 1.

The received data (clearly shows a significant influence of additional charges on the parameters of motion. The additional mass reduces in great degree the rate of fire for the gun, but does not affect significantly the efficiency of locking.

Tabela 1. Zestawienie wyznaczonych danych liczbowych: wartości czasu przemieszczania uderzaka (rys. 12), prędkości uderzaka (wzór 7-8) i przyspieszenia uderzaka (wzór 1-6)

Table 1. Arrangement of calculated numerical data: values of rammer displacement time (Fig. 12), rammer velocity (expressions 7-8) and rammer acceleration (expressions 1-6)

Uderzak + zamek <i>Rammer + breech</i>	Parametry ruchu / <i>Motion parameters</i>		
	t [s]	V [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]	a [$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$]
Bez dodatkowej masy / <i>Without additional mass</i>	0,05	5,6	11,3850
Z dodatkową masą / <i>With additional mass</i>	0,16	0,16	9,8812

5. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych rezultatów, poszerzono wiedzę różnych aspektach projektowych armat klasy działko lotnicze NR-30. W trakcie badań i analiz otrzymanych wyników uzyskano charakterystyki dające możliwości głębszej analizy uszkodzeń armat klasy NR-30.

Praktycznym byłoby wprowadzenie tego artykułu do zakresu obowiązkowej lektury dla

5. Summary

The received results have widened the knowledge on various designing aspects of NR-30 aircraft gun family. The tests and analyses of received results can be helpful for better understanding of NR-30 gun family defects.

It could be reasonable to include the present paper as an obligatory reading for

specjalistów szkolących jak i zajmujących się (w eksploatacji) działkami z tego typu sprężynami wielodrutowymi.

Na podstawie uzyskanych z badań charakterystyk stwierdza się, że:

- dodanie dodatkowej masy (przeciążeń w locie) znacząco wpływa na zmiany przebiegów siły i przemieszczenia,
- nie stwierdzono widocznego wpływu przeciążeń w locie na generowanie się zacięcia typu niepełne dosłanie,
- dodatkowa masa zmieniła prędkość i przyspieszenie elementów (co zmniejsza szybkostrzelność),
- potrzebne są dalsze badania nad zacięciem typu niepełne dosłanie. Należy przebadać wpływ gęstości smaru, stopnia zabrudzenia komory oraz temperatury eksploatacji na zdolność do zaryglowania zamka.

Z analiz uzyskanych charakterystyk z badań wnioskuje się, że nawet dla sprężyny z minimalnym resursem:

- wyklucza się istotny wpływ przeciążeń w locie na zacięcia typu niezaryglowanie,
- wyklucza się wpływ ciężaru dosyłanego naboju na zacięcia typu niezaryglowanie,
- zakłada się, że podstawową przyczyną tego typu zacięć może być:
 - niewłaściwe przygotowanie przedlotowe (wyczyszczenie z nadmiaru smaru, lub nagaru po poprzednich strzelaniach) komory naboju przed wylotem na strzelanie,
 - użycie niewłaściwego smaru (gęstniejącego w ujemnych temperaturach) lub jego nadmierne użycie w komorze naboju lub tych dwóch przyczyn jednocześnie.

Dla udokumentowania ostatniego wniosku zaplanowano przeprowadzenie takich badań eksperymentalnych, na stanowisku użytym do badań opisanych w tym artykule.

the specialists trained and involved in the use of guns with such type of multiwire springs.

Basing on the characteristics received from tests it may be stated that:

- Applying an additional mass (flight overloads) changes significantly the course of the force and displacement,
- It was not clearly confirmed that the flight overloads are responsible for jams of uncomplete feeding type,
- Additional mass changes the velocity and the acceleration of components (what reduces the rate of fire),
- Further investigations are needed on jams of uncomplete feeding. Matters of grease density, dirt presence in the chamber and the temperature of operation have to be investigated against breech locking efficiency.

The analysis of received characteristics shows that even for a spring with a low service life:

- the uncomplete locking type jams are rather not caused by the flight overloads,
- the uncomplete locking type jams are not caused by the weight of transported cartridge,
- it may be assumed that a main reason of these jams is:
 - inappropriate prior-flight preparation of the cartridge chamber before mission (removing the excessive grease, or carbon deposit left after previous shootings),
 - the use of an inappropriate grease (getting denser at minus temperatures) or its excessive employment for the cartridge chamber, or the two reasons concurrently.

The last conclusion may be documented by planned experiments, conducted on the stand used in this paper.

Literatura / Literature

- Departament Nauki i Szkolnictwa Wojskowego – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (DNiSzW-ITWL). (2007). *Biuletyn eksploatacyjny Nr U/4988/E/07*. Zmodernizowany system eksploatacji działek lotniczych typu NR-30, NS-23 użytkowanych w Siłach Powietrznych RP.
- Foryszewski, T., Idziaszek, Z., Jaształ, M. (2006). Zastosowanie modelowania i symulacji do badania oraz weryfikacji parametrów technicznych i eksploatacyjnych działka lotniczego. *VI Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa, Waplewo*.
- Idziaszek, Z. (2004a). Analiza niezawodności i trwałości szybkostrzelnych armat automatycznych. *Sprawozdanie z PBG 434/WAT/01 nr 0 T00B 004 21*. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna. DOI: 10.13140/RG.2.2.21687.68008.
- Idziaszek, Z. (2004b). Zarys metody oceny trwałości szybkostrzelnych armat automatycznych wykorzystującej zmiany parametrów diagnostycznych zasadniczych zespołów. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, 39(2)*, 89-104.
- Idziaszek, Z. (2005). Zarys metody oceny wpływu warunków użytkowania luf szybkostrzelnych armat automatycznych. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, 40(2)*, 139-154.
- Idziaszek, Z. (2018). Method of analysis of productivity with an innovative model of the working capability of the object in the body (C) for the new resource allocation on inherent and non-inherent. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, 20(4)*, 671–681. DOI: 10.17531/ein.2018.4.18.
- Idziaszek, Z. (2019a). Aircraft Cannon NR-30. DOI:10.13140/RG.2.2.36313.26723.
- Idziaszek, Z. (2019b). An Ordnance Reliability and Life Model for the Estimation of the Component Kits in Preventive Replacement in Terms of Production and Operating Costs. *Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering, 10(2)*, 103-130. DOI: 10.5604/01.3001.0013.2119.
- Idziaszek, Z. (2019c). Lotnicza broń lufowa wybrane charakterystyki. DOI: 10.13140/RG.2.2.23243.75046.
- Idziaszek, Z., Grzesik, N. (2014). Object Characteristics Deterioration Effect on Task Realizability – Outline Method of Estimation and Prognosis. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, 16(3)*, 433–440.
- Idziaszek, Z., Jaształ, M. (2002). Metodyka badań elementów działka z wykorzystaniem systemów CAx, *IV Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa*. Warszawa.
- Idziaszek, Z., Jaształ, M., (2005). Model symulacyjny działka lotniczego NR-30. *Materiały konferencyjne z XIV Międzynarodowej Konferencji „Problemy rozwoju, produkcji i eksploatacji techniki uzbrojenia”*, Rynia, 203-212.
- Idziaszek, Z., Kijewski, J. (2007). Research on Military Proving Grounds Cannon NR-30. Badania poligonowe. DOI: 10.13140/RG.2.2. 34532.73603.
- Idziaszek, Z., Kosiński, P. (2002). Analiza kinematyczna i dynamiczna wybranego zespołu lotniczej broni lufowej z krótkim odrzutem lufy. *IV Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa, Waplewo*.
- Idziaszek, Z., Modrzejewski, P. (2018). Procedura badawcza do określenia oceny stanu zdatności wielodrutowych sprężyn powrotnych na przykładzie działka NR-30. *XII Mię-*

dzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa, Warszawa.

- Idziaszek, Z., Olearczuk E. (2004). Audyt trwałości w eksploatacji szybkostrzelnych armat automatycznych z uwzględnieniem bezpieczeństwa. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 3(23), 15-22.
- Idziaszek, Z., Olearczuk E. (2005). Zarządzanie trwałością szybkostrzelnych armat automatycznych w systemie eksploatacji z wykorzystaniem bazy danych eksploatacyjnych. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 1(25), 47-57.
- Idziaszek, Z., Piechna, S., (2006). Opracowanie metodyk weryfikacji i dopasowania wybranych części zamiennych z innych działek tego samego typu oraz docelowej wersji programu komputerowego „Baza działek I”, Wdrożona baza danych PBU/02-046/WAT/2006. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- Idziaszek, Z., Tomaszek. H., Ważny. M. (2005). Zarys metody określania liczebności części zamiennych dla działek lotniczych. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, 40(1), 125–136.
- Idziaszek, Z., Typer, P. (2016). Aspekty badawcze i wdrożeniowe oraz analiza zastosowania 12,7 mm WLKM. *Problemy Techniki Uzbrojenia*, 2(138), 7-23.
- Modrzejewski, P. (2017). *Analiza trwałości obiektu technicznego*. Praca magisterska, Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- Modrzejewski P., Idziaszek Z., (2019). A Research Procedure for Examining the Dynamic Properties of Multi-Wire Springs used in NR-30 Guns, *Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering*, 10(3), 61-78. DOI 10.5604/01.3001.0013.4805.
- Piechna, S., Idziaszek, Z. (2010). Teoretyczne podstawy oceny trwałości eksploatacji obiektów. *Mechanik*, 7, 145-152.
- Płatek, P., Damaziak, K., Malachowski, J., Woźniak, R. (2011). Badania wpływu sztywności sprężyny powrotnej suwadła w aspekcie dynamicznej odpowiedzi układu automatyki karabinka standardowego. *Mechanik*, 7, 943- 950.
- Tomaszek, H., Idziaszek, Z. (2004). Zarys metody oceny trwałości luf działek lotniczych. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, 39(1), 99-110.
- Żukowski, S. (1955). *Sprężyny*. Warszawa: PWT.

Podziękowanie

Autor dziękuje dr. inż. Zdzisławowi Idziaszkowi za duży wkład merytoryczny zarówno przy budowie stanowisk badawczych jak i w trakcie udzielanych konsultacji w zakresie analizy budowy i działania działka NR-30, wspomaganie i nadzorowanie realizacji badań oraz dyskusji podczas interpretacji otrzymanych wyników.

Acknowledgement

The author is grateful to D. Sc. Zdzislaw Idziaszek for professional suggestions both at designing the testing stands and at consultancies on the design and operation of the NR-30 gun, and also for supporting and monitoring the process of testing and discussions over the interpretation of received results.

