Czasopismo Naukowo-Techniczne
Wydziału Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy

Scientific-Technical Journal of
Mechanical Engineering Faculty of
UTP University of Science and Technology in Bydgoszcz

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ

DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING

10(5)
2017

Wydawnictwa Uczelniane
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy

ZESPÓŁ REDAKCYJNY
EDITORIAL BOARD

Przewodniczący (redaktor naczelny) – ***Editor-in-chief*** – Stanisław MROZIŃSKI

Redaktorzy Działowi – ***Branch editors*****:**

Eksploatacja Maszyn *Machine Operating and Maintenance*	Bogdan LANDOWSKI
Inżynieria Biomedyczna *Biomedical Engineering*	Adam MAZURKIEWICZ
Inżynieria Produkcji *Production Engineering*	Marek SZCZUTKOWSKI
Mechanika i Konstrukcja Maszyn *Mechanics and Machinery Design*	Janusz ZACHWIEJA
Maszyny i urządzenia energetyczne *Machines and energetic devices*	Marcin ZASTEMPOWSKI
Transport – *Transport*	Marcin ŁUKASIEWICZ
Sekretarz Zespołu – ***Executive secretary***	Sylwester WAWRZYNIAK

MIĘDZYNARODOWA RADA PROGRAMOWA
INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE

Bogdan ŻÓŁTOWSKI – **przewodniczący** – ***chairman*** (PL – UTP)

Maria ČZARNOGURSKÁ (SK)
Jurek DUSZCZYK (NL)
Andrzej GOŁĄBCZAK (PL – PŁ)
Lidia ILIEVA-MITUTSOVA (BG)
Tomasz KICZKOWIAK (PL – PKo.)
Ivan OBORSKI (Uk)
Manfred PAHL (D)
Jindřich PETRUŠKA (CZ)
Marian SZCZEREK (PL – ITE PIB)
Edmund DULCET (PL – UTP)
Friedrich FRANEK (A)
Henryk HOLKA (PL – UTP)
Marian JANCZAREK (PL– PL)
Tomasz LIPIŃSKI (PL – UWM)
Dariusz OZIMINA (PL – PŚw.)
Kazimierz PESZYŃSKI (PL – UTP)
Raj B.K.N. RAO (GB)
Vasily S. SHEVCHENKO (BL)
Zdeněk TRÁVNIČEK (CZ)

Opracowanie redakcyjne i techniczne – mgr Michał Górecki, mgr Aleksandra Górska, mgr Patrycja Fereni-Morzyńska

Projekt okładki – mgr inż. Daniel Morzyński

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2017

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Praca powstała przy wsparciu projektu „Realizacja II etapu regionalnego Centrum Innowacyjności" współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013

ISSN 2300-3383

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Redaktor Naczelny: prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski
ul. ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 52 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl http://www.wu.utp.edu.pl
Wyd. I. Nakład 40 egz. Ark. aut. 4,1. Ark. druk. 6,0.
Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. ks. A. Kordeckiego 20

SPIS TREŚCI
CONTENTS

Marcin Chudziński
Analiza czasu i wydajności spawania stali superdupleks 5
Time and efficiency analysis of superduplex steel welding

Igor Dzięciołowski, Paweł Maćkowiak
Weryfikacja wybranych konstrukcji ramion drona wytwarzanych w technologii FDM 15
Verification of selected construction of drone arms produced in FDM technology

Ewa Kaszkowiak, Jerzy Kaszkowiak
Wykorzystanie peletu jako paliwa dla pieców średniej i dużej mocy 27
Use of pellet as a fuel for a medium and high power furnace

Marietta Markiewicz-Patalon
Przegląd środków technicznych stosowanych w transporcie odpadów 33
Review of technical measures used in waste transport

Marietta Markiewicz-Patalon, Jerzy Kaszkowiak
Analiza liczby wypadków drogowych w zależności od wieku kierowców 39
Analysis of causes and effects of road accidents in relation to the age of delinquents

Małgorzata Słomion, Maciej Matuszewski, Wojciech Krajnik
Modernizacja stanowiska do wyważania dynamicznego 45
Modernization of the dynamic balancing station

Grzegorz Szala, Marcin Jędrzak
Kryteria estetyczne w projektowaniu obiektów technicznych na przykładzie urządzeń sanitarnych 57
Esthetic criteria in technical objects design on the basis of bathroom facilities

Grzegorz Szala, Monika Rak
Techniczne aspekty modelowania tkaniny i eksperymentalne sposoby pracy z materiałem. Część I 71
Technical aspects of fabric modeling and experimental method of working with material. Part I

Waldemar Winter, Bogdan Żółtowski
Wielokryterialna analiza zdarzeń drogowych 79
Multi-critical analysis of road traffic

Lista recenzentów prac opublikowanych w numerach 9(5)/2017
oraz 10(5)/2017..... 95
Reviewers list publication published in issues 9(5)/2017 and 10(5)/2017

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 5–14
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Marcin CHUDZIŃSKI

ANALIZA CZASU I WYDAJNOŚCI SPAWANIA STALI SUPERDUPLEKS

Streszczenie: Praca zawiera charakterystykę stali dupleks oraz ilościowe statystyki i prognozy jej zastosowania. Przedstawiono także teorię w zakresie obliczania czasu głównego i czasu całkowitego spawania na podstawie objętości wykonywanej spoiny oraz współczynnika czasu jarzenia się łuku i wydajności stapiania. W części badawczej wykonano analizę porównawczą czasu i wydajności spawania w pozycji PF złącza blach o grubości 8 mm ze stali superdupleks X2CrNiMoN25-7-4 (1.4410), spawanego różnymi metodami. Analiza czasów oraz wydajności spawania pozwoliła ustalić różnice w tym zakresie między możliwymi do zastosowania metodami spawania i potwierdzić kilkukrotnie wyższą wydajność metody 136 (FCAW) niż pozostałych badanych: 111 (SMAW) i 141 (GTAW).

Słowa kluczowe: stal dupleks, stal superdupleks, SAF 2507, X2CrNiMoN25-7-4 (1.4410), czas spawania, wydajność spawania

1. WPROWADZENIE

Stale dupleks (będące jedną z grup stali nierdzewnych) dzięki składowi i ferrytyczno-austenitycznej mikrostrukturze łączą zalety zarówno chromowej stali ferrytycznej, jak i chromowo-niklowej stali austenitycznej i dlatego charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi oraz odpornością na korozję [3–5].

Ogólne zastosowanie stali nierdzewnych wzrasta w tempie około 5% rocznie. Zastosowanie stali dupleks, wynoszące ok. 1% ogółu stali nierdzewnych w 2007 roku, ciągle się zwiększa. Prognozuje się, że w roku 2020 osiągnie poziom 4%. W ramach grupy obserwuje się też tendencję zmniejszającego się zastosowania podstawowego gatunku 2205 (67% ogółu stosowanych stali dupleks w 2004 roku do 47÷48% w roku 2008), a wzrostu użycia gatunków z podgrup: lean dupleks (2101 i 2304) oraz nieznacznie superdupleks (m.in. 2507). Mając na uwadze także niższą cenę stali dupleks w porównaniu ze stalami austenitycznymi (z uwagi na mniejszą zawartość deficytowego niklu i molibdenu), należy spodziewać się ugruntowania pozycji i dalszego wzrostu udziału i zastosowania tych materiałów. W zakresie blach stale superdupleks są obecnie najbardziej zaawansowaną podgrupą stali dupleks, dostępną do praktycznych zastosowań przemysłowych [1].

mgr inż. Marcin CHUDZIŃSKI, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz,
e-mail: marcin.chudzinski@mekro.pl

Blisko dwukrotnie wyższa wytrzymałość stali dupleks w porównaniu ze stalami austenitycznymi pozwala redukować grubości elementów konstrukcji i w efekcie zmniejszać masę oraz koszty jej wykonania, a doskonalsza odporność korozyjna pozwala dłużej eksploatować obiekty lub stosować je z powodzeniem w środowiskach bardziej agresywnych chemicznie [3–5].

Przy zachowaniu ograniczeń w zakresie wartości energii liniowej spawania oraz temperatury międzyściegowej stale dupleks mogą być z sukcesem spawane z wykorzystaniem większości konwencjonalnych metod spawania – także intensywnie rozwijającymi się i szeroko wdrażanymi obecnie w przemyśle metodami spawania laserowego czy plazmowego – lecz szerokie i uniwersalne zastosowanie znajdują przede wszystkim [3–5]:

- spawanie łukowe elektrodą nietopliwą w osłonie gazu obojętnego (GTAW, proces 141 wg PN-EN ISO 4063),
- spawanie łukowe elektrodą otuloną (SMAW, proces 111 wg PN-EN ISO 4063),
- spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonach (GMAW/FCAW, proces 135/136 wg PN-EN ISO 4063).

Dobór technologii spawania (opracowanie procedur spawalniczych) ma na celu zapewnić uzyskanie złącza o wymaganych właściwościach mechanicznych oraz wymaganej odporności korozyjnej przy jednoczesnym zapewnieniu możliwie najwyższej wydajności spawania [2, 6].

Cel przeprowadzonego badania to ustalenie i porównawcza analiza czasów oraz wydajności spawania stali superdupleks metodami 141, 111 i 136.

2. WYDAJNOŚĆ I CZAS SPAWANIA

Wydajność spawania jest określana jako iloraz całkowitego czasu spawania do jednostki długości złącza bądź do zespołu/całego obiektu [6].

Całkowity czas spawania *Tn* zgodnie z techniczną normą czasu spawania dany jest wzorem [6]:

$$Tn = \frac{t_g}{W_j} \tag{1}$$

gdzie:

t_g – czas główny spawania, $h \cdot m^{-1}$ lub $h \cdot szt.^{-1}$;
W_j – współczynnik czasu jarzenia się łuku.

Współczynnik czasu jarzenia się łuku W_j zależny jest od stopnia automatyzacji procesu spawania. Wartości tego współczynnika zawarto w tabeli 1 [6].

Tabela 1. Wartości współczynnika czasu jarzenia się łuku W_j [6]
Table 1. Arc glow time factor values W_j [6]

Stopień automatyzacji	Metody spawania możliwe do zastosowania (wg ISO 4063)	Współczynnik czasu jarzenia się łuku W_j
Spawanie ręczne	111, 141	0,20÷0,30
Spawanie zmechanizowane	135, 136	0,30÷0,50
Spawanie zautomatyzowane	121, 135, 136	0,50÷0,80
Spawanie zrobotyzowane	135, 136, 151	0,80÷0,95

Z kolei czas główny spawania t_g dany jest wzorem [6]:

$$t_g = \frac{G}{W_{st}} \tag{2}$$

gdzie:
G – masa stopiwa (spoiny), kg·m^{-1} lub kg·szt.$^{-1}$;
W_{st} – wydajność stapiania, kg·h^{-1}.

Masa stopiwa (spoiny) G wyliczana jest z jej objętości [6]:

$$G = \frac{V \cdot \rho}{1000} \tag{3}$$

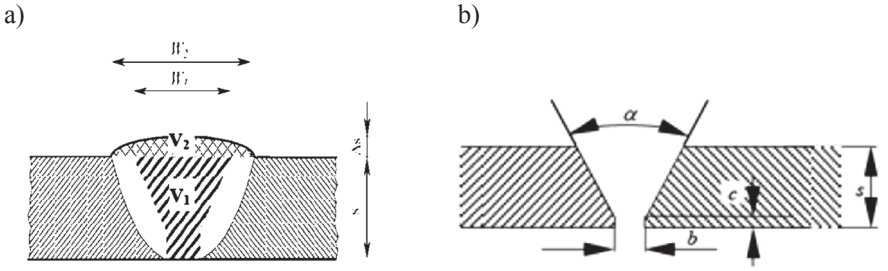
gdzie:
V – objętość spoiny, cm^3·m^{-1} lub cm^3·szt.$^{-1}$;
ρ – gęstość właściwa, kg·dm^{-3}, dla stali 7,85 kg·dm^{-3}.

Objętość V jest sumą objętości rowka spawalniczego i nadlewu spoiny [6]:

$$V = V_1 + V_2 \tag{4}$$

gdzie:
V_1 – objętość spoiny wewnątrz rowka spawalniczego, cm^3·m^{-1} lub cm^3·szt.$^{-1}$;
V_2 – objętość spoiny w nadlewie, cm^3·m^{-1} lub cm^3·szt.$^{-1}$.

Na rysunku 1 przedstawiono zależność (4) dla spoiny czołowej z ukosowaniem na „Y”, takiej, którą przyjęto w złączach będących przedmiotem analizy wydajności. Zaprezentowano także geometrię rowka spawalniczego (wysokość progu c, odstęp blach b oraz kąt rowka spawalniczego α). Do obliczeń objętości spoiny w tym przypadku należy użyć poniżej przedstawionych zależności (5) oraz (6), wykorzystując też wzór (7) [6].



Rys. 1. Obliczanie objętości spoiny [6]:
a) składniki objętości spoiny, b) geometria rowka spawalniczego
Fig. 1. Weld volume calculation [6]: a) weld volume components, b) weld groove geometry

$$V_1 = s \cdot b + (s - c)^2 \cdot tg\frac{\alpha}{2} \tag{5}$$

gdzie:

- s – grubość spoiny (blachy), mm;
- b – odstęp blach, mm;
- c – wysokość progu, mm;
- α – kąt rowka spawalniczego, °.

$$V_2 = 2/3 \cdot \Delta s \cdot W_2 \tag{6}$$

gdzie:

- Δs – wysokość nadlewu spoiny, mm;
- W_2 – szerokość lica spoiny, mm; $W_2 = W_1 + (2 \div 4)$.

$$W_1 = 2 \cdot (s - c) \cdot tg\frac{\alpha}{2} + b \tag{7}$$

gdzie:

- s – grubość spoiny (blachy), mm;
- b – odstęp blach, mm;
- c – wysokość progu, mm;
- α – kąt rowka spawalniczego, °.

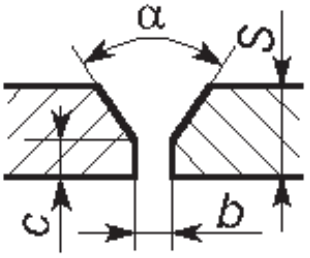
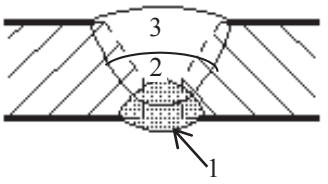
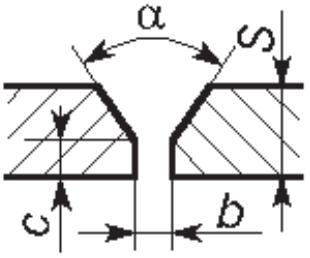
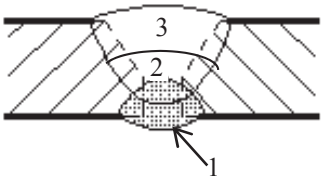
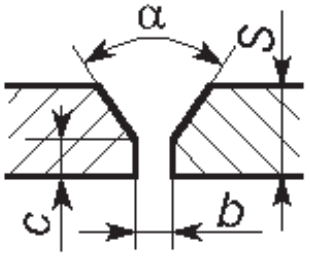
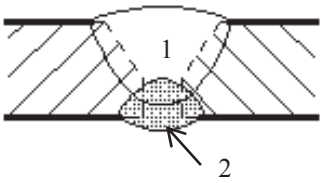
Wydajność stapiania (W_{st}) to ilość stopiwa uzyskana w czasie jarzenia się łuku (podawana w $kg \cdot h^{-1}$) z uwzględnieniem strat na rozpryski, powstawanie żużla, ogarki elektrody itd. Jest to współczynnik zależny od metody spawania, średnicy drutu elektrodowego oraz prądu spawania. W trakcie spawania można wyznaczyć wartość wydajności stapiania, dzieląc masę zużytego spoiwa przez czas spawania, dla którego to zużycie nastąpiło [6].

3. BADANIA WŁASNE

W celu ustalenia i porównawczej analizy czasów oraz wydajności jednostkowej spawania wykonano złącza spawane metodami 141, 111 i 136 w pozycji pionowej (PF wg PN-EN ISO 6947), związanej z najniższą wydajnością spawania. Złączom nadano oznaczenia związane z grubością blachy oraz pozycją

spawania (np. 136-8PF oznacza złącze blach grubości 8 mm wykonane w pozycji PF metodą 136). Zakładany sposób przygotowania krawędzi blach i budowę spoin dla poszczególnych złączy przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Przygotowanie krawędzi i budowa spoin złączy testowych
Table 2. Edges preparation and weld passes configuration of test joints

Złącze	Przygotowanie – szkic	Budowa spoiny – szkic (ściegi)
141-8PF	 c = 2 mm, b = 2 mm, α = 65°	
111-8PF	 c = 2 mm, b = 2 mm, α = 65°	
136-8PF	 c = 4 mm, b = 0 mm, α = 70°	

Do wykonania złączy wybrano blachy ze stali superdupleks SAF 2507 o oznaczeniu normatywnym X2CrNiMoN25-7-4 (1.4410). Dane o składzie chemicznym użytych blach zawiera tabela 3.

Tabela 3. Skład chemiczny blach użytych do wykonania złączy testowych
Table 3. Chemical composition of plates used for test joints

C, %	Mn, %	P, %	S, %	Si, %	Cu, %	Ni, %	Cr, %	Mo, %	N, %
0,015	0,810	0,0284	0,0003	0,325	0,202	5,560	25,177	3,815	0,2714

Do spawania metodą 136 dobrano drut proszkowy rutylowy o średnicy ø 1,2 mm w odmianie PW (przeznaczony do spawania w pozycjach przymusowych PF/PC), dedykowany do spawania stali 1.4410 oraz 1.4501. Drut ten oznaczony jest wg PN-EN ISO 17633-A symbolem T 25 9 4 N L P M21 2. Do spawania metodą 141 użyto drutu o średnicy ø 2,0 mm oznaczonego W 25 9 4 N L zgodnie z normą PN-EN ISO 14343. Do spawania metodą 111 użyto elektrod rutylowych o średnicy ø 2,5 mm oznaczonych E 25 9 4 N L R 3 2 wg normy PN-EN 1600. Deklarowany przez producentów spoiw skład chemiczny stopiwa przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Skład chemiczny stopiwa użytych spoiw (wg atestów producenta)
Table 4. Weld metal chemical composition for used consumables (acc. producer certificates)

Metoda spawania	C, %	Mn, %	P, %	S, %	Si, %	Cu, %	Ni, %	Cr, %	Mo, %	N, %
141	0,014	0,36	0,016	0,0007	0,38	0,085	9,34	25,15	3,91	0,235
111	0,030	0,06	0,018	0,0050	0,62	0,080	10,3	24,80	4,30	0,270
136	0,030	0,93	0,018	0,0008	0,74	0,060	9,72	25,06	3,80	0,210

Złącza wykonywano dwustronnie, z wycinaniem przez szlifowanie strony spawanej w drugiej kolejności i czyszczeniem przez szlifowanie między poszczególnymi ściegami.

Zakresy parametrów energetycznych spawania dobrano na podstawie ogólnych wytycznych dotyczących zalecanej maksymalnej energii liniowej łuku (0,5÷1,5 kJ·mm^{-1}) [4, 5] oraz obszarów stabilności łuku (uwzględniając specyfikę związaną z pozycją spawania PF – najwyższa energia, lecz najniższe prądy z obszaru stabilnej pracy i ściegi zakosowe). Jako gaz osłonowy w metodzie 136 wybrano mieszankę M21 wg PN-EN ISO 14175 o składzie 82% Ar i 18% CO_2. Założono dla wszystkich ściegów i złączy maksymalną temperaturę międzyściegową 100°C.

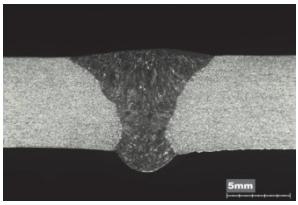
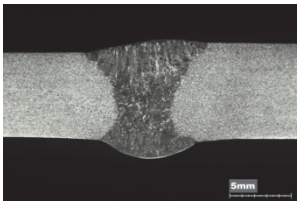
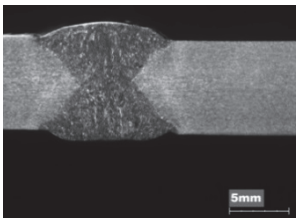
W tabeli 5 zawarto parametry energetyczne poszczególnych ściegów i całych złączy testowych (prąd spawania, napięcie łuku i prędkość spawania). W tabeli 5 przedstawiono także uzyskane energie liniowe łuku dla ściegów i całych złączy (liczone bez współczynnika metody spawania [4]).

Tabela 5. Zestawienie parametrów energetycznych spawania dla złączy testowych
Table 5. Summary of welding energy parameters for test joints

Złącze/ścieg	Średnie napięcie łuku U, V	Średni prąd spawania I, A	Średnia prędkość spawania V_s, mm·s^{-1}	Średnia energia łuku dla ściegu Q, kJ·mm^{-1}	Średnia energia łuku dla złącza Q, kJ·mm^{-1}
141-8PF/1	9,81±0,10	84,41±0,81	0,57	1,44±0,03	1,56±0,14
141-8PF/2	10,72±0,08	103,63±1,03	0,72	1,54±0,02	
141-8PF/3	11,11±0,07	100,24±0,69	0,65	1,71±0,03	
111-8PF/1	19,84±0,40	54,82±2,93	1,17	0,93±0,04	0,94±0,07
111-8PF/2	20,32±0,55	81,61±3,33	1,91	0,87±0,04	
111-8PF/3	20,61±0,58	81,47±4,83	1,64	1,02±0,05	
136-8PF/1	23,66±0,09	149,10±2,89	2,29	1,54±0,04	1,59±0,06
136-8PF/2	23,74±0,10	150,56±2,83	2,19	1,63±0,04	

W tabeli 6 zaprezentowano obrazy zgładów makroskopowych przekroju złącza oraz uzyskane rzeczywiste wydajności stapiania W_{st}.

Tabela 6. Zgłady makroskopowe przekroju złącza oraz uzyskane wydajności stapiania W_{st}
Table 6. The macroscopic cross-sectional images of joints and the gained melting efficiency W_{st}

Złącze	Zgład makroskopowy przekroju złącza	Wydajność stapiania W_{st}, kg·h^{-1}
141-8PF		0,3
111-8PF		0,6
136-8PF		1,7

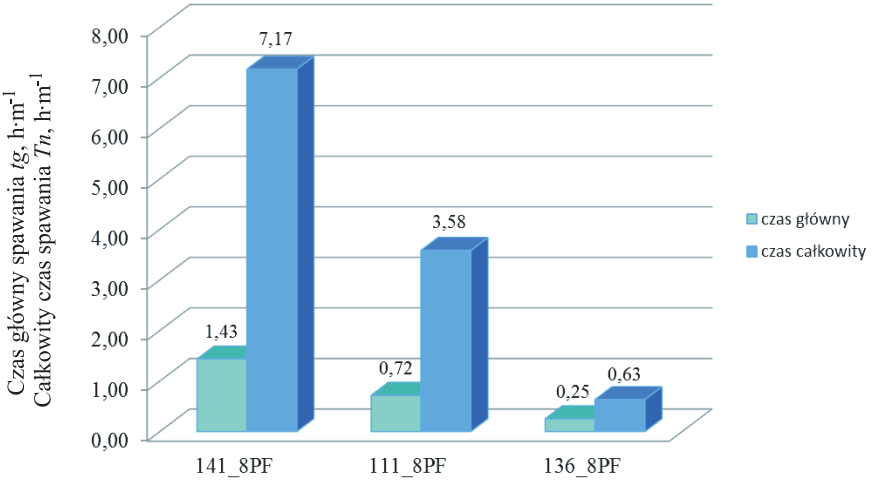
Wykorzystując dane zawarte w rozdziale 2, wykonano obliczenia, których wyniki zestawiono w tabeli 7. Zawiera ona kalkulację czasu głównego t_g w h·m^{-1} (czasu jarzenia się łuku) i czasu całkowitego spawania Tn w h·m^{-1} złączy spawanych stali superdupelks w pozycji pionowej PF. Tabela obejmuje czasy spawania dla trzech porównywanych metod spawania: 141, 111 i 136. Zawiera także w ostatniej kolumnie wyliczenie wydajności spawania poszczególnymi metodami, będącej odwrotnością czasu całkowitego spawania Tn.

Tabela 7. Porównanie czasów spawania i wydajności spawania stali superdupleks metodami 111, 141 i 136
Table 7. Comparison of welding time and welding efficiency for superduplex steel welded by 111, 141 and 136 processes

Złącze	s, mm	G, kg·m^{-1}	W_{st}, kg·h^{-1}	t_g, h·m^{-1}	W_j	Tn, h·m^{-1}	Wydajność spawania, m·h^{-1}
141-8PF	8	0,43	0,30	1,43	0,20	7,17	0,14
111-8PF	8	0,43	0,60	0,72	0,20	3,58	0,28
136-8PF	8	0,43	1,70	0,25	0,40	0,63	1,58

4. ANALIZA WYNIKÓW I WNIOSKI

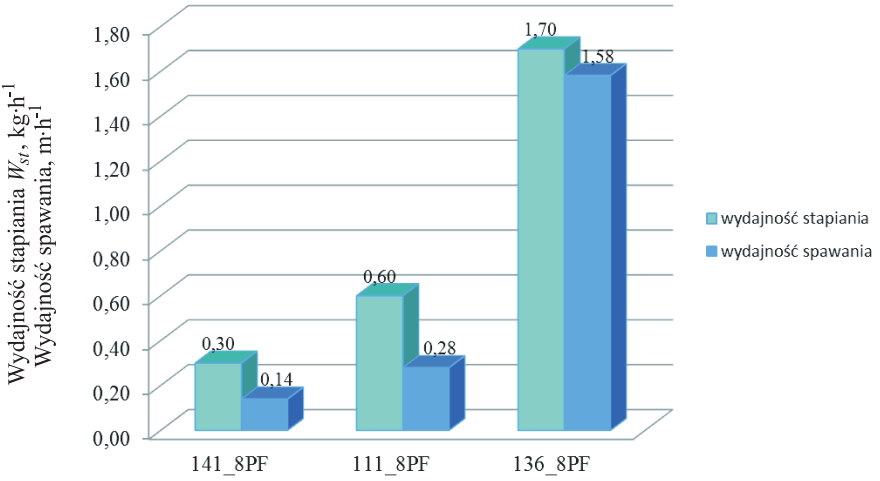
Na wykresie (rys. 2) przedstawiono porównanie czasów głównych i czasów całkowitych spawania złącza w pozycji PF metodami 141, 111 i 136.



Rys. 2. Porównanie czasów głównych i czasów całkowitych spawania różnymi metodami złączy stali superdupleks w pozycji PF
Fig. 2. Comparison of main welding time and total welding time for superduplex steel PF joints welded using different processes

Jednostkowy czas główny spawania t_g w pozycji PF metodą 136 jest najkrótszy (0,25 h·m^{-1}). Spawanie metodą 111 wymaga blisko trzykrotnie więcej czasu głównego, a metodą 141 – prawie sześciokrotnie więcej. Porównanie czasów całkowitych spawania wypada jeszcze mniej korzystnie dla metod 111 i 141 z uwagi na o połowę niższy współczynnik czasu jarzenia się łuku W_j dla tych metod w porównaniu ze współczynnikiem dla metody 136. W związku z tym całkowity jednostkowy czas spawania *Tn* metodą 136 to 0,63 h·m^{-1}, metodą 111: 3,58 h·m^{-1}, a metodą 141 aż 7,17 h·m^{-1}.

W celu pełniejszego zaprezentowania powyższych wartości czasu całkowitego spawania na wykresie (rys. 3) przedstawiono także jego odwrotność – wydajność spawania. Parametr ten wskazuje, ile godzin potrzeba na wykonanie metra bieżącego spoiny. Metodą 136 w analizowanych warunkach wykonać można 1,58 m gotowej spoiny w ciągu godziny, metodą 111: 0,28 m·h^{-1}, a metodą 141 – tylko 0,14 m·h^{-1}.



Rys. 3. Porównanie wydajności stapiania i wydajności spawania złączy stali superdupleks spawanych różnymi metodami w pozycji PF
Fig. 3. Comparison melting efficiency and welding efficiency for superduplex steel PF joints welded using different processes

Metoda spawania 136 daje ponad pięciokrotnie wyższą wydajność spawania w pozycji PF w porównaniu z metodą 111 i ponad dziesięciokrotnie w porównaniu z metodą 141. W podobny sposób kształtuje się porównanie wydajności stapiania W_{st}, czyli masy spoiwa, która może być „wbudowana" w spoinę w jednostce czasu. Dla porównywanych metod została ona wyznaczona dzięki wykonanym próbom spawania. Wartości ustalonych w ten sposób wydajności stapiania dla metod 111, 141 i 136 przedstawiono także na rysunku 3.

LITERATURA

[1] CHARLES J., CHEMELLEB P.: The history of duplex developments, nowadays DSS properties and duplex market future trends. Duplex Stainless Steels Conference, Beaune, Francja, 2010.
[2] CIECHACKI K., GIĘTKA T., CHUDZIŃSKI M.: Analiza czasu i kosztów spawania zbiornika magazynowego. Inżynieria i Aparatura Chemiczna 51(5), 2012, 211–212.
[3] GIĘTKA T., CIECHACKI K., CHUDZIŃSKI M.: Zastosowanie stali dupleks w przemyśle spożywczym. Inżynieria i Aparatura Chemiczna 52(2), 2013, 122–124.
[4] KARLSON L.: Spawanie stali typu duplex – przegląd aktualnych zaleceń. Biuletyn Instytutu Spawalnictwa 5, 2012, 50–60.
[5] NOWACKI J.: Stal dupleks w konstrukcjach spawanych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa, 2013.
[6] PILARCZYK J. (red.): Poradnik inżyniera – Spawalnictwo. Tom 1. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa, 2003.

TIME AND EFFICIENCY ANALYSIS OF SUPERDUPLEX STEEL WELDING

Summary: This paper contains the characteristics of duplex steel and the quantitative statistics and forecasts for its use. There is presented theory of calculating main welding time and total welding time based on the volume of the weld, time factor of the arc's glow and melt efficiency. The comparative analysis of the welding time and efficiency in the PF position of the 8mm sheet metal joint of X2CrNiMoN25-7-4 (1.4410) superduplex stainless steel welded by various processes was performed. Analysis of welding times and weld efficiency has allowed us to determine the differences between the applicable welding processes and to confirm several times higher efficiency of the 136 process (FCAW) from the other examined: 111 (SMAW) and 141 (GTAW).

Key words: duplex steel, superduplex steel, SAF 2507, X2CrNiMoN25-7-4 (1.4410), welding time, welding efficiency

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 15–26
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Igor DZIĘCIOŁOWSKI, Paweł MAĆKOWIAK

WERYFIKACJA WYBRANYCH KONSTRUKCJI RAMION DRONA WYTWARZANYCH W TECHNOLOGII FDM

Streszczenie: W pracy przedstawiono badania różnych typów konstrukcji ramienia drona wytworzonego w technologii FDM. Model ramienia jest wzorowany na oryginalnym elemencie drona DJI F550. Założono, że ostateczna konstrukcja powinna mieć taką samą lub zredukowaną masę przy jednoczesnym zachowaniu lub zwiększeniu sztywności ramion podczas eksploatacji. Przedstawiono i porównano wyniki ugięcia, sztywności oraz mas poszczególnych ramion zależnie od wypełnienia i konstrukcji, z zachowaniem jednakowych wymiarów zewnętrznych względem oryginału. W pracy wykazano możliwości wykorzystania technologii FDM w wytwarzaniu elementów docelowych jako rozwiązania alternatywnego względem innych technologii.

Słowa kluczowe: FDM (*fused deposition modeling*), szybkie prototypowanie, badania elementów konstrukcyjnych, badanie połączeń

1. WPROWADZENIE

Obecnie obserwuje się dynamiczny rozwój urządzeń do szybkiego prototypowania. Technologia przyrostowa FDM (*fused deposition modeling*), która polega na nakładaniu kolejnych warstw tworzywa wytłaczanego przez głowicę, zyskała na znaczeniu m.in. w medycynie, prototypowaniu oraz wytwarzaniu docelowych przedmiotów. Przykładem są ramiona drona budowanego na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy. Zakłada się, że wytwarzane elementy powinny spełniać założenia stawiane zastępowanym elementom lub nawet cechować się lepszymi właściwościami. Proces udoskonalania elementu może wynikać np. z chęci zwiększenia sztywności elementu, obniżenia masy lub innych własności mechanicznych i fizycznych obiektu [2, 3].

Projektowane ramię musi spełnić kryteria wynikające z wytrzymałości, maksymalnego ugięcia i podatności na drgania. Ugięcie powstałe w wyniku działania obciążenia dla ramienia wytworzonego w technologii FDM powinno być równe lub mniejsze niż to powstające w produkcie rynkowym. Odkształcenie ramienia, powstałe w wyniku siły ciągu wirnika, nie może być na tyle duże, aby powodować pracę silnika pod zbyt dużym kątem względem płaszczyzny poziomej lub powodować sytuację, w której sąsiednie śmigła zderzą się ze sobą (rys. 1).

Igor DZIĘCIOŁOWSKI, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: igodzi002@utp.edu.pl
mgr inż. Paweł MAĆKOWIAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: pawel.mackowiak@utp.edu.pl

Rys. 1. Czarne okręgi – normalny zakres pracy łopat, czerwone okręgi – zakres pracy łopat przy zbyt dużym odkształceniu ramienia, powodującym uszkodzenie [8]
Fig. 1. Black circles – normal working range blades, red circles – blades working range with too much arm deformation, causing damage [8]

Trudność w oszacowania kryteriów konstrukcyjnych powoduje, że jedną z metod projektowania nowego ramienia może być porównanie jego właściwości z właściwościami ramion, które są powszechnie stosowane. Istnieje zatem konieczność przeprowadzenia doświadczalnego porównania konstrukcji.

W literaturze wymieniane są badania próbek wytwarzanych w technologii FDM oraz elementów docelowych. Garg oraz Bhattacharya badali na rozciąganie próbki w kształcie wiosełek, których warstwy ułożone były pod kątami: 0°, 90°, 0° i 90° naprzemiennie, 30° oraz 60°. Najbardziej odporne okazały się próbki, których warstwy ułożono pod kątem 30° lub 60°, z kolei próbki, których warstwy ułożono pod kątem 0° ulegały uszkodzeniu w wyniku kruchego pękania, a próbki z warstwami ułożonymi pod kątem 90° – rozłączeniu sąsiednich warstw lub delaminacji [4, 5].

Domingo-Espin i in. utworzyli element na kształt klamki za pomocą technologii FDM. Badali zależność ułożenia wewnętrznych warstw i zewnętrznych ścianek od podatności na zginanie, obciążając koniec klamki. Badania wykazały, że najmniej podatnym elementem jest ten, w którym występują jedynie ścianki: dolna oraz górna, ułożone prostopadle do ściany klamki. Porównywalnymi właściwościami charakteryzuje się element o ściankach dolnej i górnej ułożonych równolegle do ściany klamki. Większą podatność na zginanie zaobserwowano dla klamki, która miała tylko ścianki boczne [1].

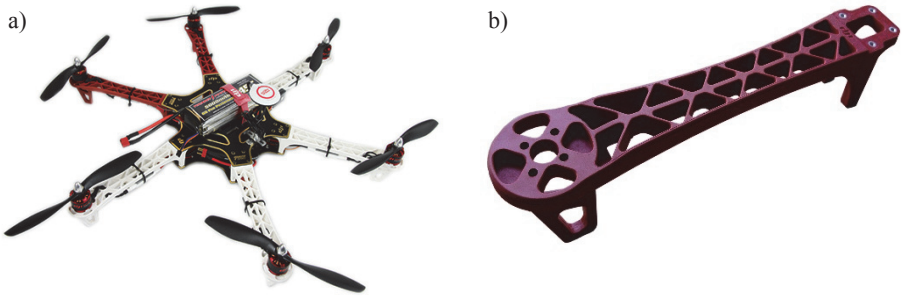
Badania podjęto w celu weryfikacji różnych możliwości kształtowania ramienia drona w technologii FDM i porównania ich właściwości z rynkowym produktem wytwarzanym w technologii wtrysku. Kryteria porównania stanowiły: masa, ugięcie w wyniku pracy śmigła, zdolność do przeniesienia określonej wartości obciążenia, a także koszty produkcji. Wymiary zewnętrzne porównywanych konstrukcji były jednakowe.

2. OBIEKT I METODA BADAŃ

2.1. Obiekty badań

2.1.1. Obiekt wytwarzany w technologii formowania wtryskowego

Dron, którego użyto jako modelu bazowego, to DJI F550 (rys. 2a). Sklasyfikowano go jako mały bezzałogowy statek powietrzny do cywilnego i komercjalnego użytku o zasięgu 2 km oraz maksymalnej wysokości lotu 600 m. Ma sześć ramion wykonanych z PA66+GF30 – tworzywa będącego produktem polikondensacji kwasu adypinowego i heksametylodiaminy, wzmocnionego włóknem szklanym, którego zawartość wynosi 30%. Ramiona przykręcone są do płytek drukowanych (PCB), zastępujących okablowanie, co odciąża model.



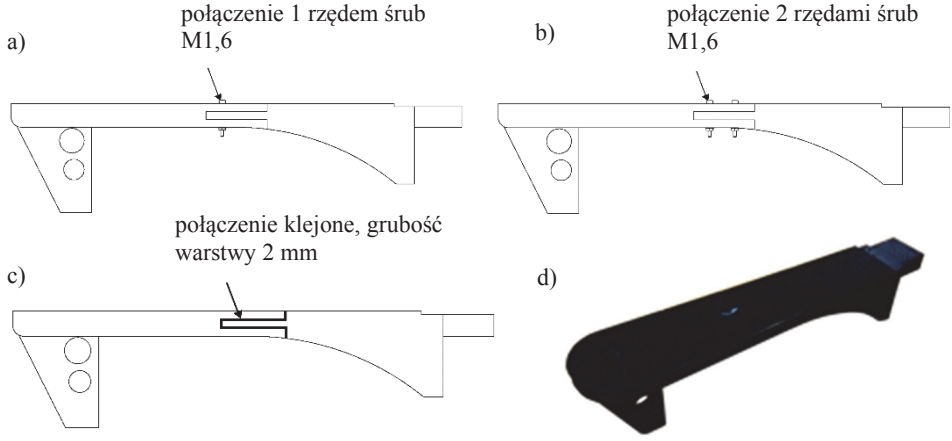
Rys. 2. Dron DJI F550 użyty jako wzorzec (a) [9], badane ramię (b) [7]
Fig. 2. Drone DJI F550 used as a base object (a) [9], tested arm (b) [7]

Ramię (rys. 2b) będące elementem rynkowym jest wytworzone za pomocą formowania wtryskowego. Odciążenie konstrukcji ramienia uzyskano poprzez zastosowanie otworów tworzących kratownicę oraz przewężenie w połowie długości ramienia. Na końcach ramienia występują otwory, w które wtopione są nakrętki do mocowania silnika oraz montażu ramienia do płyt PCB. Maksymalny moment gnący działający na ramię może występować w sytuacji lądowania, gdy podparcie zapewni pojedyncza podpora, lub gdy dron zostanie podniesiony przez osobę trzymającą go tylko za jedno ramię. W takich przypadkach obciążenie działające w środku ciężkości konstrukcji drona wynosi do 5 kg, co stanowi maksymalną masę drona po rozbudowaniu. Powstający w tych sytuacjach moment gnący może osiągać wartość 1,45 Nm.

2.1.2. Obiekty wytwarzane w technologii FDM

Ramiona wytworzone w technologii przyrostowej różniły się budową – były to konstrukcje jednoczęściowe oraz dwuczęściowe. Przebadano łącznie sześć różniących się między sobą obiektów. Konstrukcje jednoczęściowe różniły się ilością wypełnienia elementu (40%, 33%, 26%), przez co osiągano redukcję masy ramienia. Konstrukcje dwuczęściowe miały równą wartość wypełnie-

nia – 60%, różniły się natomiast techniką łączenia elementów: klejenie, skręcanie jednym rzędem śrub, skręcanie dwoma rzędami śrub (rys. 3, 4).

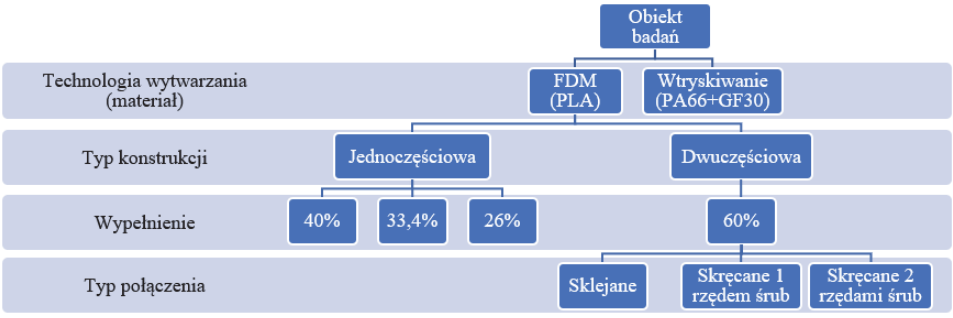


Rys. 3. Typy wytwarzanych elementów: a) skręcone 1 rzędem śrub, b) skręcone 2 rzędami śrub, c) połączenie klejone, d) jednoczęściowe
Fig. 3. Types of produced elements: a) with 1 row of bolts, b) with 2 row of bolts, c) glued, d) one piece

Parametry wytwarzania, które były stałe dla wszystkich ramion powstałych w technologii FDM, przedstawiono w tabeli 1.

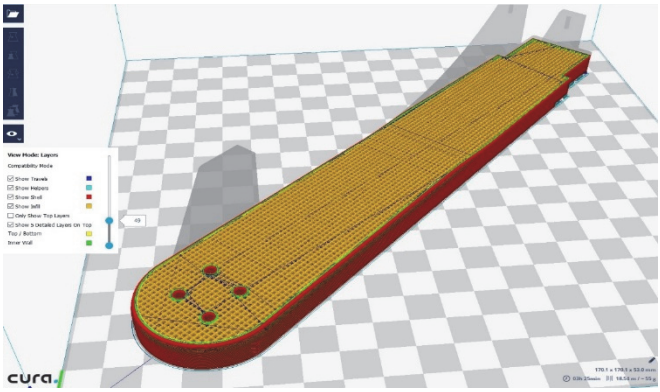
Tabela 1. Zestawienie stałych parametrów wytwarzania
Table 1. Juxtaposition of constant production parameters

Parametr wytwarzania	Liczba ścianek w podstawie, bokach i górze elementu	Grubość warstw	Temperatura głowicy	Temperatura stołu
Wartość	2	0,2 mm	195°C	70°C



Rys. 4. Diagram przedstawiający typy wytworzonych elementów
Fig. 4. Diagram show types of produced elements

Produkt rynkowy jest elementem pełnym wewnątrz, natomiast wypełnienie zastosowane w technologii FDM ma kształt kratownicy zaprezentowanej na rysunku 5.



Rys. 5. Wytwarzane ramię z widocznym typem wypełnienia, liczbą ścianek i przewidywaną masą
Fig. 5. Arm with visible fill type, wall number and predicted mass

Wytworzone elementy porównano z oryginalnym produktem pod względem ilości wypełnienia, typu konstrukcji, masy oraz kosztów produkcji. Dane zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie mas poszczególnych elementów
Table 2. Mass of individual elements

Nr	Materiał	Wypełnienie	Konstrukcja	Masa elementu g	Cena zł
1	PA66+GF30	100%	jednoczęściowa	56	49,00
2	PLA	60%	dwuczęściowa z połączeniem klejonym	84	6,38
3	PLA	60%	dwuczęściowa z połączeniem skręconym jednym rzędem śrub	87	10,58
4	PLA	60%	dwuczęściowa z połączeniem skręconym dwoma rzędami śrub	90	14,78
5	PLA	40%	jednoczęściowa	73	5,51
6	PLA	33%	jednoczęściowa	57	4,29
7	PLA	26%	jednoczęściowa	48	3,66

2.1.3. Dane materiałowe

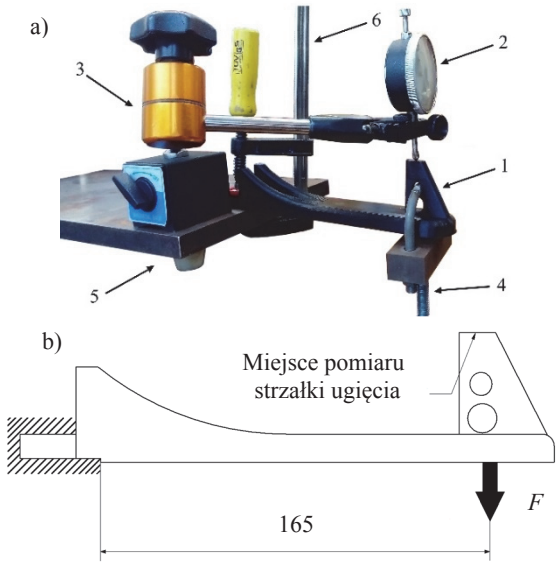
Właściwości mechaniczne i fizyczne materiałów, z których wykonane były testowane ramiona, zestawiono w tabeli 3. Można zaobserwować niewielką różnicę w wytrzymałości przy zginaniu i module sprężystości przy zginaniu dla obu materiałów. PLA cechuje się niższą temperaturą topnienia. Jest ona jednak dużo wyższa niż przewidywana temperatura mogąca wystąpić podczas eksploatacji.

Tabela 3. Zestawienie właściwości mechanicznych i przetwórczych wykorzystanych materiałów [10]
Table 3. Summary of mechanical and processing properties of used materials [10]

Właściwości	PA66+GF30	PLA
Moduł sprężystości przy rozciąganiu, MPa	5500	2346,5
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	91	49,5
Wydłużenie przy granicy plastyczności, %	8	3,3
Wydłużenie przy zerwaniu, %	14	5,2
Wytrzymałość na zginanie, MPa	135	103
Moduł sprężystości przy zginaniu, MPa	4700	3150
Temperatura zeszklenia, °C	48	60
Temperatura topnienia, °C	254	145–160

2.2. Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze (rys. 6) składa się z elementu poddawanego badaniu (1) zamocowanego za pomocą ścisku warsztatowego (6) do sztywnej płyty (5).

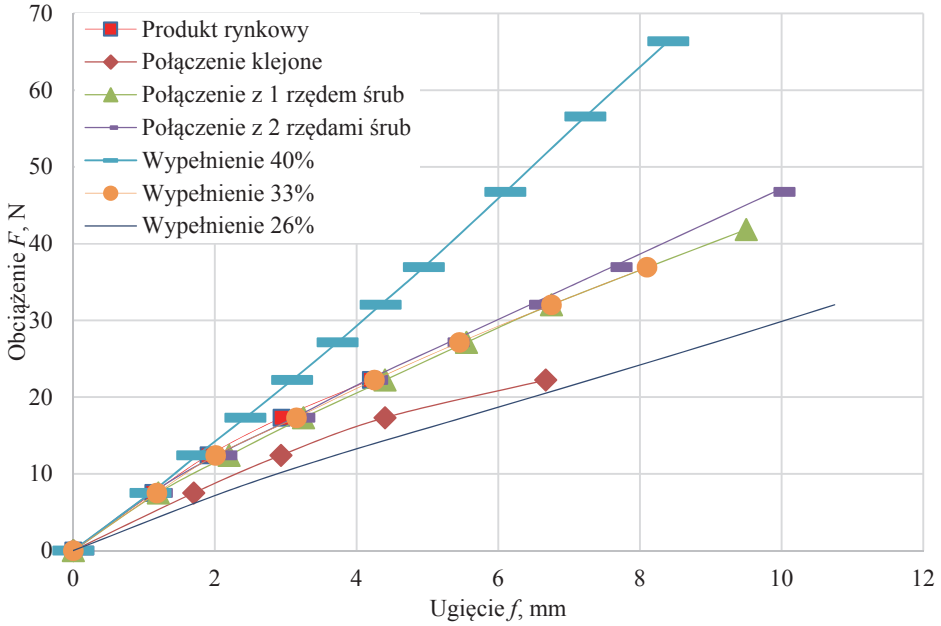


Rys. 6. Stanowisko badawcze: a) zdjęcie stanowiska badawczego, b) schemat działania stanowiska badawczego
Fig. 6. Scheme of build test stand: a) a photo of the test bench, b) scheme of working the test bench

Na płycie przytwierdzono za pomocą elektromagnesu uchwyt (3) czujnika zegarowego (2). W próbce są wywiercone otwory pozwalające na podwieszenie ucha (4), na którym zawieszane są odważniki. Czujnik zegarowy mierzy strzałkę ugięcia *f* ramienia z dokładnością do 0,01 mm pod wpływem zwiększającej się siły obciążającej *F* zadawanej ze skokiem 5 i 10 N. Miejsce obciążenia siłą i pomiaru strzałki ugięcia stanowi miejsce montażu silnika.

3. WYNIKI BADAŃ

Otrzymane wyniki przedstawiono w formie wykresów zależności siły *F* od ugięcia *f*. Na wykresie (rys. 7) można zaobserwować różnice sztywności testowanych ramion oraz różne wartości obciążeń maksymalnych, które zostały przeniesione przez dany obiekt.



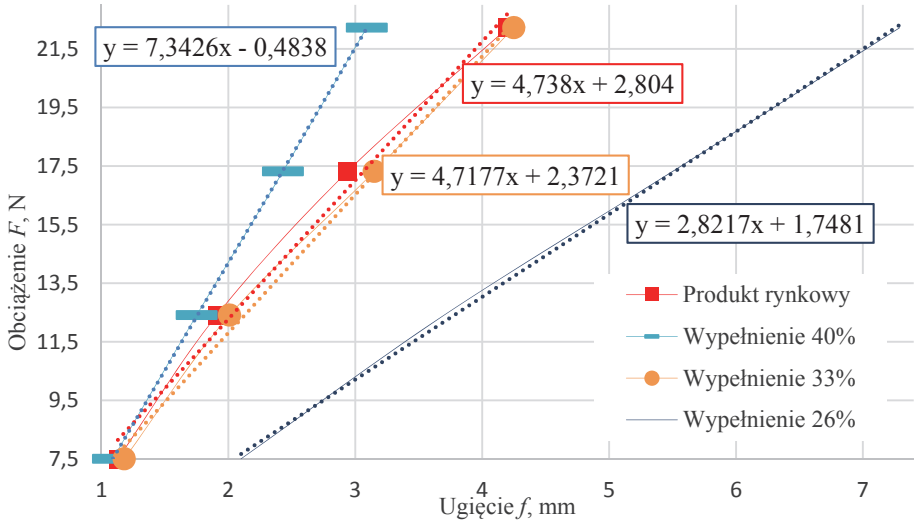
Rys. 7. Porównanie sztywności dla badanych typów konstrukcji
Fig. 7. Comparison of stiffness for examine types construction

Jedną z metod porównania sztywności łączonych elementów może być wyznaczenie współczynnika kierunkowego linii regresji dla zakresu obciążeń eksploatacyjnych przyjętych w zakresie od 7,5 N do 22 N. Otrzymane charakterystyki, linie regresji i wyznaczone równania dla konstrukcji jednoczęściowych różniących się wypełnieniem oraz dla konstrukcji rynkowej będącej odniesieniem przedstawiono na wykresie (rys. 8).

Obiekt powstały w technologii FDM o wypełnieniu 33% cechował się najbardziej zbliżoną sztywnością do oryginału wytworzonego z wykorzystaniem formowania wtryskowego. Obiekt o wypełnieniu 40% miał większą sztywność, natomiast wypełniony w 26% element badany wykazał się dużo mniejszą sztywnością.

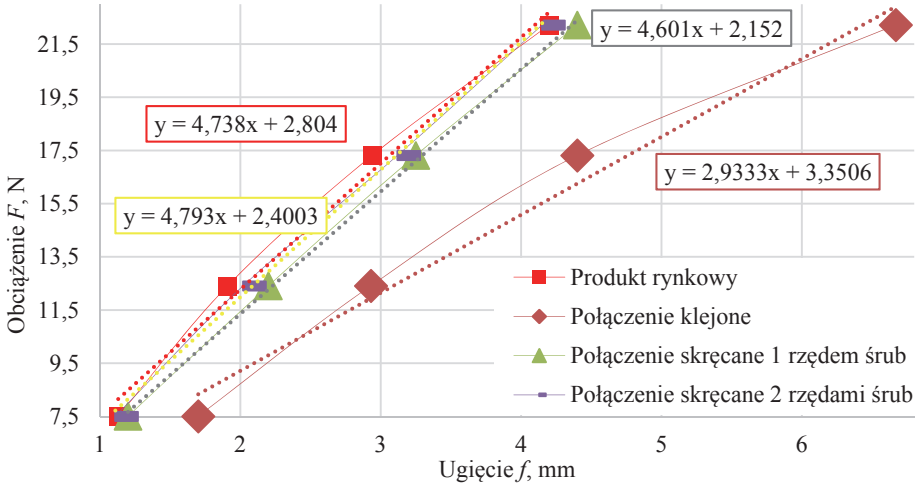
Na wykresie (rys. 9) przedstawiono wyniki dla konstrukcji ramion dwuczęściowych o różnym współczynniku wypełnienia i rodzaju łączenia oraz dla konstrukcji rynkowej.

Obiekty wytworzone w technologii FDM skręcane śrubami wykazywały zbliżoną sztywność do oryginału. Około dwukrotnie mniejszą sztywność uzyskano w obiekcie, którego części sklejono.



Rys. 8. Porównanie sztywności dla konstrukcji rynkowej oraz konstrukcji jednoczęściowej o różnych typach wypełnień

Fig. 8. Comparison of stiffness for market construction and one piece construction with different types of fillings



Rys. 9. Porównanie sztywności dla konstrukcji rynkowej oraz konstrukcji dwuczęściowych o różnych typach połączeń

Fig. 9. Comparison of stiffness for market construction and two piece construction with different types of connection

W tabeli 4 zestawiono wartości współczynników kierunkowych i mas poszczególnych obiektów oraz współczynnik porównawczy β będący wskaźnikiem, czy dany obiekt charakteryzuje się lepszym stosunkiem sztywności i masy niż obiekt referencyjny. Pozwala w prosty sposób wskazać korzystniejsze konstrukcje. Jako podstawę porównania przyjęto produkt rynkowy, dla którego wartość współczynnika wynosi 1. Dla obiektów o mniejszej masie i większej sztywności parametr przyjmuje wartości powyżej 1, co świadczy o uzyskaniu lepszego stosunku tych wartości od oryginału. Współczynnik β o wartości poniżej 1 świadczy o niekorzystnym stosunku obu kryteriów konstrukcyjnych. Na podstawie współczynnika β można określić, czy kierunek optymalizacji ostatecznego wyrobu jest perspektywiczny. Wartość współczynnika β określono wzorem:

$$\beta = \frac{\frac{m_o}{m_n}}{\frac{c_o}{c_n}} = \frac{\beta_m}{\beta_c} \tag{1}$$

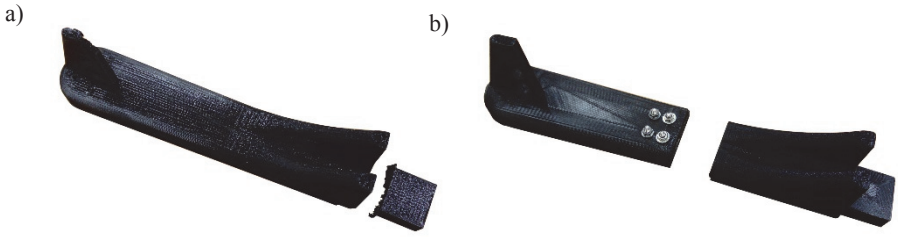
gdzie:

m_o – masa oryginalnego ramienia,
m_n – masa porównywanego ramienia,
c_o – sztywność (współczynnik kierunkowy) oryginalnego ramienia,
c_n – sztywność (współczynnik kierunkowy) porównywanego ramienia,
β_m – współczynnik redukcji masy,
β_c – współczynnik redukcji sztywności.

Im wyższy współczynnik redukcji masy β_m, tym konstrukcja jest korzystniejsza pod względem redukcji masy. Im niższy współczynnik redukcji sztywności β_c, tym konstrukcja jest korzystniejsza pod względem wzrostu sztywności. W przypadku konieczności wprowadzenia priorytetu jednego kryterium konstrukcyjnego nad drugim – można przyjąć współczynniki wagowe.

Sztywność zdefiniowana przez współczynnik kierunkowy linii regresji wskazuje na to, że najbardziej sztywną próbką jest konstrukcja jednoczęściowa o wypełnieniu 40%. Najmniejszą sztywnością charakteryzuje się próbka jednoczęściowa o 26% wypełnieniu. Jest to ponad 2,5-krotna różnica sztywności. Z kolei zbliżonymi do siebie próbkami pod względem sztywności okazały się: produkt rynkowy, próbki z połączeniem skręcanym jednym oraz dwoma rzędami śrub, a także próbka z 33% wypełnieniem. Ramię o najkorzystniejszym parametrze β to konstrukcja jednoczęściowa o 40% wypełnieniu cięższa od oryginału o około 30 g, lecz znacznie sztywniejsza. Próbka o 33% wypełnieniu ma bardzo zbliżony do oryginału parametr β – charakteryzuje ją możliwie zbliżona masa do produktu rynkowego. Najgorszy stosunek sztywności do masy uzyskano dla próbki dwuczęściowej z połączeniem klejonym. Największe obciążenie niszczące, tj. 76,1 N, odnotowano dla próbki jednoczęściowej o wypełnieniu 26%. Pęknięcie zaobserwowano w miejscu montażu do płyty centralnej drona, gdzie występuje największy moment gnący oraz zmniejszenie pola przekroju poprzez zmniejszenie jego wysokości (rys. 10a). Próbki dwuczęściowe skręcane śrubami ulegały zniszczeniu przy obciążeniu o wartości 46,7 N w miejscu łączenia ele-

mentów i przewężenia ich przekrojów (rys. 10b). Najmniej wytrzymałą na zginanie próbką okazała się konstrukcja dwuczęściowa z połączeniem klejonym, która uległa rozklejeniu pod wpływem obciążenia o wartości 22,2 N.



Rys. 10. Pęknięcia: a) w próbce jednoczęściowej, b) w próbce dwuczęściowej skręcanej 2 rzędami śrub
Fig. 10. Cracks a) in the one piece specimen, b) in the two pieces specimen bolted in two rows of screws

Tabela 4. Zestawienie uzyskanych współczynników kierunkowych oraz wykorzystanie przyjętego parametru sztywności do masy
Table 4. Summary obtained directional coefficients and use founded parameter stiffness to mass

Nr	Konstrukcja	Masa, m	Sztywność, c	Współ. β_m	Współ. β_c	Współ. β	Zniszczona przy sile F
		g	N·mm^{-1}	–	–	–	N
1	jednocz. PA66+GF30	56	4,7	1	1	1	niezniszczona (max. 98,1)
2	dwucz. PLA 60% klejona	84	2,9	0,67	1,62	0,41	22,2
3	dwucz. PLA 60% skręcana 1 rz.	87	4,6	0,64	1,02	0,63	46,7
4	dwucz. PLA 60% klejona 2 rz.	90	4,7	0,62	1	0,62	46,7
5	jednocz. PLA, 40%	73	7,3	0,77	0,64	1,2	niezniszczona (max. 98,1)
6	jednocz. PLA, 33%	57	4,7	0,98	1	0,98	niezniszczona (max. 98,1)
7	jednocz. PLA, 26%	48	2,8	1,17	1,68	0,69	76,1

4. PODSUMOWANIE

Materiał PA66+GF30, z którego jest wykonany produkt rynkowy, ma niewiele wyższą sztywność i wytrzymałość na zginanie od PLA wykorzystywanego w technologii FDM. Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że istnieje możliwość wytworzenia w technologii FDM z PLA elementu o sztywności zbliżonej do sztywności elementu formowanego wtryskiem z PA66 wzmacnianego włóknem szklanym. Możliwe jest więc zastąpienie produktu rynkowego elementem wykonanym w technologii przyrostowej. Gdy zmienia się ułożenie po-

czątkowych i końcowych ścianek wytwarzanego obiektu na wzdłużne, czyli w kierunku działania naprężeń normalnych w zginanej belce, zwiększa się sztywność i wytrzymałość takiego elementu. W przypadku profili zginanych, jakimi są ramiona drona, o sztywności i wytrzymałości na zginanie decyduje osiowy wskaźnik przekroju i osiowy moment jego bezwładności. Najbardziej obciążane są zewnętrzne, górne i dolne ściany przekroju, zatem ich grubość i oddalenie od osi obojętnej wpływa w większej mierze na sztywność i wytrzymałość niż procentowa wartość wypełnienia.

Konstrukcje z łączonych części cechują się mniejszą wytrzymałością i sztywnością od konstrukcji jednoczęściowych.

Koszt zakupu ramienia odpowiada kwocie wytworzenia 12 ramion w technologii FDM o takiej samej sztywności jak element rynkowy. Dla posiadaczy urządzeń do szybkiego prototypowania samodzielne wytwarzanie elementów może stanowić alternatywnę zakupu gotowych części.

Zaletą stosowania elementów o częściowo pustym środku jest możliwość redukowania masy przy zachowaniu własności mechanicznych obiektów. Prawdopodobne jest, iż zwiększając liczbę ścianek górnych i dolnych oraz ich grubość i jednocześnie zmniejszając ilość wypełnienia, można uzyskać sztywność wyższą niż tę, jaką cechuje się produkt rynkowy – przy zdecydowanie niższej od niego masie.

LITERATURA

[1] DOMINGO-ESPIN M., PUIGORIOL-FORCADA J.M.: Mechanical property characterization and stimulation of fused deposition modeling Polycarbonate parts. Materials & Design 83, 2015, 670–677.

[2] DUDEK P.: FDM 3D Printing Technology in Manufacturing Composite Elements. Archives of Metallurgy and Materials 4, 2013, 1415–1418.

[3] DZIUBEK T., FILIP M.: Analiza i porównanie dokładności wybranych przyrostowych metod wytwarzania. Mechanik 12, 2015, 54–61.

[4] GARG A., BHATTACHARYA A.: An insight to the failure of FDM parts under tensile loading: finite element analysis and experimental study. International Journal of Mechanical Sciences 120, 2017, 225–236.

[5] KOTYK M., MAĆKOWIAK P.: Badanie podstawowych właściwości mechanicznych próbek z tworzywa ABS wykonanych za pomocą drukarki 3D w zależności od stopnia ich wypełnienia. Nauka nie jedno ma imię…, Tom III, Wyd. Uczelniane UTP w Bydgoszczy, 2015, 43–52.

[6] MAĆKOWIAK P., MAGDZIARZ D.: Wielkość i liczba wad w elementach wyprodukowanych metodą FDM w zależności od parametru prędkości wytwarzania. Postępy w Inżynierii Mechanicznej 7(4), 2016, 17–31.

[7] http://bazar.coptershop.cz/cz/bazarVypis/novy-dji-f550-naza-fpv-2d-gimbal-11249.

[8] http://sklep.modelarnia.pl/p5662,f550-arf-kit-hexacopter-0550-dji-hobby.html.

[9] http://www.modelaviation.com/djiflamewheel.

[10] https://www.ensingerplastics.com/pl-pl/polwyroby/produkty/pa66-tecamid-66-gf30-black.

VERIFICATION OF SELECTED CONSTRUCTION OF DRONE ARMS PRODUCED IN FDM TECHNOLOGY

Summary: The paper presents the various types of drone arm construction manufactured in FDM technology. The arm model is based on the original DJI F550 drone arm. It was assumed that the final construction should have the same or reduced mass preserving or increasing stiffness during exploitation. Presented and compared results of deflection, stiffness and mass of individual arms depending on the: fill, construction maintaining the same external dimensions as the original. The aim of the scientific work was to demonstrate using FDM technology as alternative method in the manufactured of elements to other technologies.

Key words: FDM (fused deposition modeling), rapid prototyping, testing construction elements, examination connections

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 27–32
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Ewa KASZKOWIAK, Jerzy KASZKOWIAK

WYKORZYSTANIE PELETU JAKO PALIWA DLA PIECÓW ŚREDNIEJ I DUŻEJ MOCY

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badania składu spalin powstających przy spalaniu peletu w piecach średniej i dużej mocy. Badania prowadzono na będących w stałej eksploatacji piecach, przy zasilaniu peletem drzewnym. Stwierdzono, iż w piecach poddanych modyfikacji polegającej na wymianie palnika na olej opałowy na palnik na pelet można uzyskać zadowalające efekty pod względem składu spalin. Zawartość zarówno dwutlenku węgla, tlenku węgla, jak i tlenków azotu nie odbiegała od wartości uzyskiwanych przy zasilaniu pieców olejem opałowym. Stwierdzono w analizowanych rozwiązaniach zależność zawartości ww. związków z mocą maksymalną pieców.

Słowa kluczowe: pelet, skład spalin, olej opałowy

1. WPROWADZENIE

Coraz szersze – znajdujące również poparcie w aktach prawnych państw Unii Europejskiej – działania mające na celu zmniejszenie uciążliwości dla otoczenia łączone są z wykorzystaniem nośników energii pochodzenia odnawialnego. Najczęściej podejmowanym działaniem jest zastępowanie węgla szczególnie niskiej jakości paliwami o zdecydowanie mniejszej uciążliwości, np. gazem ziemnym, mieszanką gazów propan-butan lub olejem opałowym. Rozwiązania te zmniejszają w zdecydowany sposób emisję szkodliwych gazów (szczególnie związków siarki), jednak wiążą się ze znacznym wzrostem kosztów. Dotyczy to w szczególności obiektów o dużym zapotrzebowaniu na energię cieplną, jak szkoły czy szpitale [3]. Pelet wytwarzany jest najczęściej z odpadów powstających podczas przetwarzania drewna (z trocin, pyłów) lub w przypadku materiału drzewnego nienadającego się do dalszego przetwarzania ze zrębków [4]. Stąd zainteresowanie możliwością wykorzystania peletu jako źródła energii cieplnej. Rozwiązanie takie jest wprawdzie nieznacznie bardziej czasochłonne pod względem obsługi niż zasilanie gazem lub olejem opałowym. Czynności te obejmują przede wszystkim usuwanie resztek popiołu przeprowadzane najczęściej jeden raz tygodniowo oraz konieczność okresowego uzupełniania peletu w zasobniku wykonywane najczęściej również jeden raz w tygodniu. Ze względ-

dr inż. Ewa KASZKOWIAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: ekaszk@utp.edu.pl
dr inż. Jerzy KASZKOWIAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: kaszk@utp.edu.pl

du jednak na (uzależnione od wahań cen poszczególnych nośników) niższe koszty samego peletu rozwiązanie to jest stosowane coraz częściej. Cena uzyskania 1 kW energii z peletu jest o około 20% wyższa niż dla węgla kamiennego, a jednocześnie o prawie 50% niższa niż dla oleju opałowego [6]. Zestawienie najczęściej stosowanych w Polsce źródeł energii cieplnej wraz z kosztem uzyskania 1 kWh energii przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Koszt uzyskania 1 kWh energii z różnych źródeł
Table 1. The cost of obtaining 1 kWh of energy from various sources

Paliwo	Koszt 1 kWh
Węgiel kamienny	0,16 zł
Gaz ziemny W3	0,22 zł
Gaz propan	0,29 zł
Energia elektryczna/grzejniki elektryczne	0,57 zł
Olej opałowy	0,32 zł
Pelet	0,19 zł

Podane relacje kosztów przedstawiono przy założeniu średniej sprawności poszczególnych urządzeń grzewczych. Dla ogrzewania elektrycznego przyjęto wykorzystanie grzejników elektrycznych, nie uwzględniono strat związanych z przesyłem energii, a ceny obejmowały wykorzystanie energii dostarczanej w systemie dwutaryfowym. Relacje pomiędzy kosztami uzyskania energii zmieniają się w zależności od cen poszczególnych nośników; są również uzależnione od sprawności urządzeń energetycznych. Obniżenie kosztów można często uzyskać w wyniku zastąpienia kotłów nowszymi technologicznie konstrukcjami. W odniesieniu do węgla należy uwzględnić dodatkowe koszty związane z koniecznością usuwania, gromadzenia i utylizacji popiołu stanowiącego w przypadku wykorzystania gorszych gatunków do 25% masy spalonego surowca. Właściwości peletu są podobne, jednak zalecane jest wykorzystywanie peletu z drzew liściastych ze względu na produkty spalania. Pelet z drzew iglastych polecany jest przede wszystkim do współspalania [1]. W wielu krajach dodatkowym aspektem przemawiającym za wykorzystaniem peletu jako paliwa są obawy o szkodliwe skutki wykorzystania oleju opałowego.

2. METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono na rzeczywistych obiektach o zróżnicowanych mocach. Badano piece o maksymalnych mocach znamionowych: 170 kW, 200 kW, 225 kW, 250 kW i 300 kW. Piece były wykonane jako typoszereg przez jednego producenta, z żeliwną komorą spalania. Ich konstrukcja pozwalała na uzyskanie sprawności procesu spalania na poziomie co najmniej 75% (dane producenta). Dozowanie peletu sterowane było automatycznie, co podnosi równomierność procesu spalania i przyczynia się do zmniejszenia ilości niespalonych frakcji w pozostałym popiele [2]. W każdej grupie badaniom poddano po 4 różne egzemplarze pieca, badania dla każdego pieca powtórzono 3-krotnie. Pali-

wem, którym zasilano wszystkie badane piece, był pelet wyprodukowany z drewna liściastego przez tego samego producenta. Właściwości peletu sprawdzano dla każdej dostarczonej partii; przedstawiono je w tabeli 2. Mają one wartości typowe dla powszechnie dostępnego w dystrybucji peletu przeznaczonego do zasilania pieców wyposażonych w wysokosprawne palniki. Cechą charakterystyczną stosowanego peletu jest niska zawartość siarki oraz niska masa popiołu pozostającego po jego spaleniu. W praktyce masa popiołu decyduje o częstości przeprowadzania czyszczenia pieca i przewodu kominowego, a zawartość siarki oprócz zanieczyszczenia środowiska przyczynia się do przyspieszonego niszczenia korozyjnego pieca i przewodów kominowych. Skład peletu wpływa ponadto na zanieczyszczenie cząstkami stałymi. Wartość opałowa była wyższa niż dla wielu powszechnie stosowanych paliw pochodzenia drzewnego [5].

Tabela 2. Właściwości peletu wykorzystanego w badaniach
Table 2. Properties of the pellet used in the tests

Cecha	Wartość
Zawartość S	0,10%
Zawartość C	51%
Zawartość H_2	6,30%
Zawartość N_2	0,20%
Wilgotność	9%
Wartość opałowa	19,4 $MJ \cdot kg^{-1}$
Zawartość popiołu	mniejsza niż 1%

Skład spalin badano analizatorem TESTO 340. Wszystkie pomiary przeprowadzano po rozgrzaniu pieca, przy około 75% mocy maksymalnej. Układ odprowadzania spalin oczyszczono. Układ ten spełniał wymogi producenta pieca, tzn. miał wystarczający przekrój przewodu kominowego i wystarczający ciąg kominowy; we wszystkich badanych przypadkach nie stosowano wentylatorów kominowych. W celu zapewnienia ustabilizowania temperatury spalin i przewodu kominowego (zapewnienia równomiernego ciągu kominowego) przed każdym cyklem pomiarowym piec pracował przez co najmniej 30 minut przy mocy około 75%. Paleniska w piecach przed rozpoczęciem cyklu pomiarowego wyczyszczono z osadów i popiołów.

Pomiary składu spalin przeprowadzano każdorazowo po osiągnięciu stabilizacji procesu spalania i uzyskaniu około 75% mocy znamionowej.

Do analizy statystycznej zastosowano program ANAL-WAR oparty na programie Excel z wykorzystaniem testu Tukeya dla poziomu istotności 0,05.

Badania oraz analizy wykonane na ich podstawie przeprowadzono w celu zweryfikowania, czy możliwe jest uzyskanie zadowalających efektów energetycznych przy zadowalającym pod względem uciążliwości dla otoczenia składzie spalin.

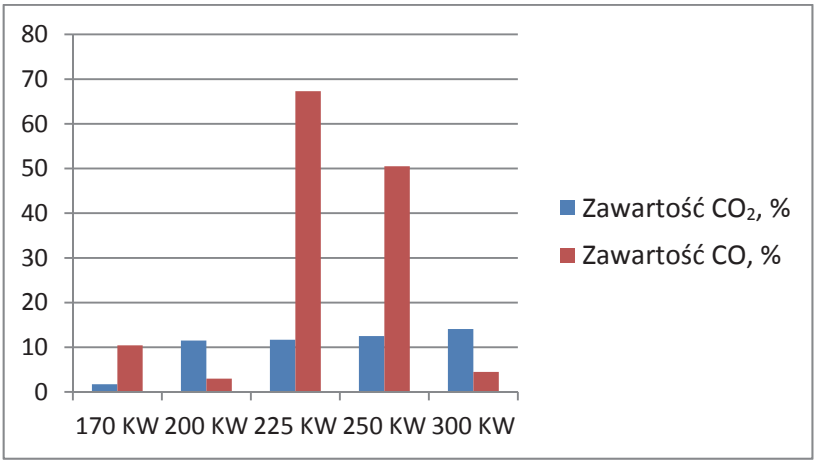
3. WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Uzyskane wyniki z badania składu spalin przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Skład spalin (średnie wartości) dla różnych mocy pieców
Table 3. The composition of exhaust gases (average values) for different stove capacities

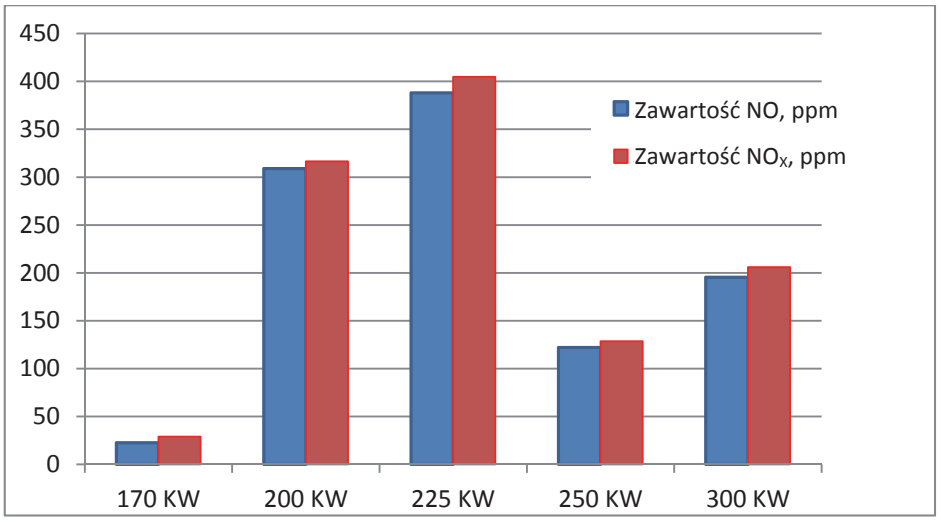
Moc pieca	170 kW	200 kW	225 kW	250 kW	300 kW
Zawartość CO_2, %	1,75	11,5	11,7	12,5	14,1
Zawartość CO, %	10,45	3	67,3	50,5	4,5
Zawartość O_2, %	10,45	10,05	13,3	7,95	6,7
Zawartość SO_2, %	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Zawartość Cl_2, %	0	0	0	0	0
Zawartość NO, ppm	22,5	309	388	122	195,5
Zawartość NO_x, ppm	29	316,5	404,7	128,5	206

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono szczególnie dużą zawartość tlenku węgla dla pieców o mocach 200 i 225 kW. Zmiany te przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zawartość CO i CO_2 w spalinach w zależności od mocy pieca
Fig. 1. The dependence of CO and CO_2 content in the flue gas from the furnace power

Zawartość CO_2 nie różniła się istotnie statystycznie dla wszystkich badanych mocy pieców. Podobnie zawartość CO dla mocy pieców 170 kW, 200 kW i 300 kW nie różniła się, natomiast dla pieców o mocach 225 kW i 250 kW była wyższa i różniła się istotnie statystycznie również między piecami o mocach 225 i 250 kW. Zbadano także zawartość NO i NO_x w spalinach. Wyniki przedstawiono w formie wykresu na rysunku 2.



Rys. 2. Zawartość NO i NO_x w spalinach
Fig. 2. The content of NO and NO_x in the exhaust

We wszystkich badanych przypadkach zawartość NO i NO_x okazała się różnić istotnie statystycznie. Najwyższą wartość zaobserwowano – podobnie jak dla tlenku węgla – w spalinach gazów w piecach o mocach 200 i 225 kW. Powyższe różnice można uzasadnić konstrukcją pieców, które dla tych mocy nie zapewniają optymalnych warunków do przebiegu procesu spalania. Osiągnięcie tych warunków jest celem dalszych działań.

4. PODSUMOWANIE

Stosowanie peletu jako paliwa może być korzystną alternatywą względem węgla. Łatwość zautomatyzowania procesu spalania, zminimalizowanie nakładu pracy przy obsłudze z jednoczesnym obniżeniem zawartości niekorzystnych związków zawartych w spalinach oraz znaczącym zmniejszeniem masy popiołu mogą przyczynić się do obniżenia szkodliwego oddziaływania pieców grzewczych, przy zachowaniu stosunkowo niskich kosztów. Ponadto w odróżnieniu od popiołu pozostającego po spalaniu węgla popiół drzewny można wykorzystać np. jako nawóz. Takie rozwiązanie przy obecnych relacjach cenowych może być dobrą alternatywą względem gazu propan-butan, gazu ziemnego i oleju opałowego.

LITERATURA

[1] OLSSON M., KJALLSTRAND J.: Emissions from burning of softwood pellets. Biomass and Bioenergy 27, 2004, 607–611.
[2] OZGEN S., CESARINI S., GALANTE S., GIUGLIANO M., ANGELINO E., MAURONGIU A., HUGONY F., MIGLIAVACCA G., MORRELE C.: Emission factors from small scale appliances burning wood and pellets. Atmospheric Environment 94, 2014, 144–153.
[3] PANWAR N.L., KAUSHIK S.C., KOTHARI S.: Role of renewable energy sources in environmental protection. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(3), 2011, 1513–1524.

[4] UASUF A., BECKER G.: Woods pellets production costs and energy consumption under different framework conditions in Northeast Argentina. Biomass and Bioenergy 35(3), 2011, 1357–1366.
[5] WASILEWSKI N., HRYCKO P.: Efekty energetyczno-emisyjne spalania odpadów z przeróbki płyt drewnopochodnych w kotle małej mocy. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska 12, 2010, 27–34.
[6] https://zaradnyfinansowo.pl/koszty-ogrzewania/.

USE OF PELLET AS A FUEL FOR A MEDIUM AND HIGH POWER FURNACE

Summary: The paper presents the results of testing the composition of exhaust fumes generated during the combustion of pellets in medium and high-power furnaces. The tests were carried out on furnaces in permanent operation, with the supply of wood pellets. It has been found that in furnaces subjected to modification consisting in the replacement of a fuel oil fireplace with a pallet pellet, satisfactory effects in terms of exhaust gas composition can be obtained. The content of both carbon dioxide, carbon monoxide and nitrogen oxides did not differ from the values obtained when furnishing the furnace with fuel oil. In the solutions analyzed, the dependence of the content of the above compounds on the maximum power of the furnace was found.

Key words: pellets, exhaust gas composition, fuel oil

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 33–38
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Marietta MARKIEWICZ-PATALON

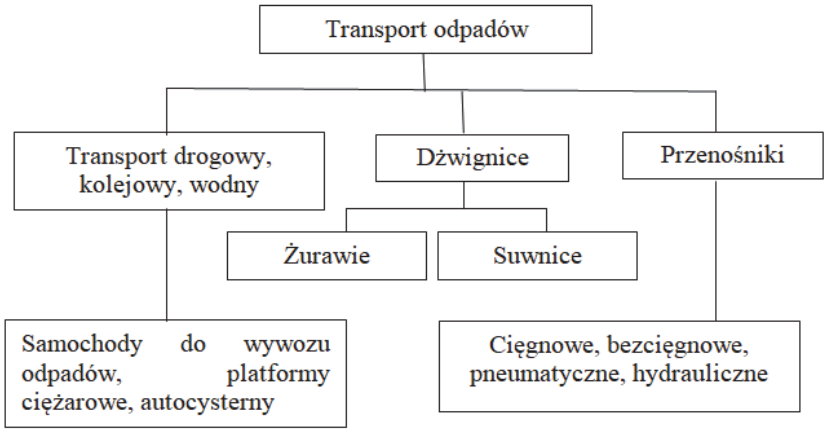
PRZEGLĄD ŚRODKÓW TECHNICZNYCH STOSOWANYCH W TRANSPORCIE ODPADÓW

Streszczenie: Rosnąca ilość odpadów, ich selekcja i zbiór stały się globalnym problemem, którego rozwiązanie wymaga zarówno zaangażowania logistycznego, jak i prawnego. Ich transport jest elementem gospodarki odpadami. Transport odpadów to proces przenoszenia ładunku z miejsca jego wytworzenia do miejsca jego przechowywania, odzysku lub unieszkodliwienia. Usługi transportowe związane z obsługą odpadów są świadczone przez niezależne firmy transportowe lub przez firmy zajmujące się odzyskiem, magazynowaniem lub wykorzystaniem odpadów. Do tego celu wykorzystywane są specjalistyczne pojazdy.

Słowa kluczowe: odpady, transport odpadów, segregacja odpadów

1. WPROWADZENIE

W przypadku firm zajmujących się odzyskiem, recyklingiem lub składowaniem odpadów pojazdy transportowe są wykorzystywane do przewozu różnych rodzajów i ilości odpadów do często odległych miejsc w kraju i za granicą. Odpady mogą być przewożone za pomocą różnych środków transportu [1, 2]. Ich ogólny podział przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Transport odpadów stałych
Fig. 1. Transportation of solid waste

mgr inż. Marietta MARKIEWICZ-PATALON, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: marmar000@utp.edu.pl

Zestawienie pojazdów najczęściej wykorzystywanych w transporcie odpadów samochodów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Przykładowe pojazdy do przewozu odpadów i ich zakres stosowania
Table 1. Examples of vehicles for transporting waste and their scope of application

Lp.	Typ pojazdu	Przeznaczenie
1	pojazd z załadunkiem przednim, tzw. frontlader	stosowany jest do wywozu odpadów komunalnych, przemysłowych oraz surowców wtórnych
2	pojazd z załadunkiem bocznym, tzw. sidepress	zastosowanie znajduje przy wywozie odpadów komunalnych i surowców wtórnych
3	pojazd z załadunkiem tylnym typu Variopress	specjalizuje się w wywozie odpadów komunalnych
4	pojazd z załadunkiem tylnym typu Rotopress	specjalizuje się w wywozie odpadów komunalnych
5	pojazd kontenerowy, tzw. bramowiec	stosowany jest do transportu kontenerów

cd. tabeli 1.
continued Table 1.

6	pojazd kontenerowy, tzw. bramowiec	zastosowanie znajduje w transporcie małych kontenerów
7	pojazd kontenerowy, tzw. hakowiec	zastosowanie znajduje w transporcie kontenerów o dużej pojemności z przeznaczeniem na różne rodzaje odpadów
8	pojazd kontenerowy z żurawiem HDS, tzw. hakowiec	jego zastosowanie to transport kontenerów o dużej pojemności z przeznaczeniem na różne rodzaje odpadów oraz opróżnianie pojemników na surowce wtórne
9	pojazd dostawczy typu Van	jego zastosowanie to podstawianie pojemników, odbiór odpadów medycznych, usługi specjalne
10	pojazd cysterna	stosowany do usuwania odpadów w stanie płynnym i półpłynnym
11	pojazd dostawczy, tzw. skrzyniowy	jego zastosowanie to podstawianie pojemników, odbiór odpadów medycznych, odbiór elektroodpadów

Transport drogowy odpadów odbywa się z wykorzystaniem specjalistycznych pojazdów mających odpowiednie nadbudowy oraz platform ciężarowych wyposażonych w urządzenia do załadunku kontenerów. Pojazdy przewożące odpady są uczestnikami ruchu drogowego, dlatego zobowiązane są do przestrzegania ustawy Prawo o ruchu drogowym, Rozporządzenia o ruchu drogowym i Rozporządzenia o dopuszczeniu do ruchu drogowego.

Podstawowym parametrem pojazdów przewożących odpady jest ich ładowność. Najczęściej firmom przewożącym odpady zależy na możliwie jak największej ładowności pojazdów. Szczegółowe przepisy ograniczają wielkość (długość, szerokość i wysokość) oraz dopuszczalny ciężar całkowity. Z tego też powodu zaczęto konstruować pojazdy trzyosiowe o długości do 12 m oraz naczepy siodłowe z ograniczeniem długości do 15 m. Podczas określania parametrów wykorzystywanego pojazdu należy uwzględnić następujące czynniki:

- ciężar użytkowy,
- odległość od miejsca unieszkodliwiania lub stacji przeładunkowej,
- zastosowany system pojemników,
- topografię, zakłócenia lub ograniczenia w ruchu,
- szerokość ulic na trasach przejazdu,
- dzienny czas pracy, przerwy i przyzwyczajenia obsługi,
- liczebność załogi tych pojazdów [4].

2. STATUS PRAWNY

Pojazdy zaprojektowane do unieszkodliwiania odpadów są wyposażone w mechanizmy i urządzenia ułatwiające załadunek i rozładunek odpadów. Pojazdy te wyposażone w specjalistyczne urządzenia związane z transportem odpadów mają również najczęściej przystosowane podwozie umożliwiające poruszanie się w różnych warunkach drogowych. Z drugiej strony transport kontenerów opiera się na systemie wymiany naczep i kontenerów. Jest to najlepsza metoda skracająca czas oczekiwania podczas przeładunku. W wielu systemach nie ma potrzeby instalowania dodatkowych urządzeń przeładunkowych, takich jak hydrauliczny dźwig samochodowy (HDS), który jest urządzeniem umożliwiającym ich indywidualny rozładunek lub załadunek. Niewątpliwie metoda ta pod względem finansowym i czasowym jest skutecznym sposobem na ponowne ładowanie odpadów. System umożliwia jednoczesne transportowanie nawet trzech kontenerów i pozwala na ich wymianę bez stosowania dodatkowych technik rozładunku. Do unieszkodliwiania odpadów używa się wielu środków transportu drogowego [5]. Ich podział został przeprowadzony na podstawie danych przedsiębiorstwa zajmującego się unieszkodliwianiem odpadów.

Opisane powyżej specjalistyczne pojazdy do unieszkodliwiania (tab. 1) rozpatrzono, wykorzystując informacje udostępnione przez bydgoskie przedsiębiorstwo świadczące usługi w zakresie gospodarki odpadami, a także zimowego i letniego utrzymania ulic i dróg.

Przedsiębiorstwo to jest jedną z największych europejskich firm zajmujących się gospodarką odpadami i recyklingiem. Ma swoje oddziały i agencje w 27 krajach na całym świecie. Prowadzi działalność w Polsce od 1992 roku. Ma oddziały w 35 miastach na terenie kraju.

Oprócz specjalistycznych pojazdów do wywozu odpadów istotną rolę odgrywają pojemniki do ich składowania [3, 6]. W tabeli 2 przedstawiono ich krótką charakterystykę.

Tabela 2. Pojemniki na odpady
Table 2. Containers for waste

Lp.	Typ pojemnika	Przeznaczenie
Do odpadów komunalnych, budowlanych i opakowaniowych		
1	worki na odpady	odpady komunalne, odpady opakowaniowe
2	małe pojemniki wielokrotnego opróżniania	odpady komunalne
3	średnie pojemniki wielokrotnego opróżniania	odpady komunalne
4	duże pojemniki wielokrotnego opróżniania	odpady komunalne, surowce wtórne
5	kontener z pokrywą	odpady komunalne, odpady budowlane, surowce wtórne
6	kontener bez pokrywy	odpady komunalne, odpady budowlane i gruz, odpady wielkogabarytowe, surowce wtórne
7	kontener dużej pojemności	odpady budowlane, odpady wielkogabarytowe, surowce wtórne
8	worek BIG BAG	odpady budowlane i gruz
9	pojemniki na surowce wtórne	odpady opakowaniowe
10	pojemniki na surowce wtórne typu IGLO i typu Euroleader	odpady opakowaniowe
11	pojemniki z siatki na surowce wtórne	odpady opakowaniowe (butelki PET)
12	prasokontener	odpady opakowaniowe
13	plastikowe skrzynki na piasek	piasek, mieszanka piasku i soli
Do zbiórki odpadów przemysłowych, niebezpiecznych		
14	pojemniki na odpady przemysłowe	odpady przemysłowe stałe, półpłynne i płynne
15	pojemnik typu MAUZER	odpady przemysłowe płynne (przepracowany olej, płyny hamulcowe, lakiery itp.)
16	pojemnik na akumulatory	akumulatory, baterie
17	beczki	odpady przemysłowe płynne i półpłynne
18	kanistry	odpady przemysłowe płynne
19	pojemniki na świetlówki	świetlówki
20	pojemniki wielokrotnego opróżniania do odpadów przemysłowych	odpady przemysłowe stałe

3. WNIOSKI

Transport odpadów jest procesem o znaczeniu zarówno dla najbliższego środowiska, jak i globalnym. W celu realizacji procesu transportowego w analizowanej firmie wykorzystuje się różne grupy pojazdów. Są one dostosowane zarówno do rodzaju, odległości przewożenia odpadów, jak i ich rodzaju.

W grupie tych środków transportowych wymienić można pojazdy z różnym sposobem załadunku, np. tylny, boczny lub przedni, oraz pojazdy kontenerowe. Opisywane przedsiębiorstwo ma 64 pojazdy przeznaczone do transportu odpadów. W szczególności przewożone odpady klasyfikowane są zgodnie z kodami jako odpady komunalne, odpady z tworzyw sztucznych oraz odpady z makulatury lub szkło. Do ich transportu wykorzystywane są głównie wysokospecjalizowane nowoczesne pojazdy zapewniające minimalizację uciążliwości dla otoczenia, efektywne wykorzystanie ładowności oraz bezpieczeństwo pracowników.

LITERATURA

[1] BITLEWSKI B., HARDTLE G., MAREK K.: Podręcznik gospodarki odpadami teoria i praktyka. Seidel Przywecki Warszawa, 2006.
[2] GÓRSKI M.: Zbieranie i transport odpadów. Przegląd Komunalny 2, 2008, 32–33.
[3] KOTOWSKI W.: Utylizacja i gospodarka odpadami. Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji Bytom, 2006.
[4] LELICIŃSKA-SERAFIN K., MANCZARSKI P.: Rozwój techniki komunalnej – zbieranie i transport odpadów komunalnych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 11, 2012, 508–511.
[5] MALINOWSKI M., WOŹNIAK A.: Problem optymalizacji logistycznych parametrów transportu odpadów komunalnych w aspekcie strategii ekofirmy. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 10, 2011, 107–119.
[6] Orzeczenie Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Warszawie z dnia 12 stycznia 2010 roku (sygn. akt IV SA/Wa 885/09).
[7] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 roku – Prawo o ruchu drogowym (Dz.U. 1997 nr 98 poz. 602).

REVIEW OF TECHNICAL MEASURES USED IN WASTE TRANSPORT

Summary: The increasing volume of waste has become a global problem, solution of which requires logistic and legal engagement. Waste transport is the management of elements of the economy. It is also the process of relocation of cargo from the place of generation to the place of storage. Transportation services connected with handling of waste are rendered by independent transportation companies or by companies dealing with recovery, storage or utilization of waste.

Key words: waste, segregation, transportation

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 39–44
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Marietta MARKIEWICZ-PATALON, Jerzy KASZKOWIAK

ANALIZA LICZBY WYPADKÓW DROGOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD WIEKU KIEROWCÓW

Streszczenie: Transport drogowy jest dynamicznie rozwijającą się gałęzią gospodarki, co przekłada się na zagrożenia związane z procesami transportowymi. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących liczby zdarzeń drogowych z udziałem pojazdów danego przedsiębiorstwa w odniesieniu do wieku kierowców. Przeprowadzone badania wykazały zwiększone ryzyko powstania zdarzenia drogowego przez kierowców w wieku do 30. roku życia. Za najczęściej występujące przyczyny zdarzeń drogowych spowodowane przez czynnik ludzki uznano niedostosowanie prędkości do warunków panujących na drodze oraz nieprzestrzeganie pierwszeństwa przejazdu.

Słowa kluczowe: wypadek drogowy, zdarzenie drogowe, transport, rodzaje pojazdów

1. WSTĘP

Transport, według ogólnej definicji, oznacza czynności związane z przemieszczaniem osób i ładunków. Jest podstawowym elementem działalności społecznej człowieka [2]. Początek transportu (tzw. pieszego) datuje się na VI wiek p.n.e, gdy powstały pierwsze utwardzone drogi. Pierwszy pojazd transportu drogowego skonstruowano dopiero w XIX wieku. Ówczesny transport charakteryzuje się dynamicznym rozwojem, w szczególności gałęzi transportu lądowego, drogowego [6]. Spowodowane jest to wzrostem zapotrzebowania na przewóz osób oraz ładunków, co skutkuje udoskonalaniem konstrukcji pojazdów oraz dróg. Pojazdy konstruowane obecnie, oprócz coraz lepszego spełniania funkcji transportowych (wielkość przewożonego ładunku, szybkość realizacji przemieszczania), w coraz większym stopniu przyczyniają się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa pasażerów w przypadku wystąpienia zdarzenia drogowego (wypadku, kolizji). Według Polskiego Obserwatorium Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego zdarzenie drogowe to zdarzenie zaistniałe lub mające początek na drodze publicznej, w strefie ruchu lub w strefie zamieszkania w związku z ruchem przynajmniej jednego pojazdu. Dzieli się je na kolizję oraz wypadek drogowy [7]. Współcześnie pojazdy wyposażone są w systemy bezpieczeństwa, które podczas zdarzenia drogowego mają zmniejszyć ryzyko wy-

mgr inż. Marietta MARKIEWICZ-PATALON, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, e-mail: marmar000@utp.edu.pl
dr inż. Jerzy KASZKOWIAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, e-mail: jerzy.kaszkowiak@utp.edu.pl

stąpienia uszkodzenia ciała u osób znajdujących się w pojeździe oraz tych uczestników ruchu drogowego, którzy są poza pojazdem (pieszych). Jako nadrzędny element konstrukcji pojazdu uznawana jest strefa kontrolowanego zgniotu, przedniej oraz tylnej jego części, do budowy której stosuje się nowe gatunki stali ulegające wzmocnieniu w trakcie deformacji. Pojazdy wyposażone są również w układy bezpieczeństwa czynnego. Na bezpieczeństwo w ruchu drogowym wpływają nie tylko nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne pojazdów, lecz również otoczenie, czyli infrastruktura drogowa, oraz czynnik ludzki. Przyczyną większości wypadków – aż 65% – jest wyłącznie czynnik ludzki. Mogą to być: brak umiejętności kierowcy, rozproszenie uwagi kierowcy, niestosowanie się do znaków i sygnałów drogowych [1]. Znaczący wpływ na bezpieczeństwo mają również warunki techniczne, m.in.: stan nawierzchni, warunki atmosferyczne panujące na drodze, stan techniczny pojazdu oraz wyposażenie, jakie zamontowane jest w samochodzie. Przyczyną zdarzenia drogowego mogą być również wady infrastruktury drogowej, takie jak złe usytuowanie znaków drogowych lub niedostateczna widoczność. Według raportów policyjnych z ostatnich trzech lat głównymi przyczynami zdarzeń drogowych było niedostosowanie prędkości do warunków ruchu, nieprzestrzeganie pierwszeństwa przejazdu oraz nieprawidłowe zachowanie wobec pieszego [5].

Zdarzenia drogowe występujące na polskich drogach są ściśle związane z liczbą kierowców użytkujących drogi oraz liczbą samochodów zarejestrowanych w Polsce, jak i długością sieci infrastruktury drogowej. Dane liczbowe dotyczące tych zagadnień przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Pojazdy zarejestrowane w Polsce do 2014 roku [8]
Table 1. Vehicles registered in Poland until 2014 [8]

Rodzaj pojazdów	**Liczba pojazdów, mln**
Jednoślady	2,3
Samochody osobowe	19,34
Samochody dostawcze	2,64
Samochody ciężarowe powyżej 6,5 t	0,79
Razem	25,07

Tabela 2. Długości dróg w Polsce – stan na 2014 rok [8]
Table 2. Road lengths in Poland – status for 2014 [8]

Kategoria drogi	**Długość, km**
Autostrady	1 553,2
Drogi ekspresowe	1 487,7
Drogi krajowe	19 182
Inne	364 793,0
Razem	387 015,9

Z powyższych tabel wynika, iż infrastruktura drogowa w Polsce liczy 387 015,9 km, a liczba zarejestrowanych pojazdów w kraju wynosi 25 mln. Zauważyć należy, iż po drogach poruszają się również pojazdy nieuwzględnione

w danych podawanych przez Park Pojazdów Zarejestrowanych, czyli samochody zarejestrowane poza granicami kraju oraz pojazdy niewymagające rejestracji (np. maszyny samobieżne) [4].

Transport drogowy jest najszybciej rozwijającą się gałęzią transportową. Stanowi także największe zagrożenie, co bezpośrednio wiąże się z liczbą wypadków oraz osób rannych i zabitych w tych wypadkach [8]. W 2014 roku Komenda Główna Policji zarejestrowała 28 542 wypadków, w których zginęły 3 202 osoby. Przyjmuje się, iż dziennie dochodzi do około 80 zdarzeń drogowych, w których ranna została co najmniej jedna osoba.

2. METODYKA POZYSKIWANIA DANYCH

W pracy przedstawiono wyniki pięcioletnich badań prowadzonych w prywatnym przedsiębiorstwie świadczącym usługi komunikacyjne (przewóz osób), które stanowią wstępną analizę bezpieczeństwa ruchu drogowego, służącą do dalszych badań systemów zintegrowanego bezpieczeństwa prowadzonych w warunkach rzeczywistych w tym przedsiębiorstwie.

W pracy określono zależności pomiędzy wiekiem kierowców pojazdów przedsiębiorstwa transportowego a liczbą i przyczynami wypadków drogowych. Szczegółowe założenia pracy dotyczą klasyfikacji kategorii wiekowej kierowców pojazdów i ich związku z liczbą zdarzeń drogowych.

W pierwszym etapie badania analizie poddano ogólną liczbę wypadków drogowych oraz ich skutki dotyczące ofiar (tab. 3).

Tabela 3. Liczba wypadków w Polsce w latach 2010–2014 [5]
Table 3. Number of accidents in Poland in 2010–2014 [5]

Rok	Wypadki	Zabici	Ranni
2010	38 832	3 907	48 952
2011	40 065	4 189	49 501
2012	37 046	2 511	39 002
2013	35 847	2 269	35 527
2014	34 970	3 202	42 545

Z analizy ogólnej liczby wypadków wynika, że na polskich drogach średnio co 15 minut dochodzi do zdarzenia drogowego, w którym co najmniej jedna osoba poniosła obrażenia, jednak liczba wypadów każdego roku maleje, co spowodowane jest wprowadzaniem systemów bezpieczeństwa na drogach [3].

Większość wypadków drogowych spowodowana jest przez czynnik ludzki, co oznacza, że wynikają one z winy użytkowników drogi. Główne przyczyny wypadków drogowych w latach 2010–2014, spowodowanych przez czynnik ludzki, to: niedostosowanie prędkości do warunków ruchu, nieprzestrzeganie pierwszeństwa przejazdu, nieprawidłowe wyprzedzanie, omijanie i wymijanie, nieprawidłowe zachowanie wobec pieszego, nieprawidłowe skręcanie i cofanie, nieprawidłowa zmiana pasa ruchu, nieprawidłowe manewry zawracania, niezachowanie bezpiecznej odległości pomiędzy pojazdami, nieprawidłowe zacho-

wanie wobec pieszego oraz gwałtowne hamowanie. Z danych statystycznych dotyczących przyczyn wypadków spowodowanych przez kierującego pojazdem wynika, że wypadki najczęściej są efektem niedostosowania prędkości do warunków ruchu – jest to około 28% wszystkich wypadków drogowych. Duży odsetek wypadków to skutek nieprzestrzegania pierwszeństwa przejazdu (ok. 26% wszystkich wypadków drogowych) oraz nieprawidłowego zachowania wobec pieszego (ok. 13%).

Po wstępnej analizie ogólnych danych dotyczących liczby wypadków drogowych oraz ich przyczyn przeprowadzono sklasyfikowanie kierowców pod względem ich wieku. Kierowców podzielono na cztery grupy wiekowe: uczestnicy dróg do 30. roku życia, od 31. do 40. roku życia, od 41. do 50. roku życia oraz kierowcy powyżej 51. roku życia. Liczbę kierowców w poszczególnych grupach przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Klasyfikacja liczby wypadków drogowych według wieku kierowców [5]
Table 4. Classification of the number of road accidents by age of drivers [5]

Wiek kierowcy	Liczba zdarzeń w ciągu roku		
	2012	2013	2014
Do 30. roku życia	14 465	13 633	13 026
Od 31. do 40. roku życia	10 192	9 785	9 483
Od 41. do 50. roku życia	7 572	7 473	7 388
Powyżej 51. roku życia	4 817	4 992	5 073
Ogółem	37 046	35 847	34 970

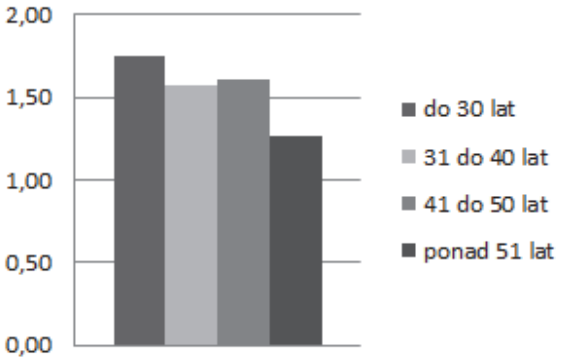
3. INTERPRETACJA POZYSKANYCH WYNIKÓW

Badania dotyczące wieku kierowców zatrudnionych w przedsiębiorstwie transportowym prowadzono w celu zweryfikowania związku wieku kierowcy z udziałem w zdarzeniach drogowych. W badaniach oprócz wieku kierowcy uwzględniono również staż pracy oraz warunki panujące na drodze podczas zajścia zdarzenia. Warunki drogowe badano ze względu na przyczynę zdarzenia drogowego, a za najważniejsze parametry uznano: temperaturę, stan nawierzchni, rodzaj nawierzchni oraz widoczność.

Wstępną analizę przeprowadzono z uwzględnieniem wieku kierowcy. W przedsiębiorstwie transportowym pracuje łącznie 677 kierowców, z których poniżej 30. roku życia jest 57 osób, w wieku od 31 do 40 lat jest 169 osób, w wieku od 41 do 50 lat jest 225 kierowców, a w przedziale powyżej 51. roku życia – 226 kierowców zawodowych. Łączna liczba wypadków spowodowanych przez tych kierowców w okresie 2010–2014 wynosi 1012. W tabeli 5 zestawiono ww. dane: liczbę wypadków oraz wiek kierowców. Analizowane parametry wskazują, że największa liczba wypadków przypada na kierowców poniżej 30. roku życia – 1,75, zaś najmniejsza na kierowcę powyżej 51. roku życia – 1,26 (tab. 5, rys. 1).

Tabela 5. Liczba wypadków w zależności od wieku kierowcy [opracowanie własne]
Table 5. Amount of accidents depending on the driver's age [own elaboration]

Przedział wiekowy	Poniżej 30. roku życia	Od 31. do 40. roku życia	Od 41. do 50. roku życia	Powyżej 51. roku życia
Liczba kierowców	57	169	225	226
Liczba wypadków	100	266	361	285
Liczba wypadków przypadająca na jednego kierowcę	1,75	1,57	1,60	1,26



Rys. 1. Liczba wypadków przypadająca na jednego kierowcę
Fig. 1. The number of accidents per driver

Porównując wyniki badań z przedsiębiorstwa transportowego z danymi udostępnionymi przez Komendę Główną Policji, można zauważyć, że największy udział w zdarzeniach drogowych mają kierowcy poniżej 30. roku życia [8].

W badanym okresie dochodziło do wielokrotnych zdarzeń drogowych z udziałem tego samego kierowcy – wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Liczba wypadków spowodowanych przez tego samego pracownika [opracowanie własne]
Table 6. Multiple accidents caused by the same employee [own elaboration]

Przedział wiekowy	Poniżej 30. roku życia	Od 31. do 40. roku życia	Od 41. do 50. roku życia	Powyżej 51. roku życia
1 wypadek	30	104	157	156
Od 2 do 3 wypadków	23	56	63	63
Powyżej 3 wypadków	4	9	6	7

Z eksperymentu przeprowadzonego w przedsiębiorstwie transportowym wynika, że czterech kierowców poniżej 30. roku życia brało udział w co najmniej 3 wypadkach drogowych, z czego jeden – w 6. Dziewięciu kierowców w wieku od 31 do 40 lat uczestniczyło w co najmniej 3 wypadkach drogowych, z czego jeden – w 5. Kierowcy od 41. do 50. roku życia brali udział w więcej niż 3 wypadkach, w tym jeden – w 5, a jeden kierowca z przedziału wiekowego powyżej 51. roku życia uczestniczył w 7 zdarzeniach drogowych.

4. PODSUMOWANIE

Badania prowadzono w przedsiębiorstwie transportowym w celu zweryfikowania konieczności wprowadzenia systemów bezpieczeństwa w pojazdach oraz wprowadzenia zintegrowanego systemu bezpieczeństwa poprzez monitorowanie pracy kierowcy oraz dodatkowe szkolenia dla kierowców zawodowych. Wyniki eksperymentu wskazują, iż największy udział w liczbie wypadków mieli kierowcy poniżej 30. roku życia, którzy stanowią najmniejszą grupę wśród pracowników przedsiębiorstwa. Najwięcej wypadków, w których uczestniczył jeden kierowca, odnotowano w grupie pracowników powyżej 51. roku życia – był to kierowca, który brał udział w 7 wypadkach drogowych. Dane statystyczne są wynikiem pięcioletnich badań, podczas których w przedsiębiorstwie dochodziło to rotacji pracowników; zmiany dotyczące liczby pracowników w poszczególnych kategoriach wiekowych uwzględniono w analizie.

Wprowadzenie przez przedsiębiorstwo zintegrowanego systemu bezpieczeństwa zmniejszyłoby liczbę zdarzeń drogowych i pozwoliłoby kontrolować zachowanie kierowców, którzy wcześniej byli już uczestnikami zdarzeń drogowych.

LITERATURA

[1] DWORECKI S.: Kryteria oceny systemu logistycznego. Wydawnictwo SGSP Warszawa, 2015.
[2] Encyklopedia powszechna PWN. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, 2010.
[3] ROŻENEK R., PRZASNYSKI J., GEMZA M.: Kwalifikacja zdarzeń drogowych oraz polecenia i sygnały wydawane przez policjanta na miejscu zdarzenia drogowego. Centrum Szkolenia Policji Legionowo, 2015.
[4] www.brd.org.pl.
[5] www.gddkia.gov.pl/dane-statystyczne.
[6] www.obserwatoriumbrd.pl.
[7] www.pzpm.org.pl/Rynek-motoryzacyjny/Park-pojazdow-zarejestrowanych.
[8] www.statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html.

ANALYSIS OF CAUSES AND EFFECTS OF ROAD ACCIDENTS IN RELATION TO THE AGE OF DELINQUENTS

Summary: Road transport is a rapidly growing sector of the economy, which translates to the risks associated with transport processes. The work presents the results of research concerning the number of road accidents involving vehicles the company with regard to the age of the drivers . The study showed an increased risk of traffic incident by drivers under the age of 30 years old. For the most common causes of road accidents caused by human factor was inappropriate speed for road conditions and failure of way.

Key words: road accident, traffic incident, transport, types of vehicles

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 45–55
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Małgorzata SŁOMION, Maciej MATUSZEWSKI, Wojciech KRAJNIK

MODERNIZACJA STANOWISKA DO WYWAŻANIA DYNAMICZNEGO

Streszczenie: Ciągły rozwój przemysłu oraz zwiększanie produkcji wymuszają projektowanie mobilnych, kompaktowych oraz zautomatyzowanych, często wielofunkcyjnych maszyn technologicznych w celu zminimalizowania ilości operacji i kosztów produkcyjnych. Obecnie także w technologii budowy wyważarek dąży się do projektowania kompaktowych urządzeń wyważających, które służyć mają również do korekcji masy niewyważenia za pomocą doposażenia w różnego rodzaju frezerki i wiertarki, służące do ujmowania masy powodującej niewyważenie. Celem badania było zmodyfikowanie stanowiska do wyważania dynamicznego, polegające na zaprojektowaniu układu przesuwnej wiertarki z pionową osią wrzeciona, mocowanej na stalowej ramie, tak aby możliwe było wiercenie wirników o określonym zakresie średnic oraz długości.

Słowa kluczowe: wyważarka, wyważanie dynamiczne, modernizacja

1. WPROWADZENIE

Jednym z ważnych czynników opisujących stan dynamiczny maszyny jest stan wyważenia jej wirujących części. Nierównomierne rozłożenie masy względem osi obrotu w elemencie wirującym, także nieznacznej, w połączeniu z dużymi obrotami powoduje wibracje elementu na dużą skalę, czego efektem jest wytworzenie dużych sił oddziałujących udarowo na łożyska, które podpierają dany element. Wspomniany rodzaj obciążenia jest niszczący i niepożądany dla wszystkich typów łożysk. W związku z tym w budowie maszyn dąży się do minimalizacji występujących drgań w celu obniżenia emitowanego hałasu oraz zwiększenia trwałości maszyn [1, 3].

Wyważanie to proces korygujący rozkład masy wirnika. Korekcja realizowana jest poprzez dodanie lub ujęcie masy korekcyjnej na promieniu korekcji. Wartość masy dobierana jest tak, aby suma sił odśrodkowych oraz suma niewyważenia były równe zeru [2, 5–7].

Proces wyważania przeprowadza się na wyważarkach. Konstruowane są one w zależności od wymagań, tj. klasy dokładności wyważania, zakresu nie-

mgr inż. Małgorzata SŁOMION, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: m.slomion@yahoo.pl
dr hab. inż. Maciej MATUSZEWSKI, prof. nadzw. UTP, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: maciej.matuszewski@utp.edu.pl
mgr inż. Wojciech KRAJNIK, Cimat Sp. z o.o.
e-mail: wojkra001@utp.edu.pl

wyważenia początkowego, zakresu masy i gabarytów wirnika czy wydajności. Wspólną cechą wyważarek jest rodzaj wykrywanego niewyważenia, którym zazwyczaj jest niewyważenie dynamiczne [3, 4].

Dobór wyważarki, oprzyrządowania oraz trybu pracy urządzenia zależy od wielu czynników, które rozpatrywane są indywidualnie, z uwzględnieniem zastosowań do konkretnych zadań, w oparciu o proces technologiczny i specyfikę zakładu [1].

Celem badania było zaprojektowanie oraz zmodernizowanie stanowiska do wyważania dynamicznego, które stanowiło „wąskie gardło" procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa zajmującego się produkcją części oraz montażem podzespołów dla branży motoryzacyjnej. Głównymi elementami wyważanymi za pomocą urządzenia są wały korbowe, wałki skrzyni biegów oraz półosie napędowe samochodów osobowych.

Z uwagi na potrzebę zwiększenia wydajności procesu produkcyjnego – zbyt długi czas czynności operacji wyważania – i brak możliwości zmiany procesu technologicznego nowe urządzenie zwiększające wydajność procesu produkcyjnego musi umożliwiać kompatybilny montaż do istniejącej i pracującej wyważarki uniwersalnej.

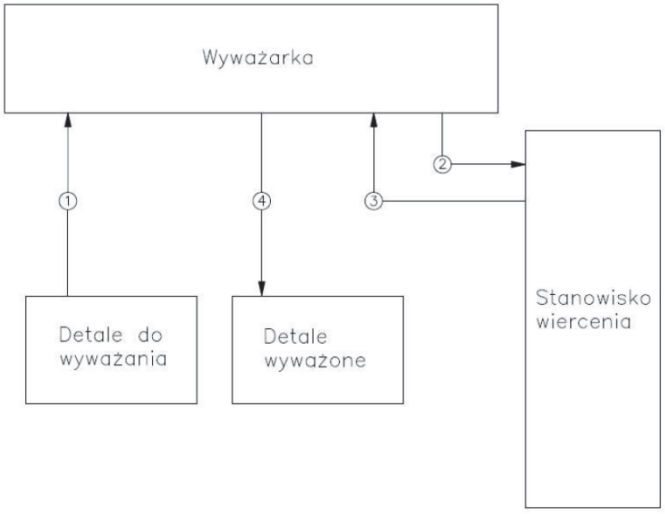
2. UWARUNKOWANIA FUNKCJONALNE ORAZ ZAŁOŻENIA MODERNIZACYJNE STANOWISKA DO WYWAŻANIA

Modernizacja stanowiska polegała na rozbudowie uniwersalnej wyważarki CMT-100H produkcji CIMAT Sp. z o.o. Bydgoszcz o poziomej osi wirowania, przeznaczonej do wyważania wirników, której zakres podstawowych parametrów roboczych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczne wyważarki uniwersalnej CMT-100H
Table 1. Technical parameters of the universal balancing machine CMT-100H

Obroty silnika	1435 obr·min^{-1}
Przeniesienie napędu na wirnik	pasowe, mechaniczne
Regulacja prędkości obrotowej	bezstopniowa
Kierunek obrotów	jednostronny
Sposób korekcji masy	ujmowanie masy
Dopuszczalne masy wyważanych wirników: – najmniejsza – największa	 1,0 kg 700,0 kg
Zakres wyważanych średnic	od 30 do 125 mm
Czułość wyważania	0,1 g·mm·kg^{-1} masy wirnika

Na rysunku 1 przedstawiono schemat procesu wyważania przed modernizacją, który składa się z kilku etapów realizowanych na dwóch stanowiskach.

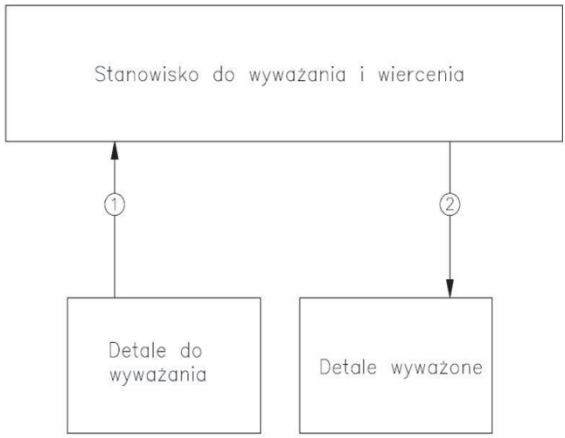


Rys. 1. Schemat rozkładu stanowisk i operacji podczas cyklu wyważania przed modernizacją
Fig. 1. Scheme diagram of positions and operations during the balancing cycle before modernization

W początkowym etapie pobiera się element wyważany z pojemnika i umieszcza w wyważarce (1). Następnie określa się punkty, w których mają zostać wywiercone otwory korygujące nieprawidłowy rozkład masy. Wirnik przenosi się na stanowisko przeznaczone do wiercenia (2) i po wywierceniu otworów – na wyważarkę (3), aby skontrolować poprawność wyważenia. Jeśli element mieści się w normie niewyważenia resztkowego, następuje kolejny etap procesu produkcyjnego (4), jeśli jest odwrotnie, to ponownie trafia na stanowisko wiercenia (2), wyważarkę (3) i powtórną kontrolę. Proces trwa aż osiągnięty zostanie stan niewyważenia resztkowego, mieszczącego się w określonej normie.

Jak można zaobserwować, proces wyważania realizowany jest z wykorzystaniem wyważarki spełniającej funkcje: pomiarowo-korekcyjną, kontrolną oraz odrębnego stanowiska do wiercenia wirników. Transport detali pomiędzy poszczególnymi etapami procesu odbywa się ręcznie lub z zastosowaniem żurawia warsztatowego. Zależy to od masy i gabarytów obrabianych elementów.

W koncepcji nowego rozwiązania zawarto połączenie obu stanowisk w jedno uniwersalne (rys. 2), które umożliwiałoby pomiar niewyważenia, korekcję masy wirników, a także kontrolę końcową niewyważenia resztkowego. Takie połączenie pozwoliłoby na minimalizację czasu przekładania elementów między stanowiskami ze względu na skrócenie o około połowę drogi, jaką pokonuje detal.



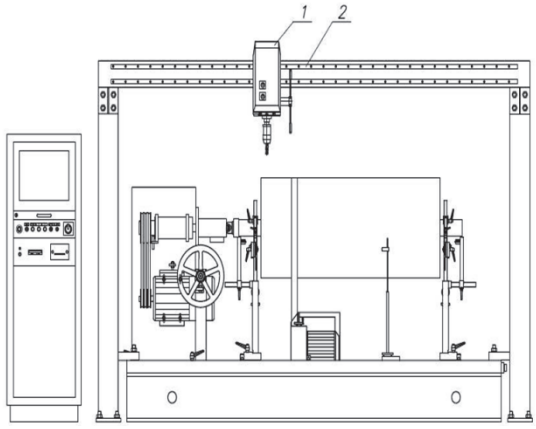
Rys. 2. Schemat zmodernizowanego stanowiska do wyważania
Fig. 2. Scheme of modernized balancing station

Zgodnie z nowymi założeniami element wyważany ma być pobierany z pojemnika i dostarczony na stanowisko do wyważania i wiercenia (1); po wykonaniu wymaganych operacji technologicznych przekazany zostanie do pojemnika na elementy wyważone (2). Pozwoli to na zaoszczędzenie czasu potrzebnego do wykonania operacji technologicznych.

3. PROJEKT MODERNIZACJI STANOWISKA DO WYWAŻANIA

3.1. Koncepcja modernizacji stanowiska do wyważania

Koncepcję modernizacji stanowiska przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Koncepcja modernizacji stanowiska do wyważania
Fig. 3. The modernization concept of the balancing station

Ze względu na stałe mocowanie maszyny do masywnego fundamentu należało zainstalować układ wiercący, który umożliwiłby wykonywanie otworów

w wirniku zamocowanym na wyważarce. Z tego powodu przyjęto jako koncepcję rozwiązania przykręcenie stalowej ramy nośnej (2) do łoża oraz fundamentu. Do górnej części ramy przymocowano wiertarkę (1) z możliwością ręcznego przemieszczania w kierunku równoległym do osi wirowania detalu, a zakres pracy obejmuje cały zakres roboczy urządzenia. Ruch posuwowy wiertła uzyskano za pomocą korby, natomiast głębokość wiercenia wyświetla się na elektronicznym głębokościomierzu. Realizacja dojazdu wiertarki do wyważanego detalu odbywa się ręcznie za pomocą korby. Układ wiercący umożliwia dojazd wiertarki nad miejsce wywiercenia otworu, blokadę przesuwu poziomego, dojazd wiertła do detalu, blokadę przesuwu pionowego oraz wiercenie otworu na wymaganą głębokość. Ze względu na brak ujęcia w normach dokładności położenia otworu układ ten jest sterowany ręcznie. W związku z „technologicznością" procesu ujmowania masy za pomocą wiercenia ręczne sterowanie układem jest wystarczające do uzyskania wymaganej dokładności położenia oraz głębokości otworu. Stanowisko wyposażono również w podciśnieniowy system odciągu wiórów, co ma zapobiegać nadmiernemu zanieczyszczaniu wyważarki.

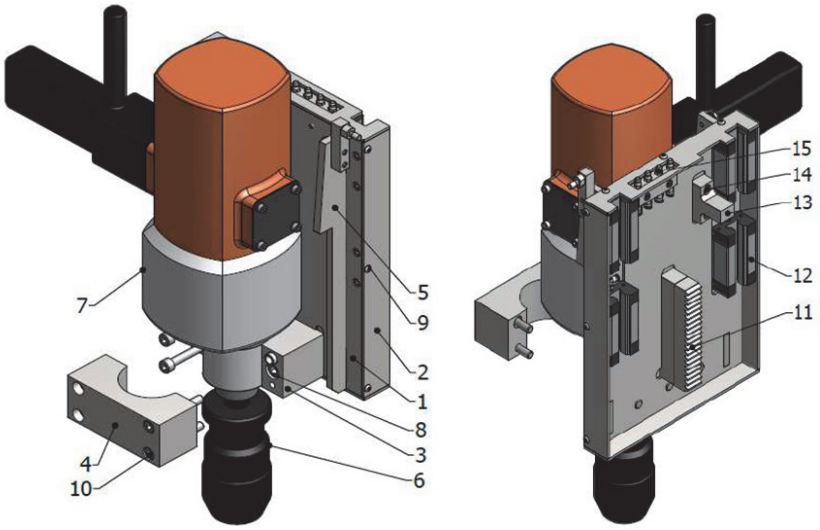
3.2. Założenia konstrukcyjne oraz projekt układu wiercącego

Podstawą projektu układu jest ustalenie zakresu wielkości wirników, jakie będą wyważane, a także wielkości i umiejscowienia otworów wierconych za pomocą nowego układu. Przeprowadzenie analizy obsługiwanego asortymentu elementów wyważanych pozwoliło na ustalenie parametrów układu wiercącego, tj.:
- zakres średnic wyważanych wirników: ø 50÷520,
- długość wyważanych wirników: ø 200÷2500,
- zakres średnic mocowanych wierteł: ø 8÷32,
- umiejscowienie otworów po zewnętrznym obwodzie na części
- walcowej wirników,
- głębokość wierconych otworów: do 80 mm (ruch roboczy 100),
- elektroniczny pomiar głębokości wiercenia,
- cyfrowy wyświetlacz wskazujący głębokość wiercenia,
- blokady położenia wiertarki po dojeździe do miejsca wiercenia,
- napęd ręczny z łatwym dostępem do elementów sterujących.

Ustalenie wytycznych konstrukcyjnych oraz koncepcja układu wiercącego pozwoliły na przyjęcie następujących etapów projektowania konstrukcji układu wiercącego:
- projekt układu realizującego posuw główny wiertarki,
- projekt układu realizującego dojazd wiertarki do wirnika,
- projekt układu realizującego przesuw wiertarki wzdłuż osi wirnika,
- dobór i umiejscowienie elementów służących do elektronicznego pomiaru głębokości wiercenia,
- projekt układu odsysającego wióry,
- projekt konstrukcji wsporczej wiertarki, przystosowanej do łatwego zamontowania w modernizowanym stanowisku.

Przy realizacji modernizacji użyto wiertarki firmy FEIN typu DDsk 672-1, której konstrukcja pozwala na przytwierdzenie do nośnych elementów układu wiercącego oraz umożliwia mocowanie wierteł z wymaganego zakresu średnic.

Pierwszym etapem procesu projektowego było skonstruowanie płyty wsporczej, pełniącej rolę suportu realizującego ruch roboczy wiertła, do której mocuje się wiertarkę (rys. 4).



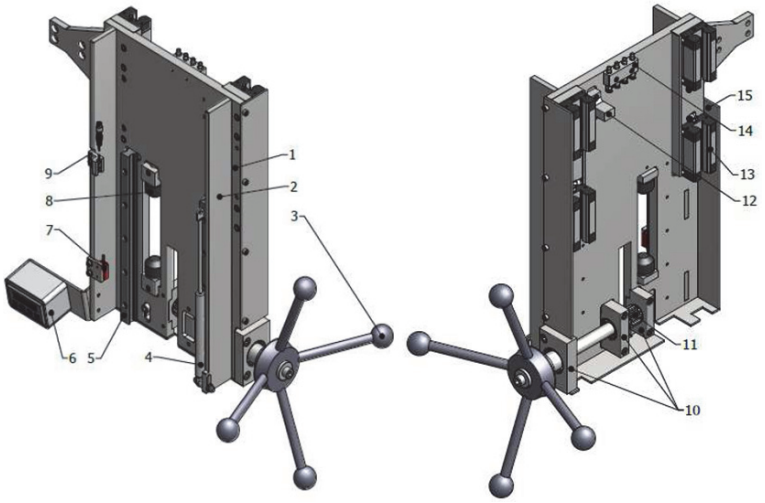
Rys. 4. Podzespół płyty przedniej z wiertarką: 1 – płyta stalowa; 2 – osłony; 3 – obejma stała; 4 – obejma dociskowa; 5 – żebra wzmacniające; 6 – uchwyt wiertarski; 7 – wiertarka; 8 – śruby mocujące obejmę stała do płyty; 9 – śruby osłon; 10 – śruby obejmy dociskowej; 11 – listwa zębata; 12 – wózki prowadzące; 13 – zderzak; 14 – śruby mocujące zderzak; 15 – smarowniczki
Fig. 4. A subassembly of the front plate with a drill: 1 – steel plate; 2 – covers; 3 – fixed clamp; 4 – pressure clamp; 5 – strengthening ribs; 6 – drill chuck; 7 – grill; 8 – screws fixing clamp to the plate; 9 – screw covers; 10 – clamp pressure screws; 11 – bar gear; 12 – leading carts; 13 – bumper; 14 – fixing bumper screws; 15 – grease fittings

Główną część podzespołu stanowi płyta stalowa (1), usztywniona przyspawanymi żebrami (5). Do płyty przykręcona jest śrubami (8) obejma stała (3), która z obejmą dociskową (4) za pomocą śruby (10) mocuje wiertarkę (7) do podzespołu. Do zewnętrznej strony płyty śrubami (9) dokręcone są osłony (2) z blachy stalowej. Wiertarka wyposażona jest w uchwyt wiertarski (6), pozwalający na mocowanie wierteł HSS w zakresie średnic 4÷16, w przypadku większych średnic montaż wierteł odbywa się bezpośrednio we wrzecionie wiertarki, wyposażonym w stożek morse'a – MK3. Do tylnej części płyty przymocowano listę zębatą (11), co pozwala na realizację ruchu roboczego wiertarki. Przesuwanie wiertarki jest możliwe dzięki wózkom jezdnym (12). Górna część płyty wyposażona jest w smarowniczki (15), przez które wtłacza się smar do wózków jezdnych. Ruch posuwowy ograniczany jest przez zderzak (13) przytwierdzony do płyty za pomocą śrub (14).

Następnym elementem konstrukcji jest płyta pośrednia. Pozwala na dojazd narzędzia na kilka milimetrów ponad wirnik, po czym ruch zostaje zablokowa-

ny i z wykorzystaniem ruchu roboczego wiertarki wiercenie jest realizowane. W płycie przedniej zawarto również niezbędny element napędzający. Istotny jest zakres ruchu dojazdowego wiertarki, który pozwala na wiercenie wirnika za pomocą wiertła zarówno o najmniejszej średnicy, jak i o największej. Należy również przyjąć dodatkowy zakres ruchu dojazdowego ze względu na: wymianę wierteł, wymianę wirników, wypusty na wirnikach, a także serwis urządzenia.

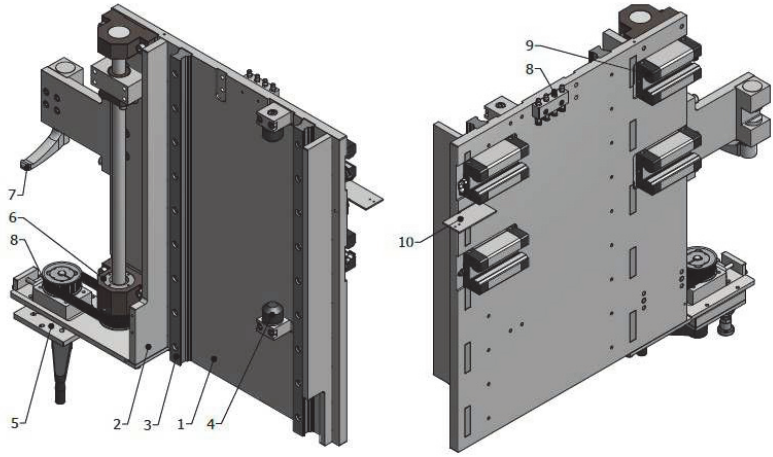
Podzespół płyty pośredniej (rys. 5) również wykonano z płyty stalowej (1) i wzmocniono przyspawanymi żebrami. Ruch posuwowy narzędzia realizowany jest za pomocą rękojeści (3). Za pośrednictwem sprężyny gazowej (4) dokonuje się powrót do położenia pierwotnego. Do przedniej strony płyty przymocowane są szyny (5), po których przesuwają się wózki jezdne podzespołu wiercącego. Elektroniczny wyświetlacz (6) połączony z czujnikiem położenia (7) wskazuje głębokość wiercenia. Dwa odbojniki (8) ograniczają ruch posuwowy układu wiercącego, a pomiędzy nimi przemieszcza się zderzak płyty przedniej. Czujnik indukcyjny (9) włącza wiertarkę podczas dojazdu wiertła do wirnika. Tylna część ma zespół łożyskujący (10) mechanizmu posuwowego wiertarki. Wałek napędzający posuw zakończony jest kołem zębatym (11) i zazębiony z listwą zębatą w płycie przedniej. Ruch dojazdowy jest ograniczany przez zderzak (12), a dojazd układu wiercącego do wirnika umożliwiają wózki jezdne (13). Smarowanie wózków odbywa się za pomocą smarowniczek (14). Stalowe osłony (15) maskują przestrzeń wokół płyty. Zmontowane obydwie płyty stanowią zespół realizujący posuw wiertarki. Realizacja tego ruchu odbywa się ręcznie.



Rys. 5. Podzespół płyty pośredniej: 1 – płyta stalowa; 2 – żebra; 3 – rękojeść; 4 – sprężyna gazowa; 5 – szyny prowadzące; 6 – elektroniczny wyświetlacz; 7 – czujnik położenia; 8 – odbojniki; 9 – czujnik indukcyjny; 10 – zespół łożyskujący; 11 – koło zębate; 12 – zderzak; 13 – wózki prowadzące; 14 – smarowniczki, 15 – stalowe osłony

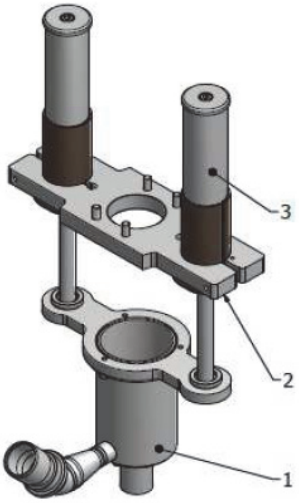
Fig. 5. Intermediate plate subassembly: 1 – steel plate; 2 – ribs; 3 – handle; 4 – gas spring; 5 – guide rails; 6 – electronic display; 7 – position sensor; 8 – buffers; 9 – inductive sensor; 10 – bearing assembly; 11 – gear wheel; 12 – bumper; 13 – leading carts ; 14 – grease fittings, 15 – steel covers

Podzespół płyty tylnej (rys. 6) konstrukcją przypomina poprzednie elementy. Stalowa płyta (1) stanowi główny element nośny. Zwiększenie sztywności układu uzyskano poprzez przyspawanie żeber (2). Szyny (3) umożliwiają dojazd układu wiercącego do wyważanego wirnika. Tak jak wcześniej – odbojniki (4) ograniczają skok dojazdu wiertarki do wirnika. Ruch realizowany jest ręcznie za pomocą układu korbowego (5). Pasek zębaty (8) przekazuje moment obrotowy na śrubę toczną (6). Do podzespołu płyty przedniej przykręcona jest nakrętka śruby tocznej. Po przekręceniu rękojeści mechaniczna blokada przesuwu (7) powoduje zaciśnięcie się elementu na szynie prowadzącej i unieruchomienie układu. Zastosowano również smarowniczki (8), a za pomocą wózków jezdnych (9) odbywa się przesuw układu wiercącego wzdłuż osi wirowania wyważanego detalu. Ostatnim elementem jest mocowanie prowadnika kablowego (10) do przewodu zasilającego wiertarkę.



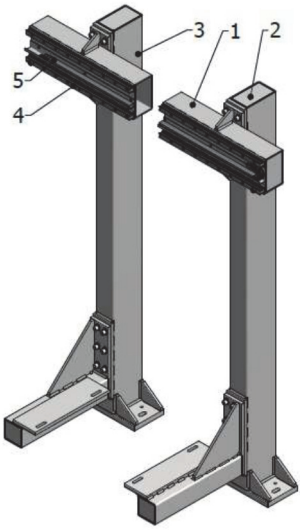
Rys. 6. Podzespół płyty tylnej: 1 – płyta stalowa; 2 – żebra; 3 – szyny; 4 – odbojniki; 5 – układ korbowy; 6 – śruba toczna; 7 – mechaniczna blokada przesuwu w osi poziomej; 8 – smarowniczki; 9 – wózki jezdne; 10 – mocowanie prowadnika kablowego
Fig. 6. Intermediate plate subassembly: 1 – steel plate; 2 – ribs; 3 – rails; 4 – buffers; 5 – crank system; 6 – rolling screw; 7 – mechanical displacement lock in the horizontal axis; 8 – grease fittings; 9 – carts; 10 – fixing the e-chain

Najmniej skomplikowany w układzie wiercącym jest podzespół odsysający wióry (rys. 7). Tworzy go tuleja próżniowa (1), obejmująca wiertło i uchwyt wiertarski, obejma mocująca (2), która umożliwia przykręcenie odsysacza do obejmy zaciskowej wiertarki, oraz układ łożyskowania liniowego (3). W zależności od zastosowanego wiertła i głębokości wierconego otworu układ odsysający pozycjonuje się.



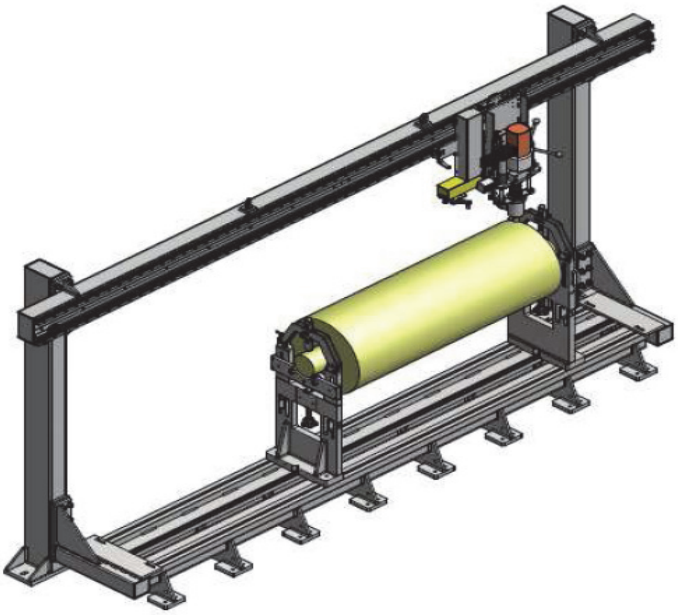
Rys. 7. Podzespół odsysający wióry: 1 – tuleja; 2 – obejma; 3 – układ łożyskowania
Fig. 7. The chip extraction unit:1 – bushing; 2 – scraper; 3 – bearing system

Największym podzespołem stanowiska jest stalowa rama (rys. 8), pełniąca funkcję trwałego i sztywnego połączenia układu wiercącego z łożem i fundamentem wyważarki, oraz pozwalająca na przesuwanie wiertarki wzdłuż osi wyważanego wirnika. Profil główny (1) łączy słupy (2, 3) przytwierdzone do łoża oraz fundamentu wyważarki. Dwie szyny prowadzące (4) mocowane są na profilu głównym; na nich porusza się zespół wiercący na wózkach jezdnych. Prowadnik kablowy służy do prowadzenia przewodów elektrycznych oraz węża odsysającego wióry.



Rys. 8. Podzespół ramy nośnej: 1 – profil główny; 2, 3 – słupy; 4 – szyny; 5 – prowadnik kablowy
Fig. 8. Subassembly of the supporting frame: 1 – main profile; 2, 3 – columns; 4 – rails; 5 – cable chain

Układ wiercący wraz z wyważarką i przykładowym wirnikiem przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Układ wiercący zmontowany z wyważarką
Fig. 9. The drilling system assembler with the balancer

4. PODSUMOWANIE

W każdym procesie wytwarzania niezbędne jest planowanie oraz konstruowanie. Proces projektowania wiąże się z uwzględnieniem wielu aspektów, takich jak złożoność i wielkość produktu, ergonomia, bezpieczeństwo oraz ekonomia. Niezbędne jest znalezienie rozwiązania, które połączy ze sobą te elementy.

Przedstawiony w pracy projekt modernizacji stanowiska wyważania, który uwzględniał różne uwarunkowania funkcjonalne i konstrukcyjne, zrealizowano oraz wdrożono do działań przemysłowych. Przyczynił się do usprawnienia procesu wyważania, a tym samym, zgodnie z oczekiwaniami, zwiększył wydajność procesu produkcyjnego. Czas wszystkich czynności związanych z wyważaniem uległ skróceniu o około 60%.

LITERATURA

[1] BARCZEWSKI R., CIOŁCZYK L., MALEC M., TOPOLIŃSKI A., WERBOWSKI T.: Jesienna szkoła wyważania i diagnostyki maszyn wirnikowych. Materiały szkoleniowe, CIMAT Bydgoszcz, 2001.
[2] DIN 4566. Anforderungen an Schwingstärkemessgeräte, 1967.
[3] ŁĄCZKOWSKI R.: Kryteria oceny stanu dynamicznego maszyn. Normalizacja 11, 1969.
[4] ŁĄCZKOWSKI R.: Wyważanie elementów wirujących. WNT, Warszawa, 1979.
[5] OSIECKI J., ZIEMBA S.: Podstawy pomiarów drgań mechanicznych. PWN Warszawa, 1986.
[6] VDI – Richtlinien 2056. Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, 1964.
[7] VDI – Richtlinien 2060. Beurteilungsmaßstäbe für Auswuchtzustand rotieren der starrer Körper, 1966.

MODERNIZATION OF THE DYNAMIC BALANCING STATION

Summary: Continuous development of the industry and increasing production enforces the design of mobile, compact and automatem often multifunctional machines, in order to minimize the number of operations and production costs. Currently, also in the technology of the balancers construction, producers seek to design a compact balancing machines, which also serve to correct the unbalance mass by integrating various types of millers and drills subtracting mass that causes the imbalance. The aim of this study is purpose modification the work station for dynamic balancing consisting in designing a sliding system of a drill with a vertical axis of the spindle fixed on a steel frame, to allow the drilling rotors with a defined range of diameters and lengths.

Key words: balancing machine, dynamic balancing, modernization

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 57–69
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Grzegorz SZALA, Marcin JĘDRZAK

KRYTERIA ESTETYCZNE W PROJEKTOWANIU OBIEKTÓW TECHNICZNYCH NA PRZYKŁADZIE URZĄDZEŃ SANITARNYCH

Streszczenie: W prezentowanej pracy analizie poddano problem związany z kryteriami estetycznymi w kontekście projektowania produktu. Zdefiniowano proces projektowo-konstrukcyjny, cechy obiektu, kryteria oceny rozwiązań konstrukcyjnych oraz to, czym jest projektowanie i jakie są ograniczenia związane z koniecznością spełnienia określonych warunków technicznych, technologicznych, eksploatacyjnych i ekonomicznych. Urządzenia sanitarne, czyli przedmioty, które stanowią wyposażenie przestrzeni łazienki, stały się przykładem do analizy. Szczególną uwagę zwrócono na ich postać geometryczną, nowe technologie, rozwiązania konstrukcyjne oraz nowe materiały, lekkie i bioorganiczne. Nakreślono również związek projektowanych obiektów z otoczeniem (stylem wnętrza) oraz trendami w projektowaniu przedmiotów (obiektów) i aranżacji wnętrz. Zawarte myśli i synteza współczesnego projektowania stanowią bazę dydaktyczną dla projektantów dopiero uczących się zawodu, jak i nakreślają nową perspektywę dla tych już pracujących w tym trudnym i wymagającym zawodzie. Praca zawiera wprowadzenie do problematyki związanej z procesem projektowym oraz opis problemu – oparty na konkretnych przykładach zadań projektowych.

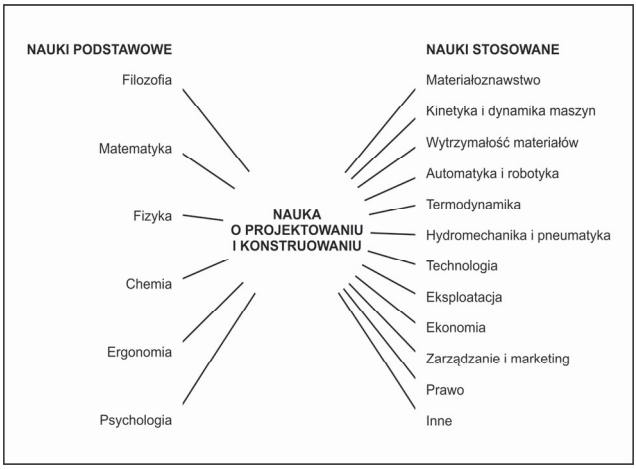
Słowa kluczowe: nowy materiał, design produktu, biodesign, urządzenia sanitarne

1. WPROWADZENIE

1.1. Krótka charakterystyka procesu projektowo-konstrukcyjnego

Projektant zdobywa wiedzę przez całe życie. To proces rozłożony w czasie, który polega na umiejętnym zadawaniu pytań dotyczących wybranego zagadnienia projektowego. Każdy człowiek jest inny i inaczej postrzega świat. Odbiór zjawisk zachodzących w otaczającej przestrzeni zależy od wychowania, miejsca zamieszkania, otoczenia społeczno-kulturowego, edukacji. Na te aspekty nakładają się indywidualna otwartość i pragnienie przekraczania granic w przestrzeni oraz czasie – jak pisał Ryszard Kapuściński w swoich książkach [5]. Proces projektowo-konstrukcyjny w kontekście psychologii pracy jest pracą umysłową. Wymaga gruntownej wiedzy z zakresu nauk podstawowych i stosowanych (rys. 1).

dr hab. inż. Grzegorz SZALA, prof. nadzw. UTP, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: grzegorz.szala@utp.edu.pl
dr Marcin JĘDRZAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: marcin.jedrzak@utp.edu.pl



Rys. 1. Związek nauki o projektowaniu i konstruowaniu z naukami podstawowymi i stosowanymi [9]
Fig. 1. The connection of designing and constructing science with basic and applied sciences [9]

Efektem procesu projektowo-konstrukcyjnego mogą być konstrukcje: nowa, zaadaptowana lub wielowariantowa. Nowa to taka, w celu skonstruowania której opracowano nowe zasady rozwiązania technicznego. Zaadaptowana – to dostosowanie znanego już rozwiązania. Wielowariantowa polega na tworzeniu wariantów wielkości lub innego uporządkowania w granicach zastanej formy.

Proces projektowo-konstrukcyjny składa się z wielu elementów. Projektant otrzymuje od klienta lub sam tworzy brief projektowy. Jednym z głównych elementów jest rozpoznanie i opis potrzeby. W artykule ”The design brief as carrier of client information during the construction process” Nina Ryd zwraca uwagę na znaczenie tła i sił napędowych oraz obserwacje podczas spotkań projektowych. Podkreśla również wagę podejmowanych decyzji i formułowanie wymagań, które prowadzą do zwięzłości. Oczekiwania stron co do opracowania krótkiego dokumentu w celu zachęcania do innowacji i zmian są istotnymi aspektami w opracowywaniu założeń do projektu [8]. Na tej podstawie projektant może przystąpić do pracy nad analizą koncepcyjną. Polega ona na wnikliwym studium możliwych rozwiązań, co prowadzi do syntezy badanego zagadnienia. Dopiero wówczas możliwe jest przystąpienie do prac związanych z konstrukcją tworzonego obiektu. Jakość uzyskanych efektów jest zależna od indywidualnych zdolności i wiedzy projektanta. Powstaje wirtualne przedstawienie produktu – przeniesione z obszarów wyobraźni twórcy i zapisane na dostępnych technicznych nośnikach, które umożliwiają prezentację projektu. Ten moment jest również ważny w całym procesie. Bardzo dużo zależy od formy, w jakiej projektant prezentuje efekty swojej pracy. Nie każdy ma w równym stopniu rozwinięty zmysł postrzegania przestrzennego. Psychologia widzenia jest ważnym czynnikiem decydującym o tym, jak przedstawiony zostaje efekt pracy projektanta [1]. Kolejnym etapem jest zbudowanie prototypu i poddanie go testom. Mają one na celu sprawdzenie, czy produkt spełnia początkowe założenia funkcjonalne oraz czy zastosowane rozwiązania techniczne są wystarczająco dobre i nie będą powodować problemów w eksploatacji.

2. OPIS CECH OBIEKTU (GEOMETRYCZNE, MATERIAŁOWE I DYNAMICZNE)

Dla procesu konstruowania duże znaczenie ma dobór cech konstrukcyjnych obiektu. Wymienić należy trzy cechy: geometryczne, materiałowe i dynamiczne. Cechy geometryczne dotyczą kształtu bryły, jej wymiarów oraz tolerancji, w jakiej powinien się dany obiekt wymiarowo mieścić. Wymiar to wartość długości i kąta wyrażona w jednostce miernicznej. Istotne jest również określenie dokładności kształtu, położenia poszczególnych elementów charakterystycznych dla obiektu oraz rodzaju powierzchni. Cechy materiałowe związane są z dobranym rodzajem konkretnego materiału, z którego wykonany jest obiekt. Każda forma obróbki tworzywa wpływa na odrębne cechy struktury. Ma to bezpośredni wpływ na cechy fizyczne i chemiczne materiału, właściwości mechaniczne, statyczne i dynamiczne oraz aspekt ekonomiczny, czyli koszt wytworzenia, a także wygląd. Należy również zawsze pamiętać, że zaprojektowany obiekt poddawany jest różnego rodzaju obciążeniom i zachodzą w nim zjawiska związane z rozkładem naprężeń. Obiekt może być poddawany ściskaniu, zginaniu, napinaniu i rozciąganiu.

3. KRYTERIA OCENY ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

W celu oceny zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych należy przeanalizować obiekt pod względem spełniania optymalnego obciążenia, użytego materiału, stateczności oraz stosunków wielkości. Przez pojęcie optymalizacji obciążeń należy rozumieć takie ukształtowanie obiektu, które wpływa na równomierny rozkład sił na niego działających. Każdy materiał ma swój własny, tylko jemu przypisany zbiór cech. Projektant winien postępować zgodnie z etyką materiałową, co oznacza – projektować zgodnie z cechami charakterystycznymi przypisanymi danemu materiałowi. Konieczne jest również zachowanie równowagi między polem naprężeń a określonym w normach granicznym obciążeniem. Ma to bezpośredni wpływ na zachowanie bezpieczeństwa podczas użytkowania obiektu. Stosunki wielkości związane są wprost z ergonomią i funkcjonalnością.

4. PROJEKTOWANIE, DESIGN

Design – jedno słowo, a tak wiele znaczeń. Jest wielokrotnie nadużywane i stosowane w kontekście zjawisk i procesów; mieści w sobie zbyt wiele znaczeń. Jedynym ograniczeniem dla design jest wyobraźnia twórcy. Tylko od niej zależy, jaka potrzeba zostanie poprzez design zaspokojona i jakie marzenie spełnione. Każdy jest designerem. Ludzie projektują swoje życie osobiste, karierę zawodową, najbliższe otoczenie i jego wyposażenie, relacje z innymi. Chcą mieć wpływ na to, co jest i na to, co będzie. Budują ład i porządek. Projektant form przemysłowych pełni rolę profesjonalisty w swoim fachu. Nie może opierać swoich działań tylko na intuicji. Musi mieć wiedzę, a doświadczenie zdobywa z każdym nowym zadaniem projektowym. Jest to możliwe dzięki wspólnej pracy ze specjalistami od spraw technologii i marketingu. Tam, gdzie są ludzie, tam są również emocje. One także mają wpływ na cały proces tworzenia nowego wzoru przemysłowego. Tylko poprzez współpracę, wymianę myśli i słuchanie siebie nawzajem możliwe jest owocne zakończenie projektu.

Ale czym jest dobre projektowanie? Dieter Rams, główny projektant w firmie Braun, sformułował w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku dziesięć zasad dobrego projektowania. Stanowią one credo dla projektantów nawet obecnie zajmujących się wzornictwem przemysłowym.

Zasada 1
„Dobry design jest innowacyjny. Nie można całkowicie wyczerpać możliwości innowacji. Rozwój technologiczny zawsze otwiera dostęp do nowych rozwiązań umożliwiających innowacyjny design. Z tym, że musi się on rozwijać w parze z technologią i nie może stanowić celu sam w sobie" [7].

Zasada 2
„Dobry design czyni produkt użytecznym. Produkty kupuje się po to, aby ich używać. Mają spełniać określone wymogi, nie tylko funkcjonalne, ale także psychologiczne i estetyczne. Dobry design podkreśla użyteczność produktu, eliminując jednocześnie wszystko, co mogłoby wywrzeć na nią negatywny wpływ" [7].

Zasada 3
„Dobry design jest estetyczny. Estetyka produktu jest bezpośrednio związana z jego użytecznością, ponieważ rzeczy, z których korzystamy każdego dnia, wywierają wpływ na nasze samopoczucie, a więc kształtują naszą rzeczywistość" [7].

Zasada 4
„Dobry design czyni produkt zrozumiałym. Design czyni budowę i przeznaczenie projektu czymś jasnym i zrozumiałym. Ten lepszy może sprawić, że produkt niejako przemówi do nas. Natomiast design najwyższej klasy sprawia wrażenie rozwiązania najbardziej oczywistego. Zwykle trudno jest sobie wyobrazić, że dany produkt mógłby być zaprojektowany jakoś inaczej" [7].

Zasada 5
„Dobry design nie narzuca się. Produkty, których celem jest spełnienie określonego zadania, są jak narzędzia. Nie stanowią ani dekoracji, ani dzieła sztuki. Sposób, w jaki zostały zaprojektowane, powinien być więc możliwie naturalny oraz ograniczony tak, aby korzystający z nich użytkownik miał możliwość wyrażenia samego siebie" [7].

Zasada 6
„Dobry design jest szczery. Design nie powinien powodować wrażenia, że produkt jest bardziej innowacyjny, potężny lub wartościowy, niż w rzeczywistości. Projektant nie powinien manipulować klientem, składając obietnice bez pokrycia" [7].

Zasada 7
„Dobry design wytrzymuje upływ czasu. Unika podążania za modą i dzięki temu nigdy nie sprawia wrażenia przestarzałego. W przeciwieństwie do mody, najwyższej klasy design może przetrwać wiele lat. Także we współczesnym, bardzo często zmieniającym gusta społeczeństwie" [7].

Zasada 8
„Dobry design jest przemyślany do ostatniego szczegółu. Nic nie może być pozostawione przypadkowi. Uwaga i dokładność na etapie projektowania jest sposobem okazania szacunku konsumentowi. Byle jaki projekt to byle jaki produkt" [7].

Zasada 9
„Dobry design jest przyjazny środowisku. Stanowi istotny wkład w ochronę środowiska naturalnego poprzez oszczędne wykorzystanie materiałów oraz minimalizuje zarówno fizyczne, jak i estetyczne zanieczyszczenie środowiska i to przez cały okres życia produktu" [7].

Zasada 10
„Dobry design jest tak oszczędny jak to tylko możliwe. Koncentruje się na kluczowych aspektach produktu i nie obciąża go niepotrzebnymi dodatkami. Jest powrotem do czystości i prostoty. Mniej znaczy lepiej" [7].

Każda z tych zasad jest ważna. I żadna z nich nie jest bardziej lub mniej istotna dla procesu projektowego. „Dobry design jest niezwykle ważny, ale nie ma co się łudzić, że bez dobrego i solidnego wykonania oraz odpowiedniej promocji, marketingu dany produkt ma szansę na rynkowy sukces" [3].

4.1. Ograniczenia związane z koniecznością spełnienia kryteriów technicznych, technologicznych, eksploatacyjnych i ekonomicznych

Świat projektanta pełen jest ograniczeń. To one w dużej mierze decydują o kształcie i formie zaprojektowanego przedmiotu. Zrealizowany projekt powstaje dla konkretnego klienta, z uwzględnieniem ściśle określonych możliwości produkcyjnych. Proces produkcji podlega specyficznym rygorom. Projektant winien dokładnie poznać wszystkie wynikające z niego ograniczenia i zaproponować formę, która jest możliwa do wykonania. Inną znaczącą kwestią są uwarunkowania ekonomiczne. Projektant niejednokrotnie modyfikuje formę produktu, żeby w efekcie końcowym produkt był tańszy w wykonaniu.

5. PODSTAWOWE ZAGADNIENIA W PROJEKTOWANIU URZĄDZEŃ SANITARNYCH

5.1. Postać geometryczna. Nowe technologie i rozwiązania konstrukcyjne

Na rynku urządzeń sanitarnych pojawiły się łatwe do utrzymania higieny wykonane w innowacyjnej technologii miski ustępowe z systemem bezkołnierzowym. Użytkownik może zapomnieć o mozolnym dbaniu o czystość i higienę tych urządzeń. Ten typ miski WC jest o wiele bardziej ekonomiczny oraz bardziej ekologiczny niż poprzednie rozwiązanie. System bezkołnierzowy pozwala na dystrybuowanie wody wzdłuż całego wewnętrznego obwodu misy. Wyeliminowanie niewidocznych dla oczu przestrzeni wewnątrz misy skutkuje likwi-

dacją miejsc, w których do tej pory gromadził się brud. Tradycyjne misy wymagały zastosowania bardzo silnych środków czyszczących, które też nie zawsze dawały gwarancję doprowadzenia powierzchni do stanu sterylnej czystości i świeżości. System ten pozwala zaoszczędzić nawet do 30% wody.

Kolejnym nowym innowacyjnym rozwiązaniem są mechanizmy dyskretnego opadania. Opierają się one na szczególnym systemie amortyzacji, który wycisza i spowalnia opadanie deski WC. Rozwiązanie to eliminuje całkowicie ryzyko uszkodzenia ceramiki czy samej deski. Deska jest wykonana ze specjalnego tworzywa o nazwie Duroplast. Tworzywo to było w przeszłości wykorzystywane do produkcji karoserii samochodów marki Trabant. Tworzywa sztuczne już na trwałe zagościły w łazience. Żywice akrylowe, poliestrowe i epoksydowe są komponentem do wytwarzania wanien, umywalek i brodzików. Wymieszana w odpowiednich proporcjach od 15 do 25% żywica z mączką dolomitową o odpowiedniej frakcji ziarna tworzy tak zwany lany marmur [6]. Wierzchnią warstwę wykonanego z tego materiału produktu stanowi biały żelkot. Wykonane za pomocą tej metody produkty charakteryzują się dużą wagą. Stanowi ona ograniczenie podczas procesu projektowego. Projektant winien tak obmyślić kształt wanny, żeby masa całkowita wanny wypełnionej wodą, z osobą kąpiącą się, nie przekroczyła normy budowlanej dla sprzętów znajdujących się na wyższych kondygnacjach budynku. Stąd powstał pomysł na „odchudzenie" ścianek produktu do 8 mm. Jest to możliwe przez zastosowanie pod warstwą białego żelkotu grubszych mat szklanych. Wzmacniają one ścianki i przy cieńszym profilu zachowują jego poprzednie właściwości. Armaturę poddano zabiegowi zmniejszenia wagi produktu. Korpusy baterii wykonywane są obecnie z mniejszej ilości materiału. Zabieg taki powodował zwiększenie głośności przepływającej przez baterię wody. Producenci baterii zostali zmuszeni do przekonstruowania mieszaczy wody, żeby produkt mieścił się w normie emisji ilości dopuszczalnych decybeli. Kolejną innowacją w bateriach było skonstruowanie jeszcze mniejszych od tradycyjnych wkładów mieszających. Armatura nie musi być już teraz tak duża. Mogą powstawać delikatniejsze i lżejsze w formie produkty. Armatura łazienkowa jest doskonałym przykładem na to, jak dużo innowacyjnych projektów powstaje i jak wiele może jeszcze nowych powstać. Firma Hansa w rączkach prysznicowych wprowadziła strumień laminarny wody, Hansgrohe zastosował wypukłe bezpieczne przyciski zmiany funkcji, Vitra – panele ozonujące powietrze; są to przykłady pracy nad nowymi rozwiązaniami technicznymi.

5.2. Materiały

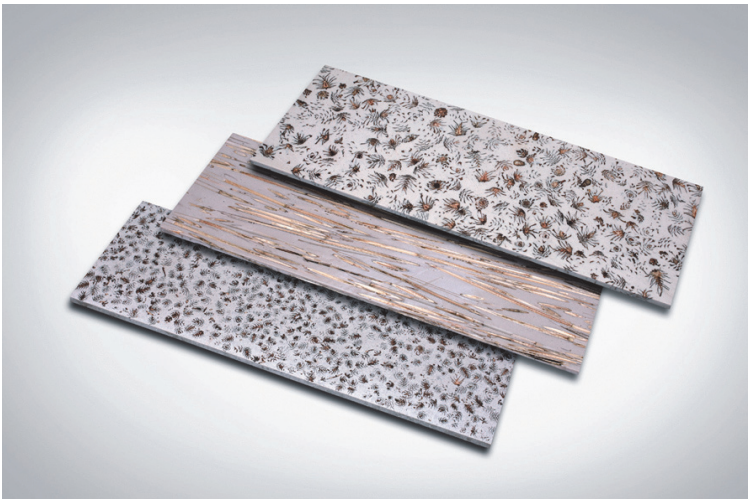
Na rynku wyposażenia wnętrz łazienek każdego roku pojawiają się nowe wzory, a wśród nich produkty z nowych materiałów. Ze specjalnie dobranych naturalnych surowców, takich jak skaleń, kwarc, glina i dwutlenek tytanu, powstał nowy materiał Tytan Ceram do produkcji wyrobów ceramicznych – umywalek i misek ustępowych. Umożliwia on tworzenie z jednej strony deli-

katnych i lekkich produktów, z drugiej zaś – przedmiotów wytrzymałych, trwałych i odpornych. Drugim sposobem na obniżenie masy produktu jest zastosowanie nowego wypełniacza. Masę dolomitową zastąpiono pianką poliuretanową. Cały proces produkcji jest bardzo podobny, z tą różnicą, że w miejsce masy dolomitowej tłoczona jest przez system odpowiednio przygotowanych w formie otworów pianka poliuretanowa. Produkt jest cztery razy lżejszy od wykonanego z wykorzystaniem metody tradycyjnej. Oprócz tego możliwe jest wykonanie szerszych przekrojów. Ma to wpływ na swobodniejsze myślenie o kształcie i daje projektantowi dodatkowe pole do kreacji nowych pomysłów. Wszelkie uszkodzenia mechaniczne mogą być likwidowane u klienta. Nowy materiał jest również odporny na szoki termiczne i nie pęka. Pierwsze tego typu produkty spotkały się na rynku z dość chłodnym przyjęciem. Klienci zwracali uwagę, że są one za lekkie. Mentalnie nie byli jeszcze przygotowani na aż tak dużą zmianę jakościową. Dlatego producenci dociążają gotowe wyroby przez wypełnianie ich rozdrobnionymi odpadami poprodukcyjnymi z linii, na których odlewane są wyroby z tradycyjnego lanego marmuru. Zabieg ten znacząco obniża koszty związane z utylizacją odpadów i wpływa również na cenę wytworzenia produktu. Marcin Jędrzak przy współpracy z firmą Brenor wdrożył do produkcji umywalkę wolnostojącą (rys. 2) i umywalkę nablatową – wykonane w technologii poliuretanowej.

Rys. 2. Umywalka wolnostojąca
Fig. 2. Freestanding washbasin

Wcześniej wkłady z poliuretanu stosowane były przy produkcji głębokich wyciąganych na większą wysokość brodzików akrylowych. Stanowiły one alternatywę dla rozwiązań metalowych konstrukcji nóżek. Materiał ten jest świetnym termoizolatorem. Przy znaczącej różnicy temperatur nie występuje na produkcie zjawisko skraplania się rosy. Na rynku wyposażenia wnętrz można zauważyć wyraźną tendencję do powrotu do natury. Zaczęło się od kolorów ziemistych, ugrów i antracytów stosowanych we wnętrzach. A teraz coraz częściej można znaleźć w ofercie handlowej produkty wykonane z naturalnych materiałów odpowiednio zabezpieczonych przed czynnikami zewnętrznymi. Naprzeciw takim oczekiwaniom wychodzi utworzona przez Marcina Jędrzaka marka produktów Biosurface: „Zdecydowanie przeciwny jestem stosowaniu we wnętrzach materiałów imitujących przyrodę. Coś, co ma udawać coś innego, zawsze będzie tylko kopią oryginału. To, co bywa wadą w produkcie wytwarzanym metodami na masową skalę, jest kwintesencją piękna materiałów pozyskanych wprost z otaczającego nas świata" [4]. Przedmioty codziennego użytku zaprojektowane zostały z nowego materiału. Powstał on na bazie żywicy poliestrowej wymieszanej z mączką dolomitową, z wykorzystaniem wkładu organicznego – szyszek, wikliny czy kory drzew. Wierzchnia warstwa zabezpieczona jest specjalną powłoką akrylową uniemożliwiającą wnikanie wilgoci w strukturę materiału. Wykorzystano materiał organiczny, który pozostawiony w naturze ulegałby okresowej biodegradacji. Zatopienie go w spoiwie pozwala zachować go na dłużej i może być akcentem we wnętrzu bezpośrednio odwołującym się do natury. Opracowano technologię, która pozwala za pomocą metod przemysłowych wytwarzać blaty (rys. 3), okładziny (rys. 4) oraz przestrzenne obiekty. Powstały projekty stolików kawowych, donic ogrodowych oraz umywalek wolnostojących i nablatowych (rys. 5, 6).

Rys. 3. Blat Biosurface zastosowany w stoliku kawowym
Fig. 3. Biosurface top used in coffee table



Rys. 4. Okładziny ścienne Biosurface
Fig. 4. Biosurface wall claddings

Rys. 5. Umywalka nablatowa Biosurface – szyszka sosnowa
Fig. 5. Biosurface countertop washbasin – pine cone

Rys. 6. Umywalka nablatowa Biosurface – trzcina
Fig. 6. Biosurface countertop washbasin – reed

5.3. Związek projektowanych obiektów z otoczeniem (stylem wnętrza)

Każde wnętrze w przestrzeni domu jest inne i wymaga przedmiotów dostosowanych do jego specyfiki. Wyposażenie domu jest wyrażeniem ekspresji domowników. Łazienka jest bardzo trudną pod względem projektowym przestrzenią. W jej wnętrzu panują specyficzne warunki. Woda jest trudnym żywiołem do okiełznania. I niezależnie od szerokości geograficznej w pomieszczeniu tym stosowane są specjalne materiały. Mają one takie cechy, jak niska nasiąkliwość, łatwość w czyszczeniu, twardość, a zarazem odporność na zarysowania czy też wysoki współczynnik UV, czyli odporność na przebarwienia. Zachowanie higieny i czystości wnętrza jest priorytetowe, stąd materiały mają właściwości antybakteryjne i antygrzybicze. Szkliwiona ceramika, wyroby akrylowe, hartowane szkło, konglomeraty marmurowe, impregnowane egzotyczne gatunki drewna to materiały najczęściej występujące we wnętrzach łazienkowych. Wyparły emaliowane metalowe wanny i misy kąpielowe. Powstają produkty wciąż nowe, ulepszone, lżejsze, bardziej odporne i bezpieczniejsze.

6. TRENDY W PROJEKTOWANIU PRZEDMIOTÓW (OBIEKTÓW) I ARANŻACJI WNĘTRZ

Każdy dział marketingu ma wiedzę na temat stylów w projektowaniu i gustów konsumenckich. Wiedza ta poparta jest badaniami i obserwacją zjawisk zachodzących na rynku. Jest usystematyzowana i precyzyjnie nazwana. Dzięki temu można w sposób świadomy i konsekwentny kształtować wizerunek firmy. Jest to język, jakim posługują się ludzie marketingu, którzy chcą mieć wszystko nazwane. Wychodzą z prostego założenia, że proces projektowania również da się zmierzyć, określić i nazwać. Dla projektanta bardzo trudne jest poddanie się takiemu sposobowi myślenia. Projektant przecież musi wnosić ideę, swój wła-

sny osobisty styl, który mimo że jest w pewnym przyjętym przez marketing kanonie, powoduje, że produkt jest oryginalny i ma większe szanse na odróżnienie się od wzorów konkurencji. Podczas współpracy z klientami korporacyjnymi Marcin Jędrzak spotkał się ze zdefiniowaniem stylów w projektowaniu i aranżacji wnętrz. Istnieje siedem głównych stylów europejskich, siedem lokalnych stylów o znaczeniu strategicznym i cztery style bez znaczenia strategicznego. Do głównych stylów europejskich należą: Conventional Modernity – konwencjonalna nowoczesność, Urban Chic – miejski szyk, Natural Purism – naturalna prostota, Upper Bourgois – wyższy burżuazyjny, Mediterranean Country – śródziemnomorski, Essential&Minimal – niezbędny minimalizm i English Cottage – angielska wieś. Wśród lokalnych stylów najważniejsze są: Conventional Coziness – konwencjonalny komfortowo-przytulny, Romantic Coziness – romantyczno-przytulny, Traditional Rustic – tradycyjno-rustykalny, Modern Rustic – nowoczesno-rustykalny, Victorian Reference – wiktoriański, Polish Social – polski socjalny, Polish Rustic – polski rustykalny. Tymczasem cztery style bez strategicznego znaczenia to: Ethno, Retro 50/60/70, Art Deco i Zen. Wymienione style zostały szczegółowo opisane i ich udział w rynku dokładnie określony. Są to ramy pojęciowe utworzone przez działy marketingu po to, aby lepiej dotrzeć do grupy docelowej. Nie znaczy to, że projektant nie może znaleźć dla siebie w tym schemacie myślowym miejsca. To przecież od jego wyobraźni w głównej mierze zależy, jak zaprojektowany przedmiot będzie wyglądać. 10–20% klientów lubi śledzić trendy i mody we wzornictwie wyposażenia wnętrz. 30% klientów w Polsce i ponad 50% w bogatych państwach Europy zwraca uwagę na wyposażenie łazienki. Przywiązują oni szczególną uwagę do tego, czy poszczególne elementy do siebie pasują. Wielu z nich odwiedza salony ekspozycyjne i przegląda produkty w internecie. Wszystkie grupy wiekowe wybierają styl Conventional Modernity. Urban Chic preferują klienci poniżej 40. roku życia. Najwięcej chętnych, którzy chcą urządzić swoje mieszkania w stylu Natural Purism, jest wśród ludzi młodych. W średnim wieku są klienci wybierający styl Mediterranean Country, natomiast style Upper Bourgois i English Cottage preferują klienci w wieku starszym. Styl Essential&Minimal znajduje uznanie wśród klientów w średnim wieku. Trendy na rynku wyposażenia wnętrz każdego roku ulegają zmianie. Moda przychodzi i przemija. Dobry projektant swoim dziełem może się w nią wpisywać, ale nie powinno być to jego głównym celem. Należy starać się tworzyć rzeczy ponadczasowe. Wyraźną tendencją jest dążenie do tworzenia produktów o mniejszych przekrojach oraz lżejszych przy zachowaniu dotychczasowych właściwości związanych z ich wytrzymałością.

7. PODSUMOWANIE

Przestrzeń mieszkalna człowieka kształtowała się przez wieki. Z początkowej jednej komory mieszkalnej wyodrębniały się kolejne pomieszczenia o ściśle określonych funkcjach. Tak powstała między innymi przestrzeń łazienkowa. Łazienka nieodłącznie kojarzona jest z wodą i ablucją. Początkowo obmycie ciała miało charakter mistyczny i duchowy. Zanurzenie w wodzie było

symbolem powrotu do tego, co było wcześniej. Oznaczało regenerację i nowe narodzenie. Woda i jej religijne użycie spełniały ważną rolę w pradawnych cywilizacjach. Prasłowianie mieli w ziemlankach wygospodarowaną specjalną komorę zwaną łamziemlanką. Klepisko w niej było wyłożone ceramiką, a podstawowe wyposażenie stanowiły naczynia nocne i wanna dłubanka. Był to wypalony pień lipy, ręcznie dłubany, który podczas kąpieli nadawał ciału niepowtarzalnego zapachu. W późniejszych czasach powstawały wanny i umywalnie kamienne, drewniane i metalowe. O wiele bardziej kształtem i formą zbliżone do znanych współcześnie. Charakter miejsca również ewoluował. Higiena to słowo, które weszło do użytku na początku XIX wieku. Nie określa ono tylko zdrowia, ale całość środków i umiejętności sprzyjających jego utrzymaniu. „Dobrze oczyszczona skóra jest bardziej giętka, funkcjonuje i oddycha lepiej, skóra, bowiem oddycha tak jak płuca, a sen w takich warunkach daje wypoczynek o wiele bardziej regenerujący, nadający organizmowi tężyznę, nową energię" [2]. Obecnie łazienka nie jest tylko i wyłącznie odosobnionym miejscem ablucji, ale stała się przestrzenią, która wniknęła w strukturę domu i wzajemnie się z pozostałymi przestrzeniami przenika. W bardziej wyrafinowanych wnętrzach łazienek SPA pojawiają się nowe przedmioty: leżanki służące do relaksu, jacuzzi, urządzenia fitness, akcesoria do terapii światłem i dźwiękiem, kabiny prysznicowe z biczami wodnymi czy solaria do kąpieli słonecznych. Wnętrza domu stają się integralną spójną całością – nie tylko stylistyczną, ale również jednolitym systemem, nad którym użytkownik ma łatwą kontrolę. Zacierają się granice pomiędzy poszczególnymi obszarami funkcji. Ciągi komunikacyjne przenikają salon, który integruje się z przestrzenią kąpielową, a ta ostatnia wnika w sypialnię. Tak tworzone są przyjazne, pełne nastroju i harmonii wnętrza, w których człowiek czuje się dobrze. Sprzęty, które kiedyś były przypisane tylko do jednego konkretnego wnętrza, stają się uniwersalne i mogą zaistnieć w każdym otoczeniu. Dlatego tak ważną rolę w tym procesie pełni projektant. To on ze swoją wiedzą i doświadczeniem może przy współpracy z technikami i technologami kreować nowe potrzeby i funkcje.

LITERATURA

[1] BERGER J.: Sposoby widzenia. Fundacja Aletheia Warszawa, 2009.
[2] GALLARD T.: Notions d'hygiene a l'usage des institeurs primaires. Paris, 1868.
[3] JĘDRZAK M.: Najważniejsze jest zrozumienie. Publikator Łazienka 11, 2016.
[4] JĘDRZAK M.: Z krainy łagodności. Nie ma nudy w przyrodzie. Dobre Wnętrze 3, 2016.
[5] KAPUŚCIŃSKI R.: Ten inny. Znak Kraków, 2006.
[6] KŁOSOWSKA-WOŁKOWICZ Z., PĘCZEK P., KRÓLIKOWSKI W., CZUB P., PIELUCHOWSKI J., OSTRYSZ R.: Nienasycone żywice poliestrowe. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa, 2010.
[7] RAMS D.: Ten principles for good design, http://www.vitsoe.com/en/gb/about/dieterrams/gooddesign, 2012.
[8] RYD N.: The design brief as carrier of client information during the construction process. Design Studies 25(3), 2004, 231–249.
[9] SZALA J.: Podstawowe problemy współczesnej techniki i technologii. Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej Bydgoszcz, 1998.

ESTHETIC CRITERIA IN TECHNICAL OBJECTS DESIGN ON THE BASIS OF BATHROOM FACILITIES

Summary: The authors of this article have analyzed the problem of esthetic criteria in design. The process of design and construction of an object, its characteristics, criteria for assessment of structural solutions and limitations connected with specified technical, technological, operational and economic conditions have been discussed. Sanitary facilities, that is, objects which are the equipment of a bathroom have become an example used for the analysis. Special emphasis has been put on their geometric form, new technologies and structural solutions as well as new lightweight and bioorganic materials. The connection of the designed items with the environment (interior style) trends in design of objects and interior arrangements of interiors have been considered. The ideas and synthesis of the contemporary design and conditions of work involved in this difficult and demanding profession, provide the teaching basis for young designers who learn the trade.

Key words: new material, product design design, sanitary facilities

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 71–78
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Grzegorz SZALA, Monika RAK

TECHNICZNE ASPEKTY MODELOWANIA TKANINY I EKSPERYMENTALNE SPOSOBY PRACY Z MATERIAŁEM. CZĘŚĆ I

Streszczenie: Praca ma charakter edukacyjny i stanowi przegląd zagadnień podejmowanych w ramach Technicznych Aspektów Modelowania Tkaniny kluczowych dla pracy projektanta. To omówienie aktualnych sposobów pracy z materiałem, pozwalających na kreowanie eksperymentalnych i nowatorskich rozwiązań, a także wybór technik manipulacji, jak również niekonwencjonalnych metod pracy z tworzywem, pokazujący dynamikę działań w obrębie wzornictwa, ze szczególnym ukierunkowaniem na projektowanie tkaniny. Część pierwsza zawiera opis podstawowych zagadnień związanych z tkaniną, podejmowanych w ramach Technicznych Aspektów Modelowania w ramach edukacji projektowej. Część druga jest natomiast ukierunkowana na opis procesu projektowego na studiach wzorniczych, którego celem jest osiągnięcie nietypowych i nowatorskich rozwiązań w zakresie pracy z miękką, tkaną materią.

Słowa kluczowe: wzornictwo, projektowanie tkanin, tekstylia, tkanina, manipulacje tekstylne

1. WPROWADZENIE

Tkanina na przestrzeni ostatnich lat stała się istotnym obszarem ludzkiej kreacji, a wzmożoną aktywność na tym gruncie można zaobserwować zarówno w świecie mody, tekstyliów, jak również w obszarze sztuki i wzornictwa. Okazuje się, że projektanci chętnie sięgają po tkaniny jako materiał do pracy, odkrywając w nich cały wachlarz możliwości, jakie daje miękka materia. Stosując manipulacje tekstylne i zaawansowane techniki druku oraz kreując wzory, tworzą spektakularne realizacje i nowatorskie projekty, w których obok wizualnej formy proponują niezwykle funkcjonalne rozwiązania.

Świadomość materii oraz umiejętność pracy z danym materiałem odgrywają kluczową rolę w pracy projektanta. Tkanina, będąca zarazem miękkim, jak i niezwykle plastycznym tworzywem, poddającym się różnym zabiegom i manipulacjom, staje się materiałem, na którym można sprawdzać oraz testować rozmaite rozwiązania techniczno-wizualne. Z powodzeniem może być wykorzystywana zarówno jako materiał konstrukcyjny, wypełniający, jak i poszycie

dr hab. inż. Grzegorz SZALA, prof. nadzw. UTP, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: grzegorz.szala@utp.edu.pl
dr Monika RAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: monika.rak@utp.edu.pl

zewnętrzne w projektach wzorniczych. Jest tworzywem, które poprzez formowanie, a dalej eksperymentowanie pozwala kształtować świadomość materiałową oraz wizualną. Poszukiwanie autorskich rozwiązań z zakresu tkaniny odgrywa zatem istotną rolę w kształtowaniu myślenia materiałowego u projektantów, nie tylko tych zajmujących się modą i tekstyliami, ale wszędzie tam, gdzie projektuje się dla człowieka, a także tam, gdzie projektuje się to, co na ludzi oddziałuje.

Zasadne stało się zatem wprowadzenie powyższych zagadnień na studiach wzorniczych, aby obok pracy z podstawowymi materiałami „twardymi", takimi jak drewno oraz metal, tkanina pojawiała się jako materiał poszerzający myślenie o właściwościach i technicznych aspektach modelowania miękkiej materii oraz o formowaniu tworzywa o równie szerokim spektrum właściwości i zastosowań.

Tego typu model nauczania, skoncentrowany na technicznych aspektach modelowania powyższych materiałów ze szczególnym uwzględnieniem tkaniny, został wprowadzony w Zakładzie Wzornictwa na Wydziale Inżynierii Mechanicznej UTP w Bydgoszczy. Pracownia Technicznych Aspektów Modelowania Tkaniny jest prowadzona przez dr Monikę Rak, a w jej ramach realizowany jest autorski program kształcenia z zakresu tkaniny na specjalności Wzornictwo. Pozwala to na pełniejsze spojrzenie zarówno na możliwości techniczne, jak i wizualne aspekty pracy z danym materiałem.

Praca ma charakter dydaktyczny. Przedstawiono w niej zagadnienia techniczne realizowane w ramach pracowni oraz zaprezentowano całe spectrum możliwości modelowania miękkiej materii, co przyda się w pracy projektanta. W I części omówiono podstawowe zagadnienia dotyczące technicznych aspektów modelowania tkaniny. Proces projektowy oraz wybrane aktualia z zakresu dziedziny wraz z podsumowaniem zaprezentowano w części II.

2. PODSTAWOWE ZAGADNIENIA DOTYCZĄCE TECHNICZNYCH ASPEKTÓW MODELOWANIA TKANINY

Wykorzystywanie tkaniny i przygotowywanie próbek materiałowych przez świadome operowanie umiejętnościami manualnymi, jak i językiem formalnym stało się sposobem pracy praktykowanym w Pracowni Technicznych Aspektów Modelowania Tkaniny. Tak prowadzona pracownia na studiach inżynieryjnych uruchamia potrzebę eksperymentowania i poszukiwania autorskich środków wyrazu w obrębie materiału, a dalej w samych projektowanych przedmiotach, obiektach i przestrzeniach.

Pracownia Technicznych Aspektów Modelowania Tkaniny jest warsztatem manualnym przeznaczonym dla studentów Wzornictwa 2. i 3. roku, na którym podejmowane są zagadnienia techniczne związane z tkaniną, mające wprowadzić przyszłych projektantów w problematykę pracy z miękkim materiałem. Proces projektowy skoncentrowano na poszukiwaniu autorskich sposobów formowania tkaniny, projektowania tkanin z nietypowych materiałów oraz projektowania wzorów. Powstają próbki materiałowe i prototypowe bądź koncepcyjne rozwiązania tkaninowe lub rozwiązania związane z tekstyliami, które mogą zostać wdrożone w rozmaitych projektach wzorniczych.

Poniżej przedstawiono kluczowe zagadnienia, stanowiące bazę do manualnych zadań realizowanych przez adeptów sztuk projektowych. Podejmowane tematy zawężono do tych, których realizacja jest możliwa z uwagi na istniejące zaplecze maszynowe i możliwości techniczne Zakładu Wzornictwa, a ich wybór ma dawać możliwie całościowe spojrzenie na podstawowe aspekty pracy z tkaniną.

2.1. Projektowanie wzorów i cyfrowe metody druku na tkaninie

Jednym z kluczowych zagadnień podejmowanych w ramach Pracowni Technicznych Aspektów Modelowania Tkaniny jest projektowanie wzorów wraz z eksploracją tematów dotyczących aktualnie praktykowanych technik druku na tkaninie.

Komputer wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem jest podstawowym narzędziem projektowym. Jednak prace przygotowawcze realizowane są odręcznie, aby zrozumieć, na czym w ogóle polega projektowanie wzorów i związane z nim operowanie modułem, skalą i rytmem. To zadanie bardzo często jest już wprowadzane na zajęciach z rysunku projektowego (na 2. roku Wzornictwa), na których powstają linearne analizy wprowadzające w świat patternu.

Praca odręczna polegająca na rysowaniu, dalej komponowaniu i powielaniu zaprojektowanych elementów pozwala na zrozumienie istoty projektowania wzorów. Następnie powstałe elementy są transponowane na wersję cyfrową i już w programie graficznym wykonuje się czynności związane ze składaniem w moduły, skalą, rytmem oraz przygotowywaniem całego wzoru do druku (rys. 1, 2).

Rys. 1. Projekt wzoru na bazie motywów architektonicznych (projekt: Agnieszka Tabaczyńska – studentka kierunku Wzornictwo, WIM UTP w Bydgoszczy, praca realizowana pod kierunkiem dr Moniki Rak)

Fig. 1. Design of a pattern on the basis of architectural motifs (project: Agnieszka Tabaczyńska – student of Design, WIM UTP in Bydgoszcz, under supervision of Monika Rak PhD)

Rys. 2. Projekt wzoru na bazie motywów architektonicznych (projekt: Andrzej Kiliszek – student kierunku Wzornictwo, WIM UTP w Bydgoszczy, praca realizowana pod kierunkiem dr Moniki Rak)
Fig. 2. Project of a pattern on the basis of architectural motifs (project: Andrzej Kiliszek – student of Design, WIM UTP in Bydgoszcz, project under supervision of Monika Rak, PhD)

Porównanie technik multiplikacji z pogranicza monotypii z raportowaniem możliwym do zrealizowania w programie graficznym, a następnie zestawienie rysunku odręcznego z generowanym daje pełny obraz możliwości zarówno projektowych, jak i narzędziowych. Niekiedy cały proces jest przeprowadzony w oparciu o obróbkę ręczną, a czasem realizowany wyłącznie cyfrowo. W dużej mierze zależy to od narzędzi, które mają być wykorzystywane do osiągnięcia pożądanego efektu wizualnego lub zaplanowanego w projekcie sposobu druku.

Projektowane w pracowni wzory są przygotowywane do druku według obowiązujących w danym procesie standardów. Zaznaczyć należy, że druk cyfrowy obecnie należy do najchętniej praktykowanych metod, o czym z pewnością decyduje szeroki dostęp tego typu usług na rynku. Firmy specjalizujące się w druku na tkaninie są w stanie zrealizować zamówienia próbek w dowolnych rozmiarach, na różnych tkaninowych podłożach (kreton, satyna, płótno bawełniane, gabardyna i inne), a wielkość zadrukowanego obszaru jest ograniczona jedynie szerokością rolki zsynchronizowanej z ploterem drukującym. Metoda ta polega na stosowaniu wodnych atramentów pigmentowych utrwalanych w wysokiej temperaturze. Zaletą tego procesu jest jego bezpieczeństwo dla środowiska, jednak zadrukowane tkaniny wykazują mniejszą odporność na działanie światła, z czasem pigment traci nasycenie i płowieje. Jednak z uwagi na brak dostępu do warsztatu sitodruku jest to metoda, która umożliwia realizację zaprojektowanego wzoru na materiale właściwym i pierwsze zmierzenie się z tym tematem.

2.2. Manipulacje tekstylne oraz eksperymentalne sposoby pracy

Manipulacje tekstylne stanowią kolejne podstawowe zagadnienie realizowane w Pracowni Technicznych Aspektów Modelowania Tkaniny. W oparciu o znane od wieków sposoby formowania materiału tekstylnego, jak i eksperymentalne metody pracy polegające na jego efektywnym przekształcaniu manipulacje tekstylne wykorzystywane przez projektantów mody oraz tkanin jawią się jako techniki, które z powodzeniem mogą być stosowane w szeroko rozumianym wzornictwie.

Poprzez użycie odpowiednich technik manipulacji, takich jak składanie, plisowanie, pikowanie, i innych zabiegów technicznych można przetwarzać materiał wyjściowy w ściśle określony lub nowatorski sposób. Dzięki manipulacjom tekstylnym możliwe jest m.in. nadanie pożądanej faktury, uwypuklenie struktury, uprzestrzennienie i wiele innych zabiegów przekształcających formalnie materiał tkany bądź tekstylny (rys. 3, 4). Zaznaczyć należy, że wykorzystanie tych technik do przekształcania nietypowych materiałów, tych związanych z tekstyliami lub nietekstylnych, daje o wiele szerszy wachlarz możliwości pracy w obrębie danego tworzywa i samych manipulacji (rys. 5). Takie spojrzenie na techniczne aspekty modelowania materiału i eksplorowania jego właściwości daje możliwość kreacji, zmierzającej w kierunku poszukiwania innowacyjnych rozwiązań i wdrażania nowatorskich sposobów formownia rozmaitych materiałów (rys. 6). Należy jednak rozróżnić, że tworzywo charakteryzuje się wyłącznie strukturą, natomiast materiał – strukturą i kształtem, na co wskazywał już Janusz Dietrych [2].

Rys. 3. Przykład manipulacji tekstylnych (projekt: Eliza Sikora – studentka kierunku Wzornictwo, WIM UTP w Bydgoszczy, praca realizowana pod kierunkiem dr Moniki Rak)
Fig. 3. Example of textile manipulation (project: Eliza Sikora – student of Design, WIM UTP in Bydgoszcz, project supervised by Monika Rak, PhD)

Rys. 4. Przykład manipulacji tekstylnych (projekt: Marlena Pestka – studentka kierunku Wzornictwo, WIM UTP w Bydgoszczy, praca realizowana pod kierunkiem dr Moniki Rak)
Fig. 4. Example of textile manipulation (project: Marlena Pestka – student of Design, WIM UTP in Bydgoszcz, project supervised by Monika Rak, PhD)

Rys. 5. Próbka tkaniny eksperymentalnej (projekt: Irena Kochańska, Łukasz Wojciechowski – studenci kierunku Wzornictwo, WIM UTP w Bydgoszczy, praca realizowana pod kierunkiem dr Moniki Rak)
Fig. 5. Sample of experimental fabric (project: Irena Kochańska, Łukasz Wojciechowski – students of Design , WIM UTP in Bydgoszcz, project supervised by Monika Rak, PhD)

Rys. 6. Projekt tkaniny modyfikowalnej (projekt: Kamila Kawczyńska – studentka kierunku Wzornictwo, WIM UTP w Bydgoszczy, praca realizowana pod kierunkiem dr Moniki Rak)
Fig. 6. Project of modifiable (diploma project: Kamila Kawczyńska – student of Design, WIM UTP in Bydgoszcz, diploma work supervised by Monika Rak, PhD)

Warto podkreślić, że różne źródła przedstawiają odmienną systematyzację technik manipulacji, a pełen i zamknięty ich podział nie jest możliwy. Szerzej to zagadnienie opisała Simon Clarke w pozycji [1], w której pikowanie, aplikacja, plisowanie i cięcie laserem zostały przedstawione jako kreatywne i innowacyjne sposoby pracy z materiałem, wykorzystywane przez projektantów. Paul Jackson traktuje natomiast cięcie, składanie i plisowanie jako techniki niezwykle cenne w pracy projektanta, prezentując w kolejnych publikacjach, takich jak „Folding Techniques for Designers: From Sheet to Form" [4] lub „Complete Pleats: Pleating Techniques for Fashion, Architecture and Design" [5], uniwersalne sposoby pracy, jednocześnie pokazując cały wachlarz możliwości formowania z nich wynikający. W 2014 roku Lidewij Edelkoort oraz Philip Fimmano (jako kuratorzy) zaproponowali wystawę „Gathering. From Domestic Craft to Contemporary Process" [3], podczas której manipulacje tekstylne stały się kluczem systematyzowania designu prezentowanego w trakcie tego wydarzenia. Takie ujmowanie wskazuje na niezwykłą aktualność tych zagadnień właśnie w sferach dotyczących projektowania.

3. PODSUMOWANIE CZĘŚCI I

Edukacja na studiach wzorniczych realizowana w ramach Pracowni Technicznych Aspektów Modelowania z ukierunkowaniem na tkaninę okazuje się być pomocna w kształtowaniu świadomości materiałowej i modelarskiej młodych adeptów sztuk projektowych. Poznanie podstawowych zagadnień związa-

nych z miękką materią, takich jak projektowanie wzorów oraz manipulacje tekstylne, daje podstawę do kreowania bardziej eksperymentalnych i nowatorskich rozwiązań, co omówiono w II części pracy.

Zaznaczyć należy, że „możliwości kreacyjne, jakie daje aktualnie tkanina, wskazują, że oprócz tego, że jest to tkana materia, która kształtowana w określony sposób nabiera formy, jest ona również medium, językiem o niezmierzonej pojemności i otwartości na artystyczno-projektowe eksperymenty" [6].

LITERATURA

[1] CLARKE S.: Textile design. Laurence King London, 2011.
[2] DIETRYCH J.: Podstawy konstrukcji maszyn. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa, 1973.
[3] EDELKOORT L., FIMMANO P.: Gathering. From Domestic Craft to Contemporary Process, exhibition catalogue. Design Museum Holon, 2014.
[4] JACKSON P.: Folding Techniques for Designers: From Sheet to Form. Laurence King London, 2011.
[5] JACKSON P.: Complete Pleats: Pleating Techniques for Fashion, Architecture and Design. Laurence King London, 2015.
[6] RAK M.: Tkanina jako pole działań na styku sztuki i projektowania. Postępy w Inżynierii Mechanicznej 8(4), 2016, 93–98.

TECHNICAL ASPECTS OF FABRIC MODELING AND EXPERIMENTAL METHOD OF WORKING WITH MATERIAL. PART I

Summary: This article is a didactic presentation. It covers selected topics in the field of education in the area of design. The aim of this article is to present technical issues dealt with as part of the program implemented in the laboratory and the whole range of possibilities of modeling soft fabrics which are useful in a designer's work as well as main problems concerning technical aspects of Fabric Modeling (Part I), the process of design and selected novelties from the respective field (Part II). This article presents a review of issues connected with Technical Aspects of Fabric Modeling which are of key importance for a designer. It includes discussion of current methods for working with a fabric in order to create experimental and innovative solutions. It contains selection of handling techniques as well as unconventional methods of working with a material highlighting dynamics of activities in the field of industrial design, with special emphasis on fabric design.

Key words: design, design education, fabric design, textiles, fabric, textile manipulations

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING
10(5)/2017, 79–94
Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Waldemar WINTER, Bogdan ŻÓŁTOWSKI

WIELOKRYTERIALNA ANALIZA ZDARZEŃ DROGOWYCH

Streszczenie: W pracy zaprezentowano problematykę bezpieczeństwa ruchu drogowego ze szczególnym uwzględnieniem ujęcia antropotechnicznego, czyli w opisie: użytkownik – pojazd – droga, a więc elementów występujących w większości prowadzonych analiz związanych z problematyką bezpieczeństwa ruchu drogowego. Podjęto próbę utworzenia opisu i zbadania systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego w ujęciu antropotechnicznym; przypisano do poszczególnych elementów tego systemu (człowiek – pojazd – droga) wyróżniki jakościowe opisujące stan składowych tego systemu i nadano wyselekcjonowanym i ważnym wyróżnikom wartości liczbowe, które następnie z wykorzystaniem metod analizy statystycznej umożliwiły zbudowanie modelu bezpieczeństwa ruchu (BRD). Przytoczono dane statystyczne z wypadków drogowych w poprzednich latach z wyróżnieniem poszczególnych elementów systemu antropotechnicznego.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo ruchu drogowego, zdarzenia drogowe, system antropotechniczny, statystyka wypadków drogowych, modele

1. WSTĘP

Obecnie obserwuje się wiele problemów wynikających ze złego funkcjonowania systemu transportu, szczególnie w zakresie nadmiernej ilości zdarzeń drogowych. Ze wszystkich gałęzi transportu najbardziej niebezpieczny jest transport drogowy i to on przynosi największe straty wyrażone liczbą ofiar oraz straty materialne liczone w mld zł.

Trudna sytuacja na drogach przedstawiona została w ujęciu antropotechnicznym, z wyróżnieniem składowych głównych opisu systemowego bezpieczeństwa ruchu drogowego, obejmujących: kierowcę, pojazd i drogi. Takie ujęcie umożliwia scharakteryzowanie wyróżnikami stanu poszczególne składowe tego systemu, decydujące o przebiegu zdarzeń drogowych i wskazujące na zakres niezbędnych działań w zakresie kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego.

W pracy podjęto się rozważenia określonego zagadnienia polegającego na utworzeniu opisu i zbadaniu systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego w ujęciu antropotechnicznym, przypisaniu do poszczególnych elementów tego systemu (człowiek – pojazd – droga) wyróżników jakościowych opisujących stan

dr inż. Waldemar WINTER, Wydział Uprawnień Komunikacyjnych Urząd Miasta Bydgoszcz, e-mail: waldemar.winter@um.bydgoszcz.pl
prof. dr hab. inż. Bogdan ŻÓŁTOWSKI, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, e-mail: bogdan.zoltowski@utp.edu.pl

składowych tego systemu i nadaniu wyselekcjonowanym i ważnym wyróżnikom wartości liczbowych, które następnie z wykorzystaniem metod analizy statystycznej umożliwiły zbudowanie modelu bezpieczeństwa ruchu (BRD).

Podstawą wykonania szczegółowej oceny BRD są charakterystyki obejmujące opis i analizę statystyczną pozyskanych danych w zakresie kształtowania: **umiejętności kierowcy**, **stanu technicznego pojazdu** oraz **środowiska drogi**. Oceny te dotyczą głównie określenia związków między cechami drogi, stanem technicznym pojazdu a błędami użytkowników drogi prowadzącymi do określonych zdarzeń drogowych.

W pracy przedstawiono próbę zbudowania „modelu bezpieczeństwa ruchu drogowego", który stanowi podstawę do oceny jakości i kształtowania liczby wypadków drogowych. Model ten zbudowano w oparciu o modele cząstkowe wyznaczone dla badanych składowych systemu antropotechnicznego, do budowy których wykorzystano dane ze statystyk wypadków za okres kilkudziesięciu ostatnich lat. Elementy główne systemu antropotechnicznego (człowiek – pojazd – droga) zostały w miarę szczegółowo przedstawione w dalszej części, co umożliwiło rozpoznanie opisu i kształtowania głównych problemów w zakresie szkolenia kierowców, utrzymania zdatności i oceny stanu pojazdów oraz konstruowania i wykonywania wybaczających błędy kierowcy – dróg.

Opracowany model wynikowy bezpieczeństwa ruchu drogowego przedstawia szczegółowe procedury wyłaniania wyróżników głównych kierowcy, pojazdu i drogi, decydujących o liczbie i różnych aspektach zaistniałych zdarzeń drogowych. Dane z modelu głównego bezpieczeństwa ruchu drogowego zostały zweryfikowane w praktyce na zdarzeniach zaistniałych wypadków drogowych i potwierdzają słuszność rozwiązań oraz decydują o składowych warunkujących bezpieczeństwo ruchu drogowego, co winno stanowić przesłanki do jego pozytywnego kształtowania.

2. ANTROPOTECHNICZNE UJĘCIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Problematyka kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego obejmuje wiele składowych z różnych dziedzin. Zalicza się do nich zagadnienia techniczne (pojazd), problemy z dziedziny psychologii, medycyny i biomechaniki (kierowca) oraz otoczenie (infrastruktura – droga) i wiele innych [7]. Trudno się nie zgodzić, że każda działalność człowieka zachodzi w naturalnym otoczeniu, z wykorzystaniem różnych urządzeń technicznych. Uzasadnione jest zatem analizowanie bezpieczeństwa ruchu w powiązaniach systemu: człowiek – technika – środowisko.

Odpowiednikiem tego systemu w dziedzinie motoryzacji jest system K – P – D [6], czyli: kierowca (K) – pojazd (P) – droga (D), co wskazano na rysunku 1.

Rys. 1. Systemowe ujęcie problematyki kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego
Fig. 1. Systematic approach to shaping traffic safety

Takie ujęcie zagadnienia wskazuje, że konieczne jest uwzględnienie w opisie zdarzeń drogowych wielu aspektów: stanu technicznego pojazdu, jakości drogi, elementów psychologii i postaw działaniowych kierowcy, odporności ciała człowieka na obciążenia zewnętrzne, oddziaływania środowiska itp. W pracy zaproponowano opis i badania bezpieczeństwa ruchu drogowego w ujęciu antropotechnicznym. Pod pojęciem systemu antropotechnicznego można rozumieć system utworzony dla użytkowników dróg w celu zrealizowania określonego zadania, składający się z następujących elementów: kierowcy, pojazdu i drogi, zlokalizowanych w środowisku (w pewnym „otoczeniu").

W analizie zagadnień dotyczących bezpieczeństwa ruchu drogowego system ten można zawęzić do analizy wspomnianego wcześniej systemu [6]:

kierowca (K) – pojazd (P) – droga (D)

Pod pojęciem „kierowca" należy rozumieć wszystkich użytkowników dróg, a więc użytkowników samochodów, motocykli (kierowców i pasażerów), rowerzystów, pieszych.

Elementy systemu K – P – D występują w większości prowadzonych analiz związanych z problematyką bezpieczeństwa ruchu drogowego. Zagadnienie oceny poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego nie jest zadaniem łatwym, a na potrzeby tej pracy zdefiniowano je w ujęciu:

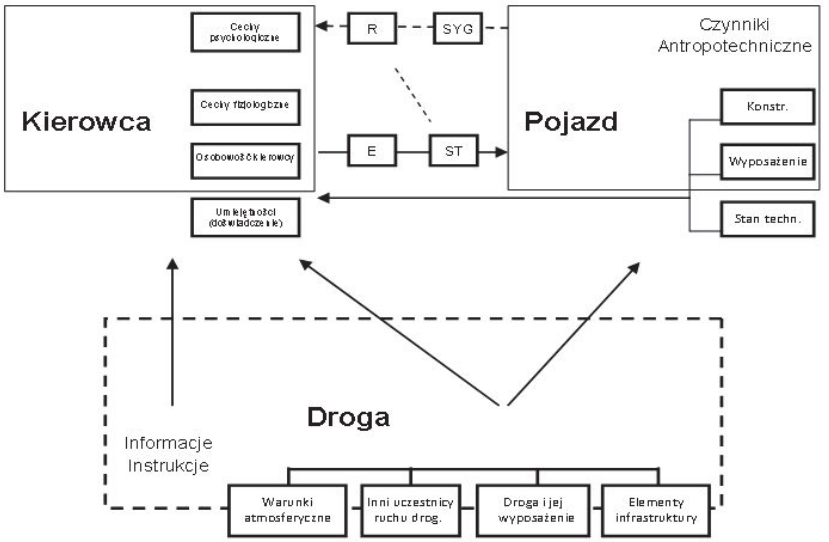
- umiejętności kierowców (K),
- konstrukcji samochodu (P),
- infrastruktury niezbędnej dla ruchu drogowego (D).

Źródłami informacji w badaniach związanych z systemami bezpieczeństwa drogowego są:

- dane statystyczne o kolizjach drogowych,
- rezultaty badań eksperymentalnych,
- wyniki symulacji komputerowych odtwarzających przebieg kolizji,
- analiza działania i wyposażenia pojazdów ze względu na ich wpływ na bezpieczeństwo.

Na rysunku 2 przedstawiono proponowany w pracy system antropotechniczny w ujęciu potrzeb badań zdarzeń drogowych, w którym wyróżniono cztery grupy zagadnień [2]:

- odbiór informacji od (pojazdu) przez (kierowcę),
- oddziaływanie kierowcy na pojazd poprzez urządzenia sterujące,
- oddziaływanie czynników środowiska (otoczenia) na kierowcę i pojazd,
- oddziaływanie czynnika antropotechnicznego i organizatorskiego na kierowcę.



SYG – Urządzenia sygnalizujące
ST – Urządzenia sterujące
R – Receptory
E – Efektory

Rys. 2. Układ antropotechniczny badania bezpieczeństwa zdarzeń drogowych
Fig. 2. An anthropotechnical investigation of road safety

Układ antropotechniczny metodycznie opisuje i określa relację pomiędzy środkiem technicznym (pojazdem) a człowiekiem w określonym środowisku zwanym otoczeniem.

W pracy poszukuje się cech głównych dla składowych systemu antropotechnicznego bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz relacji pomiędzy składowymi: K – P – D, szczegółowo kształtującymi bezpieczeństwo ruchu drogowego.

U podstaw takiego ujęcia zagadnień stoi założenie, że ludzie zawsze będą popełniać błędy, a system drogowy, odpowiednio zaprojektowany i realizowany, powinien być „wyrozumiały" dla ludzkich błędów. Powinien zatem ograniczać do minimum następstwa tych błędów tak, aby uniknąć ich najbardziej tragicznych skutków w obszarach:

- bezpiecznych zachowań uczestników ruchu,

- bezpiecznej infrastruktury drogowej,
- bezpiecznej prędkości,
- bezpiecznych pojazdów.

Bezpieczeństwo ruchu drogowego jest w polskim prawodawstwie ujęte w sposób nieadekwatny do problemu. Podstawowym dokumentem w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego jest ustawa Prawo o ruchu drogowym. Istnieje również wiele innych przepisów prawa wiążących się bezpośrednio lub pośrednio z systemem. Niestety obecne zapisy są rozproszone, mało precyzyjne lub niedostosowane do zmieniających się uwarunkowań zewnętrznych. Należy dążyć do ustawowego wskazania systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego jako ważnego problemu społecznego poprzez wprowadzenie jednej ustawy, która obejmie go w sposób całościowy.

Wyróżnienie i opis składowych głównych systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego umożliwiają opracowanie modeli cząstkowych i modelu głównego opisujących zmiany przyczynowo-skutkowe zaistniałych zdarzeń drogowych.

3. WYZNACZENIE WARTOŚCI WYRÓŻNIKÓW KRYTERIALNYCH

Na podstawie szczegółowej analizy danych statystycznych dotyczących wypadków drogowych z ostatnich ponad 20 lat, tj. z lat 1994–2015, wytypowano dla poszczególnych elementów układu antropotechnicznego (kierowca – pojazd – droga) wartości wyróżników kryterialnych przedstawionych w opracowaniu [4]. Do analizy statystycznej pozyskanych danych pomiarowych w badaniach użyto następujących metod:

- metody TAKSACJI – wartościowania jakości oraz przekształcania stanów jakościowych w ilościowe [3],
- metody OPTIMUM – szeregującej jakościową przydatność analizowanych wyróżników systemu antropotechnicznego [5],
- metody SVD – weryfikującej ilościowo istotne wyróżniki i wyznaczającej modele związania na etapie badań cząstkowych oraz model wynikowy (główny) sytemu antropotechnicznego zaprezentowanego w opracowaniu [9],
- metody regresji – wyznaczającej modele związania na etapie badań cząstkowych oraz model wynikowy (główny) sytemu antropotechnicznego analizowanego w opracowaniu [1].

3.1. Kierowca

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) opisujących kierowcę, opracowane na podstawie analizy danych statystycznych z ostatnich 20 lat.

Tabela 1. Zestawienie wyróżników kryterialnych opisujących kierowcę [4]
Table 1. List of criteria criteria describing the driver [4]

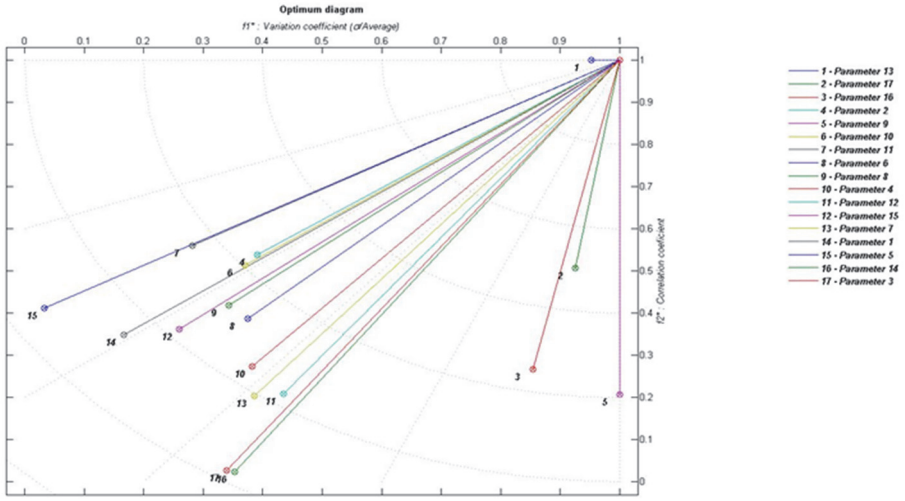
Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	ZACHOWANIE:			
	1 – niedostosowanie prędkości do warunków ruchu	0,9	0,7	0,8
	2 – niezachowanie bezpiecznej odległości	0,8	0,5	0,62
	3 – nieudzielenie pierwszeństwa przejazdu	0,7	0,5	0,58
	4 – nieprawidłowe manewry	0,6	0,3	0,44
	5 – jazda pod wpływem alkoholu	0,7	0,3	0,49
II	CECHY PSYCHOLOGICZNE:			
	6 – myślenie, pamięć, uwaga	0,5	0,3	0,38
	7 – spostrzeganie: czujność, senność	0,7	0,4	0,51
III	CECHY FIZJOLOGICZNE:			
	8 – wzrok: widzenie (pole widzenia, ostrość widzenia)	0,8	0,5	0,64
	9 – czas reakcji kierowcy	0,6	0,4	0,48
IV	SZKOLENIE:			
	10 – ośrodek szkolenia	0,5	0,3	0,38
	11 – liczba podejść do egzaminu	0,5	0,2	0,32
V	OSOBOWOŚĆ KIEROWCY:			
	12 – kierowcy agresywni	0,7	0,3	0,51
	13 – kierowcy inteligentni	0,6	0,3	0,42
	14 – znużenie, zmęczenie	0,6	0,3	0,45
	15 – odurzenie (leki, narkotyki)	0,4	0,2	0,31
	16 – napięcie emocjonalne, lęki, niezdecydowanie, opanowanie	0,4	0,2	0,28
	17 – płeć kierowcy – kobieta	0,5	0,3	0,38
	– mężczyzna	0,7	0,5	0,58

Wskazane wyróżniki charakteryzujące kierowcę w zdarzeniach drogowych w dalszym postępowaniu poddano ocenie jakościowej w ankietowaniu wśród 30 doświadczonych kierowców, co było podstawą oceny ich ważności w metodzie taksacji.

Praktycznie taksacja jest wygodną metodą oceny stanu takich kryteriów, jak kompozycja kształtu, harmonia kolorów, a w odniesieniu do zagadnień bezpieczeństwa ruchu drogowego – oceny np. stanu zdrowia kierowcy, poziomu jego wyszkolenia, stanu wyposażenia pojazdu, jego stanu technicznego czy też jakości drogi (stanu nawierzchni, wyposażenia, oświetlenia itp.).

Badania ankietowe, z uwzględnieniem przewidywanych w taksacji pięciu stopni oceny, zrealizowano wokół problemu ujętego w pytaniu: **Jaki jest wpływ poszczególnych wyróżników kryterialnych: kierowcy – pojazdu – drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego?**

Przypisanie wskazanym w badaniach statystycznych i ankietowych wyróżnikom (tab. 1) charakteryzujących kierowcę w zdarzeniach drogowych wartości liczbowych pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego wyróżników. Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników.



Rys. 3. Graficzna prezentacja wyniku zastosowania metody OPTIMUM
Fig. 3. Graphical presentation of the result of applying the OPTIMUM method

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji określono wpływ jakościowy wyróżników kierowcy na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, a te najbardziej zbliżone do punktu idealnego (1,1) wykorzystano do opisu modelu cząstkowego.

W badaniach kierowcy w metodzie OPTIMUM uzyskano następujące wyróżniki (parametry) do modelu cząstkowego:

- niezachowanie bezpiecznej odległości X_1 – parametr 2,
- czas reakcji kierowcy X_2 – parametr 9,
- doświadczenie kierowcy X_3 – parametr 13,
- napięcie emocjonalne, lęki, niezdecydowanie X_4 – parametr 16,
- płeć kierowcy: kobieta X_5 – parametr 17.

Parametry modelu cząstkowego systemu antropotechnicznego dotyczącego kierowcy wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki systemu antropotechnicznego nakierowane na podsystem „kierowca". Opisują one główne wyróżniki z obszarów: doświadczenia kierowcy, zachowania bezpiecznej odległości i prędkości, stanu fizycznego i emocjonalnego oraz wyróżniają kobiety jako dobrych kierujących pojazdami na drodze.

Istotne wskazania z tego modelu są wytycznymi dla zakresu merytorycznego szkolenia kierowców, dla treści kursów doskonalących kierowców; mogą

określać treści wychowania technicznego młodzieży. Kierowcy, ich przygotowanie i stan psychofizyczny stanowią główne ogniwo bezpieczeństwa ruchu pojazdów na drodze.

3.2. Pojazd

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) opisujących pojazd sporządzone na podstawie analizy danych statystycznych z ostatnich 20 lat.

Wskazane wyróżniki charakteryzujące pojazd w zdarzeniach drogowych w dalszym postępowaniu (podobnie jak u kierowcy) poddano ocenie jakościowej w ankietowaniu wśród 30 doświadczonych kierowców, co było podstawą oceny ich ważności w metodzie taksacji.

Tabela 2. Zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) dla pojazdu
Table 2. Criteria for the vehicle

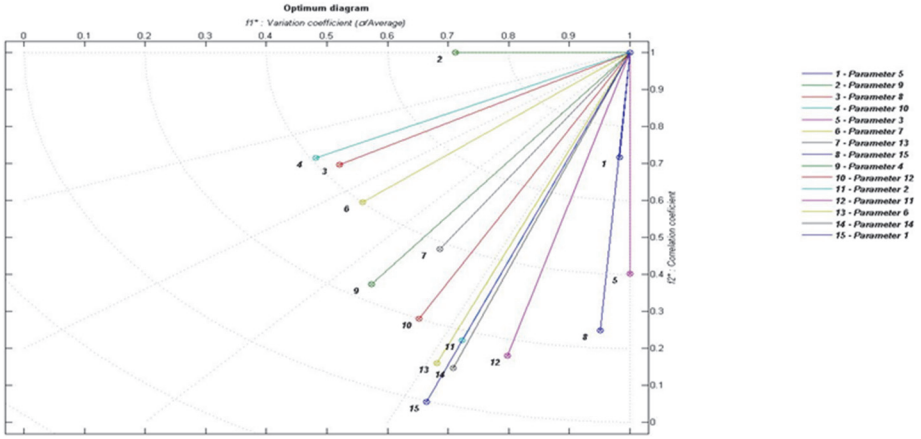
Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	OPIS POJAZDU:			
	1 – wiek i przebieg pojazdu	0,7	0,3	0,46
	2 – stopień zużycia	0,8	0,2	0,47
II	WYPOSAŻENIE POJAZDU:			
	3 – rodzaj i moc silnika	0,5	0,4	0,44
	4 – układ kierowniczy (wspomaganie)	0,6	0,4	0,46
	5 – układ hamulcowy: skuteczność hamowania, stateczność hamowania	0,7	0,3	0,49
	6 – zawieszenie: – drgania (tłumienie) – stateczność pojazdu – przyczepność (poślizg)	0,7	0,3	0,49
	7 – ogumienie: stan, rodzaj (zimowe, letnie)	0,7	0,3	0,48
III	BEZPIECZEŃSTWO BIERNE:			
	8 – pasy, poduszki, zagłówki, fotele	0,8	0,4	0,59
	9 – konstrukcja (strefa zgniotu – przeżycia)	0,7	0,5	0,6
IV	BEZPIECZEŃSTWO CZYNNE (urządzenia wspomagające pracę kierowcy):			
	10 – rozwiązania konstrukcyjne: ABS, ASR	0,6	0,4	0,5
	11 – wyposażenie: światła, lusterka, klimatyzacja	0,5	0,3	0,43
V	RODZAJ POJAZDU:			
	12 – samochód osobowy	0,7	0,6	0,66
	13 – samochód ciężarowy	0,6	0,5	0,56
	14 – motocykl, motorower	0,8	0,5	0,65
	15 – rower	0,6	0,4	0,51

Przypisanie wskazanym w badaniach statystycznych i ankietowych wyróżnikom (tab. 2) charakteryzujących pojazd w zdarzeniach drogowych wartości liczbowych pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego tych wyróżników. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników.

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji określono wpływ jakościowy wyróżników pojazdu na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, a te najbardziej zbliżone do punktu idealnego (1,1) wykorzystano do opisu modelu cząstkowego.

W badaniach pojazdu w metodzie OPTIMUM uzyskano następujące wyróżniki (parametry) do modelu cząstkowego:

- rodzaj i moc silnika X_1 – parametr 3,
- układ hamulcowy: skuteczność, stateczność X_2 – parametr 5,
- pasy, poduszki, zagłówki, fotele X_3 – parametr 8,
- konstrukcja pojazdu (strefa zgniotu) X_4 – parametr 9,
- rozwiązania konstrukcyjne ABS, ASR X_5 – parametr 10.



Rys. 4. Graficzna prezentacja wyników metody OPTIMUM dla wyróżników pojazdu
Fig. 4. Graphical presentation of the results of the OPTIMUM method for vehicles

Parametry modelu cząstkowego systemu antropotechnicznego dotyczącego pojazdu wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki nakierowane na podsystem „pojazd". Charakteryzują one głównie nowoczesność konstrukcji pojazdu i jego wyposażenie w elementy bezpieczeństwa czynnego i biernego oraz wskaźniki rodzaju napędu i hamowania jako ważne w dynamice jazdy na drodze. Istotne wskazania z tego modelu stanowią wytyczne dla projektantów i konstruktorów pojazdów oraz dla zakresu badania technicznego na stacji diagnostycznej. Jednoznaczne ukierunkowanie na obszary konstrukcyjne i organizacyjne utrzymania zdatności pojazdów stanowi o kierunkach działań doskonalących bezpieczeństwo ruchu pojazdu na drodze.

3.3. Droga

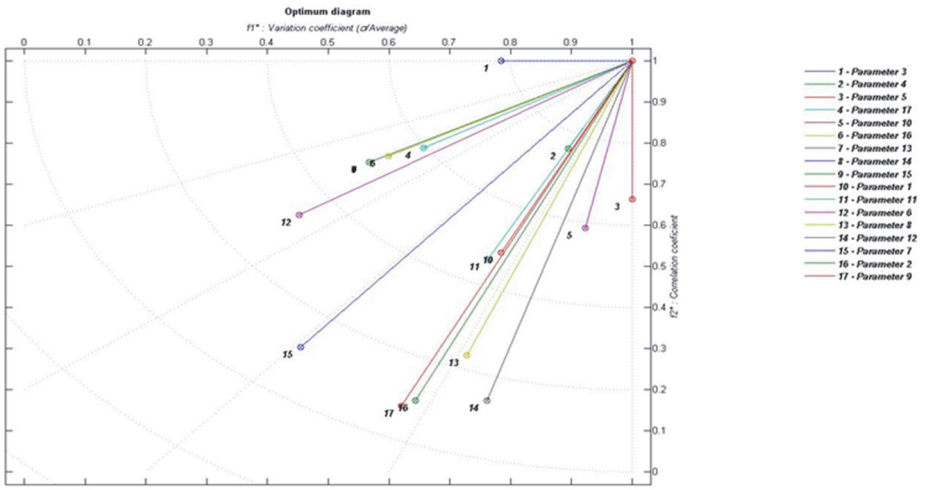
W tabeli 3 przedstawiono zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) opisujących drogę opracowane na podstawie analizy danych statystycznych z ostatnich 20 lat.

Przypisanie wskazanym w badaniach statystycznych i ankietowych wyróżnikom (tab. 3) charakteryzujących drogę w zdarzeniach drogowych wartości liczbowych pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego tych wyróżników. Na rysunku 5 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników.

Tabela 3. Zestawienie wyróżników kryterialnych dla drogi
Table 3. Criteria for the road

Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	RODZAJ (KLASA) DROGI:			
	1 – autostrada, droga ekspresowa	0,9	0,7	0,80
	2 – jednojezdniowa, poza obszarem zabudowanym	0,8	0,4	0,59
	3 – dwujezdniowa	0,8	0,5	0,59
	4 – dodatkowe pasy ruchu (pobocza)	0,6	0,4	0,51
	5 – chodniki, przejścia dla pieszych, pobocze (utwardzenie, szerokość)	0,7	0,5	0,58
	6 – rodzaj nawierzchni	0,7	0,3	0,51
	7 – widoczność: łuki, wzniesienia, oświetlenie	0,7	0,4	0,55
	8 – geometria: pochylenie, szerokość	0,5	0,4	0,44
	9 – skrzyżowania (węzły drogowe)	0,8	0,5	0,59
II	WYPOSAŻENIE DRÓG:			
	10 – bariery ochronne	0,5	0,4	0,49
	11 – znaki drogowe (oznakowanie pionowe, poziome)	0,5	0,4	0,44
	12 – sygnalizacja świetlna	0,7	0,5	0,61
III	WARUNKI ATMOSFERYCZNE:			
	13 – opady deszczu 14 – opady śniegu 15 – mgła 16 – wiatr 17 – słońce, temperatura	0,7	0,5	0,58

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji określono wpływ jakościowy wyróżników drogi na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, a te najbardziej zbliżone do punktu idealnego (1,1) wykorzystano do opisu modelu cząstkowego.



Rys. 5. Graficzna prezentacja wyników metody OPTIMUM dla wyróżników drogi
Fig. 5. Graphical presentation of OPTIMUM results for road markers

W badaniach wrażliwości wyróżników drogi w metodzie OPTIMUM uzyskano następujące wyróżniki do modelu cząstkowego:

- dwujezdniowa X_1 – parametr 3,
- dodatkowe pasy ruchu (pobocza) X_2 – parametr 4,
- chodniki, przejścia dla pieszych, pobocze X_3 – parametr 5,
- bariery ochronne X_4 – parametr 10,
- warunki atmosferyczne X_5 – parametr 17.

Parametry modelu cząstkowego systemu antropotechnicznego dotyczącego drogi wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki systemu antropotechnicznego nakierowane na podsystem „droga". Opisują one rodzaj drogi, dodatkowe pasy ruchu, bariery ochronne, chodniki, przejścia dla pieszych oraz uwzględniają warunki atmosferyczne. Istotne wskazania z tego modelu stanowią wytyczne dla projektantów i wykonawców nowych i modernizowanych dróg, co stanowi o działaniach doskonalących bezpieczeństwo ruchu na drodze.

4. OPRACOWANIE MODELU BRD W UJĘCIU ANTROPOTECHNICZNYM

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji dokonano oceny jakościowej oraz ilościowej poszczególnych wyróżników składowych systemu antropotechnicznego (K – P – D). Najlepsze z nich, a więc te najbardziej zbliżone do punktu idealnego, posłużyły do opisu tzw. modeli cząstkowych dla każdego podsystemu układu K – P – D.

W odniesieniu do poszczególnych elementów systemu antropotechnicznego uzyskano przedstawione istotne statystycznie wyróżniki, które określają wymogi i ich wpływ na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego. Scharakteryzowano więc opisowo wyznaczone wyróżniki, po pięć dla każdego podsystemu K – P – D, traktowane dalej jako składowe główne bezpieczeństwa systemu antropotechnicznego. Wyróżnione składowe wykorzystano dalej do budowy modelu głównego BRD, co zestawiono wstępnie jako 15 wyróżników kryterialnych w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie wyróżników kryterialnych K – P – D dla BRD
Table 4. K – P – D criteria for BRD

Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	KIEROWCA:			
	1 – niezachowanie bezpiecznej odległości	0,8	0,5	0,62
	2 – czas reakcji kierowcy	0,6	0,4	0,48
	3 – doświadczenie kierowcy	0,6	0,3	0,42
	4 – napięcie emocjonalne, lęki niezdecydowanie, opanowanie	0,4	0,2	0,28
	5 – płeć kierowcy: – kobieta	0,5	0,3	0,58
II	POJAZD:			
	6 – rodzaj i moc silnika	0,5	0,4	0,44
	7 – układ hamulcowy, skuteczność, stateczność	0,7	0,3	0,49
	8 – pasy, zagłówki, fotele	0,8	0,4	0,59
	9 – konstrukcja (strefa zgniotu – przeżycia)	0,7	0,5	0,65
	10 – rozwiązania konstrukcyjne – ABS, ASR	0,6	0,4	0,50
III	DROGA:			
	11 – dwujezdniowa	0,8	0,5	0,59
	12 – dodatkowe pasy ruchu (pobocza)	0,6	0,4	0,51
	13 – chodniki, przejścia dla pieszych, pobocze (utwardzenie, szerokość)	0,7	0,5	0,58
	14 – bariery ochronne	0,5	0,4	0,49
	15 – warunki atmosferyczne – słońce, temperatura	0,7	0,5	0,58

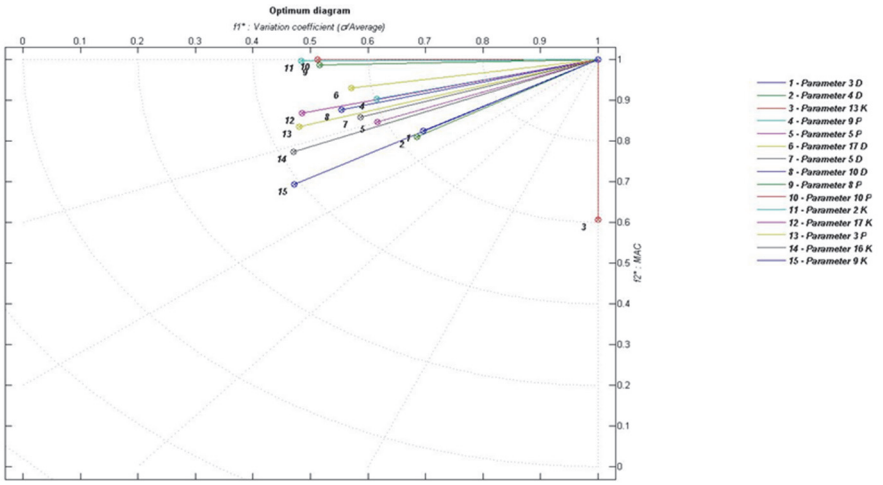
Dla poszczególnych elementów systemu antropotechnicznego składowe modeli cząstkowych charakteryzują system K – P – D opisany w sposób następujący:

- Kierowca – bezpieczny kierowca to osoba doświadczona, zachowująca bezpieczną odległość, we właściwy sposób i we właściwym czasie oraz w sposób przewidywalny reagująca na sytuacje drogowe; nie kieruje się emocjami, jest jednostką zdecydowaną, opanowaną i jest kobietą;
- Pojazd – bezpieczny pojazd charakteryzuje się odpowiednio dobrym silnikiem o stosunkowo dużej mocy, pozwalającym (w celu uniknięcia kolizji) we właściwym momencie należycie reagować na drodze. Pojazd ten ma odpowiedni układ hamulcowy, który charakteryzuje się właściwą skuteczno-

ścią hamowania oraz zapewnia odpowiednią stateczność pojazdu. W kabinie są ponadto strefy kontrolowanego zgniotu pochłaniające energię zderzenia samochodu, aby zabezpieczyć kierowcę i pasażerów. Pojazd taki jest wyposażony w urządzenia zarówno bezpieczeństwa biernego: pasy, fotele, poduszki i zagłówki, jak i bezpieczeństwa czynnego, czyli elektroniczne urządzenia wspomagające pracę kierowcy, np. ABS, ASR, ESP, BAS itp.;

- Droga – bezpieczna droga to droga dwujezdniowa, która ze względów bezpieczeństwa powinna być wyposażona w bariery ochronne oraz mieć utwardzone i o odpowiedniej szerokości pobocza, stanowiące w bardzo wielu sytuacjach dodatkowe pasy ruchu. Drogi te winny być wyposażone w chodniki i odpowiednio oznakowane przejścia dla pieszych. Najbezpieczniejsza jest jazda we właściwych warunkach atmosferycznych, a więc przy odpowiednim nasłonecznieniu i przy stosownej temperaturze.

Przypisanie wskazanym w badaniach modelowych i ankietowych wyróżnikom (tab. 4) charakteryzujących BRD wartości liczbowych pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego tych wyróżników. Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników BRD.



Rys. 6. Graficzna prezentacja wyników metody OPTIMUM dla wyróżników BRD
Fig. 6. Graphical presentation of OPTIMUM results for BRD specimens

Analiza wyników z procedur statystycznych 15 wyróżników BRD pozwala zaproponować do dalszych badań 5 składowych głównych modelu bezpieczeństwa, które obejmują podsystemy reprezentowane przez:

- Kierowcę: X_3 – parametr 13,
- Pojazd: X_1 – parametr 5, X_2 – parametr 9,
- Drogę: X_4 – parametr 3, X_5 – parametr 4.

Dla tych wyróżników K – P – D zbudowano model główny bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD):

$$BRD = 13{,}37\ X_1 - 17{,}02\ X_2 - 22{,}21X_3 + 6{,}38\ X_4 + 4{,}64X_5 + 18{,}46$$
$$R^2 = 0{,}42$$

Poszczególne składowe **x** dla wybranych elementów systemu antropotechnicznego K – P – D oznaczają:

x_1 – konstrukcja pojazdu (strefa zgniotu – przeżycia),
x_2 – układ hamulcowy: skuteczność i stateczność hamowania,
x_3 – doświadczenie kierowcy,
x_4 – droga dwujezdniowa,
x_5 – dodatkowe pasy ruchu (pobocza).

Parametry modelu głównego bezpieczeństwa ruchu drogowego wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki systemu antropotechnicznego. Opisują one zarówno kierowcę, pojazd, jak i drogę i wskazują na kierunki działań doskonalących bezpieczeństwo ruchu na drodze.

Otrzymany model można scharakteryzować następująco: bezpieczny kierowca to osoba z doświadczeniem potrafiąca w pełni wykorzystać nabytą wiedzę i umiejętności oraz odpowiednio reagować wobec nowych zadań i nowych sytuacji. Ważna jest umiejętność prawidłowego analizowania i interpretacji napływających informacji o aktualnej sytuacji drogowej oraz podejmowania decyzji adekwatnych do aktualnej sytuacji drogowej.

Bezpieczny pojazd ma konstrukcję, w której strefy kontrolowanego zgniotu pochłaniają energię zderzenia samochodu w celu zabezpieczenia kierowcy i pasażerów. Pojazd taki jest wyposażony w układ hamulcowy, który zapewnia skuteczność hamowania oraz stateczność hamowania, czyli zdolność samochodu do zachowania – w czasie hamowania – założonego przez kierowcę toru jazdy.

Bezpieczna droga to droga dwujezdniowa wyposażona w pobocza, gdyż wystarczająco szerokie pobocza często ułatwiają manewr wyprzedzania i wymijania.

5. WNIOSKI

Opracowane modele cząstkowe oraz model wynikowy K – P – D w sposób jednoznaczny wskazują, w jakim kierunku powinny zmierzać wszelkie działania w celu poprawy stanu BRD w Polsce.

W zakresie bezpieczeństwa pojazdu trudno jest zaproponować radykalne innowacje techniczne, głównie dlatego, że obecnie produkowane pojazdy są coraz bardziej bezpieczne, mają coraz doskonalsze rozwiązania konstrukcyjne oraz rozbudowane systemy elektroniczne wspomagające pracę kierowcy. System utrzymania zdatności pojazdów oraz obowiązkowe okresowe badania diagnostyczne zapewniają dobry stan techniczny, a kultura techniczna użytkowników jest też coraz lepsza.

Także stan dróg ulega ciągłej poprawie. Jak wynika z opracowanego modelu, bezpieczna droga to droga dwujezdniowa z poboczami, które czasami spełniają funkcje dodatkowych pasów ruchu. Przyznać należy, że budowane obecnie autostrady i drogi ekspresowe to często już „wybaczające błędy kierowcom drogi", a co wynika także z modelu cząstkowego BRD – wyposażone są one już w bariery ochronne. Budowane także ze względu na coraz większe natężenie ruchu drogowego obwodnice miast oraz wiele ulic w mieście to drogi dwujezdniowe, a więc także drogi bezpieczne.

Najwięcej do zrobienia jest w zakresie kierowcy, ponieważ to człowiek jest główną przyczyną i sprawcą większości kolizji i wypadków drogowych. Jak wynika z modelu BRD przedstawionego w pracy, bezpieczny kierowca to doświadczony kierowca, który zachowuje ponadto właściwą odległość między pojazdami, jest opanowany i pozbawiony lęków i jest kobietą.

Oczywiście nie ma możliwości zapewnienia, żeby wszyscy kierowcy byli w stanie spełnić wymogi (oczywiście poza płcią), jakie wynikają ze wspomnianego modelu BRD. I w tym właśnie należy upatrywać kierunków działań, które należy podjąć w celu poprawy stanu BRD na drogach. Trzeba zacząć przede wszystkim od istotnych zmian w systemie szkolenia przyszłych kierowców, które winno być bardziej ukierunkowane na wyszkolenie przyszłego, bezpiecznego kierowcy, a nie tylko na zdanie egzaminu.

Analiza danych wyróżników pomiarowych z badań ankietowych i modeli BRD sytemu K – P – D zaproponowanych w tej pracy, zweryfikowana na wielu (około 60 analiz) zdarzeniach drogowych ostatnich lat w woj. kujawsko-pomorskim, w pełni odzwierciedla stan bezpieczeństwa ruchu drogowego dokumentowany w „Kartach zdarzenia drogowego".

LITERATURA

[1] BOBROWSKI D.: Metody probabilistyczne w modelowaniu bezpieczeństwa systemów. Informator Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych 260(86), 1986.

[2] BONIECKI R., ŻÓŁTOWSKI B.: Kształtowanie systemów antropotechnicznych. KDT'96, tom II, 1996.

[3] KOLMAN R.: Zastosowania inżynierii jakości – poradnik. Oficyna Wydawnicza AJG Bydgoszcz, 2003.

[4] Krajowy program bezpieczeństwa ruchu drogowego GAMBIT 2005. Ministerstwo Infrastruktury Warszawa, 2005.

[5] TYLICKI H.: Optymalizacja systemu antropotechnicznego. XXXVII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 2009.

[6] WICHER J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKŁ Warszawa, 2002.

[7] WINTER W., ŻÓŁTOWSKI B.: Kształtowanie bezpieczeństwa ruchu drogowego pojazdów samochodowych. Diagnostyka 33, 2005.

[8] WINTER W., ŻÓŁTOWSKI B.: Czynniki techniczne w ryzyku powstawania wypadków drogowych. Mechanika 84, 2006.

[9] ŻÓŁTOWSKI B., ŁUKASIEWICZ M., KAŁACZYŃSKI T.: Techniki informatyczne w badaniu stanu maszyn. Wydawnictwa Uczelniane UTP Bydgoszcz, 2012.

MULTI-CRITICAL ANALYSIS OF ROAD TRAFFIC

Summary: The article presents the issues of road safety with particular emphasis on the anthropotechnical approach, in the description: user – vehicle – road, and therefore the elements occurring in most analyzes related to road safety issues. An attempt was made to create a description and study of the traffic safety system in an anthropotechnical sense, assigning individual elements of this system (human – vehicle – road) to qualitative characteristics describing the state of components of this system and assigning selected and important numerical values. Model of traffic safety (BRD). Statistical data on traffic accidents are presented in previous years, the distinction of particular elements of the anthropotechnical system was highlighted.

Key words: road safety, traffic accident, anthropotechnical system, traffic accident statistics, models

Lista recenzentów prac opublikowanych w numerach 9(5)2017 oraz 10(5)2017
Reviewers list publication published in issues 9(5)2017 and 10(5)2017

dr hab. Anna Bochenek	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Tomasz Buratowski	Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
dr hab. inż. Olaf Ciszak, prof. PP	Politechnika Poznańska
dr hab. inż. Lucjan Dąbrowski, prof. PW	Politechnika Warszawska
dr hab. inż. Piotr Doroszewski	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Tomasz Giesko, prof. nadzw. ITeE – PIB	Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu
dr hab. inż. Zbigniew Podkówka	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Szymon Grymek	Politechnika Gdańska
dr hab. inż. Janusz Kozak, prof. nadzw. PG	Politechnika Gdańska
dr hab. inż. Marek Macko, prof. UKW	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
dr hab. inż. Monika Madej, prof. PŚk	Politechnika Świętokrzyska
dr hab. inż. Maciej Matuszewski, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Klaudiusz Migawa, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Łukasz Muślewski, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. Tomasz Piskier, prof. PK	Politechnika Koszalińska
dr hab. inż. Jerzy Sawicki, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Dariusz Skibicki, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Dariusz Sykutera, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Grzegorz Szala, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr Piotr Tołoczko	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
prof. dr hab. inż. Franciszek Tomaszewski	Politechnika Poznańska
dr hab. inż. Andrzej Tomporowski, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. inż. Janusz Zachwieja, prof. nadzw. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
prof. dr hab. inż. Bogdan Żółtowski	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy