

Dr inż. Marian Kwatera; inż. Artur Szpinda
Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny
kwatera@mech.pk.edu.pl; szpinda.artur@gmail.com

PROJEKTOWANIE STANOWISKA WTŁACZANIA ŁOŻYSK

Streszczenie: W artykule przedstawiono kolejne kroki projektowania zmechanizowanego stanowiska do wtłaczania łożyska w korpusy pompy. Analogiczny tok projektowania można realizować dla zbliżonych tematycznie stanowisk mechanizujących operacje wtłaczania łożysk.

1. WSTĘP

Montaż elementów i zespołów urządzeń, których charakterystyka pasowania nie wymaga dużych sił nacisków może być z powodzeniem realizowany na prasie z obsługą ręczną, wiąże się to jednak ze znacznym wydatkiem energetycznym pracownika i dłuższym czasem realizacji połączenia.

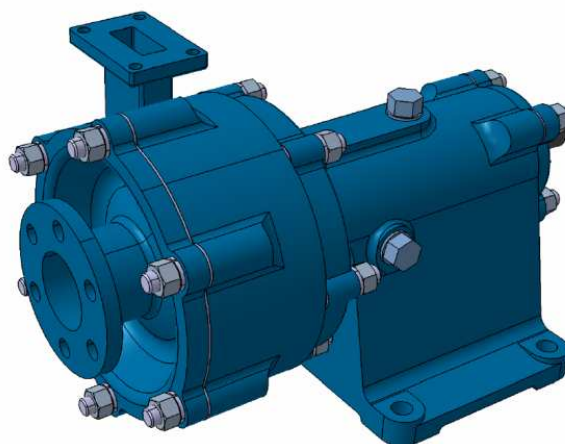
W produkcji seryjnej uzasadniona jest mechanizacja a nawet automatyzacja operacji poprzez stosowanie specjalnych stanowisk montażowych przyspieszających oraz ułatwiających pracę. Wymaga to przeprowadzenia pewnych obliczeń, oraz opracowania projektu stanowiska montażowego. Proces projektowania może być skrócony, przy równoczesnym ograniczeniu kosztu wykonania stanowiska, poprzez wykorzystanie dostępnych typowych elementów oferowanych przez specjalistyczne firmy.

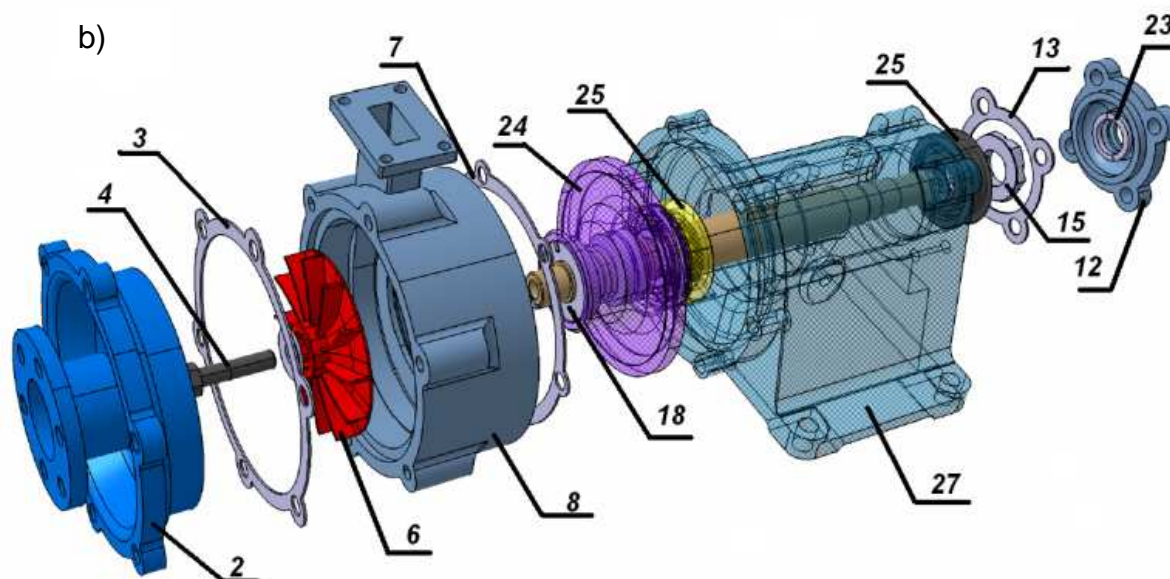
2. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Produkt dla którego ma być projektowane stanowisko montażowe to pompa odśrodkowa, przeznaczona jest do pompowania cieczy z wydajnością $60\text{m}^3/\text{h}$ pod ciśnieniem $1,6\text{MPa}$. Wał napędowy pompy, napędzany za pomocą silnika elektrycznego, podparty jest na łożyskach tocznych kulkowych jednorzędowych. Działanie pompy polega na pobraniu cieczy przez króciec ssawny, umiejscowiony w osi wału a następnie przetłoczeniu jej z przestrzeni ssawnej do tłocznej przez obracający się element roboczy (w tym przypadku wirnik).

Widok pompy i wykaz ważniejszych części przedstawia rys. 1 i tab. 1.

a)





Rys. 1. Pompa odśrodkowa: a - widok ogólny, b - widok rozstrzelony

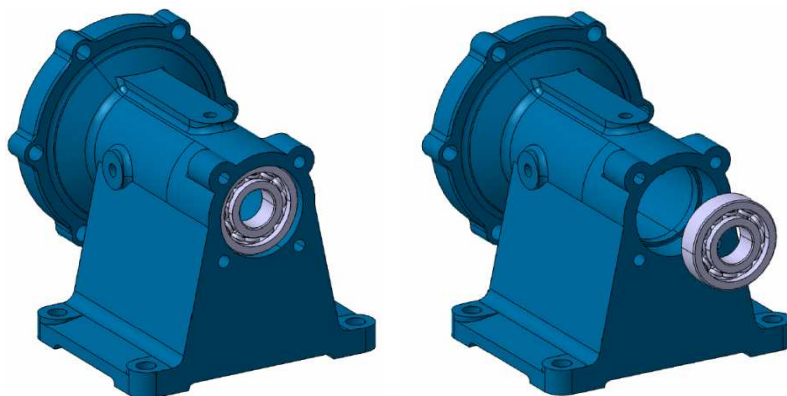
Tabela 1. Wykaz ważniejszych części pompy odśrodkowej.

Lp.	Nazwa części	ilość
1	Korek	4
2	Pokrywa korpusu wirnika	1
3	Uszczelka	1
4	Śruba M12 x 50	1
5	Podkładka M12	1
6	Wirnik	1
7	Uszczelka	1
8	Korpus wirnika	1
9	Nakrętka M12	16
10	Podkładka sprężysta	16
11	Pierścień uszczelniający	1
12	Pokrywa łożyska	1
13	Uszczelka	1
14	Śruba dwustronna	16
15	Nakrętka zabezpieczająca	1
16	Podkładka	1
17	Wpust	1
18	Zabezpieczenie dławicy	1
19	Sprężyna	1
20	Pierścień uszczelniający	1
21	Pierścień uszczelniający	2
22	O-ring	1
23	Pierścień uszczelniający	1
24	Dławica	1
25	Łożysko NSK 6303	2
26	Wał napędowy	1
27	Korpus pompy	1

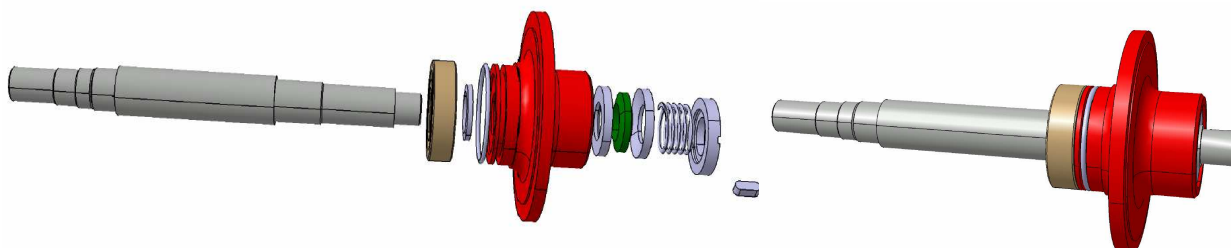
2.1. PODZIAŁ NA JEDNOSTKI MONTAŻOWE

Podział wyrobu na jednostki montażowe umożliwia realizowanie montażu równoległego co skraca czas procesu montażu. W omawianej pompie można wyróżnić trzy jednostki:

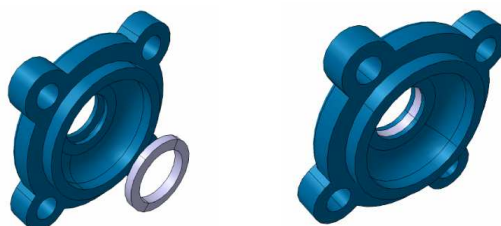
- zespół korpusu pompy - rys. 2,
- zespół wału napędowego - rys. 3,
- zespół pokrywy łożyska - rys. 4.



Rys. 2. Zespół korpusu pompy (widok przed i po zmontowaniu)



Rys. 3. Zespół wału napędowego (widok przed i po zmontowaniu)



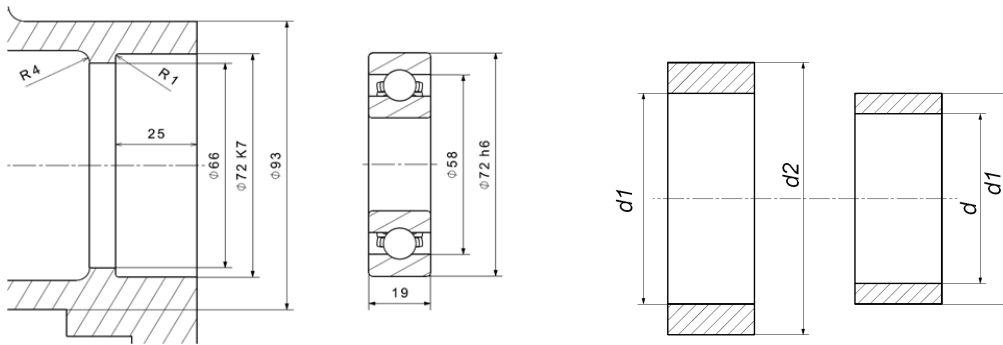
Rys. 4. Zespół pokrywy łożyska (widok przed i po zmontowaniu)

3. OBLICZENIA WSTĘPNE

Zespół korpusu pompy składa się z korpusu żeliwnego oraz właczanego w ten korpus łożyska o numerze katalogowym 6303 (katalog firmy NSK).

Połączenie polega na wciśnięciu stalowego łożyska w otwór wykonany w korpusie pompy. Elementami stykającymi się są pierścień zewnętrzny łożyska oraz ściany otworu korpusu. Dla połączenia przewidziane jest pasowanie według zasady stałego wałka K7/h6. Aby zrealizować to połączenie należy obliczyć niezbędną siłę właczania łożyska i ustalić minimalny skok siłownika właczającego.

3.1. Obliczenie wskaźników średnicowych łączonych elementów [1]:



Wskaźnik średnicowy wału:

$$\delta_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} \quad \delta_1 = \frac{72^2 + 58^2}{72^2 - 58^2} = 4,6967 \approx 4,7$$

Wskaźnik średnicowy oprawy:

$$\delta_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} \quad \delta_2 = \frac{93^2 + 72^2}{93^2 - 72^2} = 3,9922 \approx 4,0$$

gdzie: d - średnica połączenia wciskowego,
d₁ - średnica drążenia w wale,
d₂ - średnica zewnętrzna oprawy.

3.2. Obliczenie wcisku maksymalnego:

$$W_{max} = -L_{min} = -(A_o - B_w) = -(71,079 \text{ mm} - 72 \text{ mm}) = 0,021 \text{ mm}$$

3.3. Obliczenie naprężeń maksymalnych:

$$p = \frac{W_{max}}{\left(\frac{\delta_2 + \nu_2}{E_2} + \frac{\delta_1 - \nu_1}{E_1}\right) \cdot d} \quad p = \frac{2,1 \cdot 10^5}{\left(\frac{4 + 0,21}{1,5 \cdot 10^{11}} + \frac{4,7 - 0,3}{2,08 \cdot 10^{11}}\right) \cdot 0,072}$$

$$p = 5933887,178 \text{ [Pa]}$$

gdzie: W_{max} - wcisk maksymalny w połączeniu wciskowym [m],

ν₁ - liczba Poissona dla materiału wału,

ν₂ - liczba Poissona dla materiału oprawy,

δ₁ - wskaźnik średnicowy wału,

δ₂ - wskaźnik średnicowy oprawy,

E₁ - moduł Younga dla materiału wału [Pa],

E₂ - moduł Younga dla materiału oprawy [Pa],

d - średnica połączenia wciskowego [m].

3.4. Obliczenie siły niezbędnej do wtłoczenia łożyska

$$P = \mu \cdot \pi \cdot l \cdot d \cdot p = 0,12 \cdot 3,14159 \cdot 0,019 \cdot 0,072 \cdot 5933887,178$$

$$P \approx 3060 \text{ [N]}$$

Wartości współczynnika tarcia μ dla różnych połączeń [2]

Połączenie	Materiał części		Smarowanie	Współczynnik tarcia		
	wewnętrznej	zewnątrznej		właczanie	rozłączanie	obliczeniowy
właczane	Stal	stal	olej maszynowy	0,06 ÷ 0,22	0,08 ÷ 0,2	0,06 ÷ 0,13
		żeliwo	-	0,06 ÷ 0,14	0,09 ÷ 0,17	0,07 ÷ 0,12
	tworzywa sztuczne	na sucho	0,54	0,33	0,3	

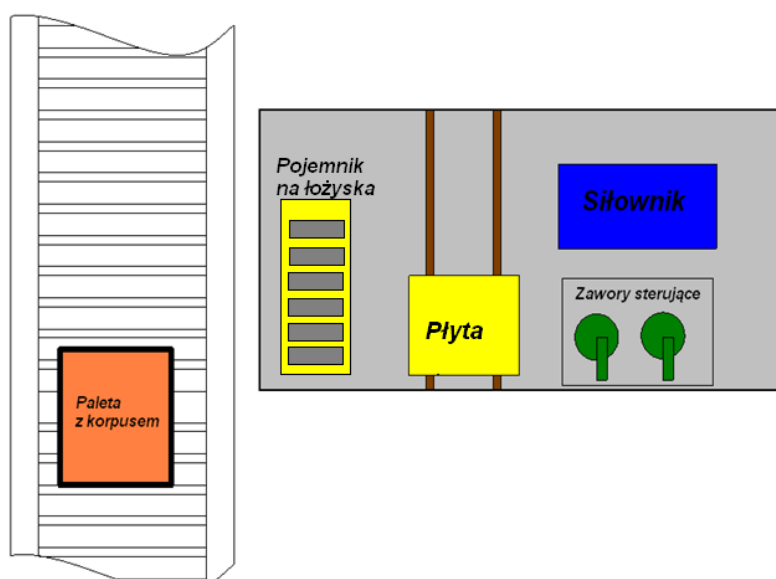
gdzie: μ - współczynnik tarcia między powierzchniami połączenia,
 l - długość połączenia wciskowego [m],
 d - średnica połączenia wciskowego [m].

Skok siłownika winien zapewniać możliwość przemieszczenia się łożyska o jego szerokość (19 mm) oraz dobieg umożliwiający łatwe zakładanie łożyska i bezkolizyjne przesuwanie korpusu (można wstępnie przyjąć ok. 30 mm) co razem wynosi ok. 50 mm.

4. PROJEKT WSTĘPNY

Dla projektowanego stanowiska przewidywany jest następujący cykl pracy: stanowisko właczania łożyska w korpus pompy umieszczone jest obok przenośnika dostarczającego korpusy pomp. Pracownik rozpoczynając proces montażu łożyska przenosi korpus pompy z palety znajdującej się na przenośniku i umieszcza go na płycie montażowej. Następnie pobiera łożysko z pojemnika znajdującego się na stole i nakłada je na tuleję montażową zamocowaną na końcówce siłownika właczającego. Kolejnym krokiem jest ręczne przesunięcie płyty z korpusem i zablokowanie w końcowym położeniu za pomocą dźwigni mimośrodowej. Następnie operator uruchamia dźwignię obsługującą górny siłownik odpowiedzialny za docisk korpusu do blatu. Po dociśnięciu elementu, następuje włoczenie łożyska przy pomocy dźwigni uruchamiającej siłownik z tuleją montażową. Po zakończeniu właczania operator zwalnia docisk korpusu górnym siłownikiem, odblokowuje dźwignię mimośrodową i wysuwa płytę montażową w położenie wyjściowe, co umożliwia odłożenie zmontowanej jednostki na podajnik.

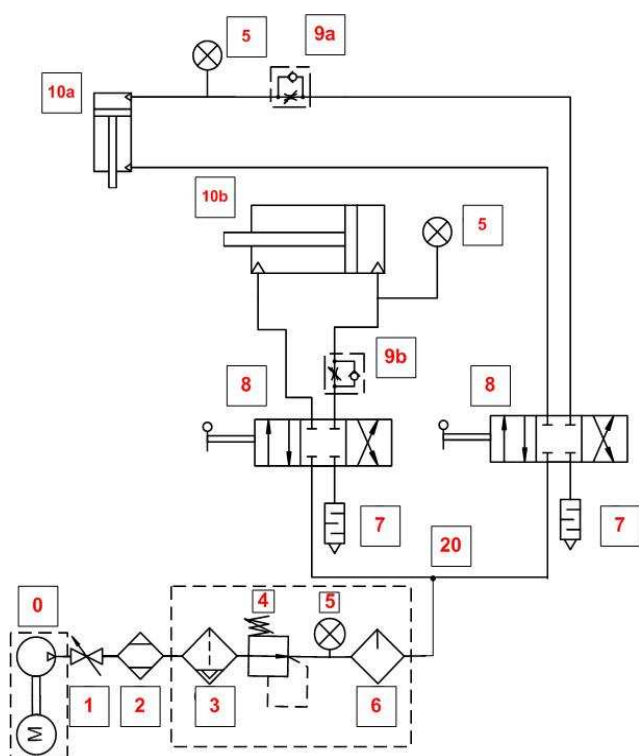
Rozmieszczenie elementów realizujących powyższy cykl pracy przedstawia rys. 5.



Rys. 5. Rozmieszczenie głównych elementów roboczych stanowiska

5. SCHEMAT UKŁADU PNEUMATYCZNEGO

Stanowisko włączania napędzane jest układem pneumatycznym. Jako generator sprężonego powietrza wykorzystany jest kompresor (0). Wprowadzenie powietrza do układu sterowania odbywa się po otwarciu zaworu bezpieczeństwa (1). Powietrze przechodzi przez układ przygotowania sprężonego powietrza, zawierający osuszacz (2), filtr (3), zawór redukcyjny (4) oraz smarownicę (6). Następnie za pomocą złączki czynniki roboczy jest transportowany do dwóch zaworów sterujących 4/3 (cztery drogi przepływu, trzy ustawienia). Każdy z zaworów (8) steruje jednym siłownikiem (10a, 10b). Manometry (5) umożliwiają pomiar ciśnienia na wejściu do odpowiednich komór danego siłownika, oraz na wyjściu za układem przygotowania powietrza. Zawory dławiąco-zwrotne (9a, 9b) pozwalają na ręczną zmianę nastawy prędkości tłoka, zapobiegając jednocześnie zbyt gwałtownemu ruchowi tłoczyska. Siłownik 10a służy do docisku korpusu pompy do podstawy tak, by ten nie przemieszczał się podczas montażu łożyska. Włączanie łożysk odbywa się za pomocą siłownika 10b. Na wyjściu z zaworów sterujących 4/3 zamontowane są tłumiki, celem ograniczenia hałasu powietrza wydostającego się z zaworów sterujących.



Lp.	Sym bol	Opis	Ilość
1	0	Sprężarka zasilana silnikiem elektrycznym	1
2	1	Zawór odcinający	1
3	2	Osuszacz powietrza	1
4	3	Filtr	1
5	4	Zawór redukcyjny	1
6	5	Manometr	3
7	6	Smarownica	1
8	7	Tłumik	2
9	8	Zawór sterujący 4/3	2
10	9a	Zawór dławiąco-zwrotny	1
11	9b	Zawór dławiąco-zwrotny	1
12	10a	Siłownik pneumatyczny	1
13	10b	Siłownik pneumatyczny	1
14	20	Złączka typu „T”	1

Rys. 6. Schemat układu pneumatycznego i wykaz elementów

6. DOBÓR I PROJEKTOWANIE ELEMENTÓW STANOWISKA

6.1. DOBÓR ELEMENTÓW KATALOGOWYCH

Znając przeznaczenie i sposób działania układu pneumatycznego można rozpocząć projektowanie elementów układu. Zawsze najtańszą i najszybszą metodą jest dobór. Z tego względu w układzie zostaną wykorzystane elementy firmy Festo, dobrane na podstawie katalogów dostępnych na stronie producenta [3] - rys. 7.



Siłownik pneumatyczny



Zawór sterujący



Zawór dławiąco - zwrotny



Układ przygotowania powietrza



Osuszacz powietrza



Tłumik hałasu



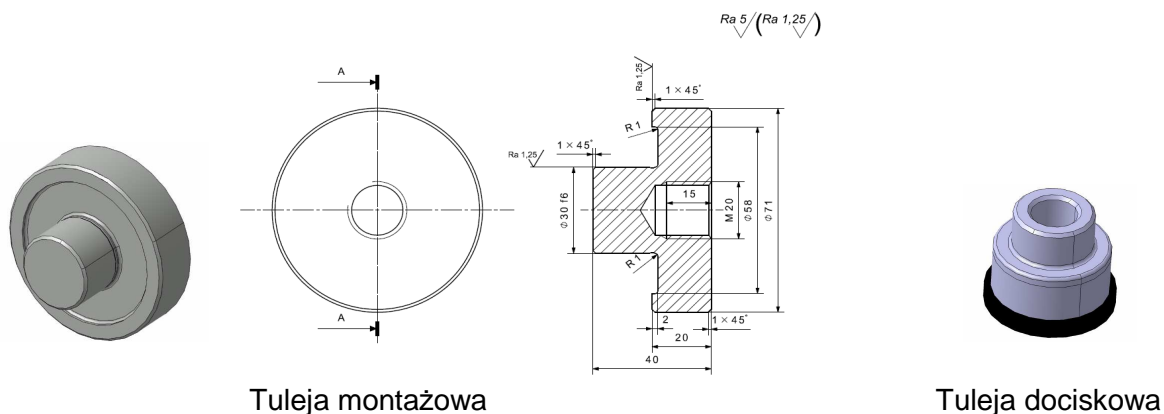
Zawór odcinający

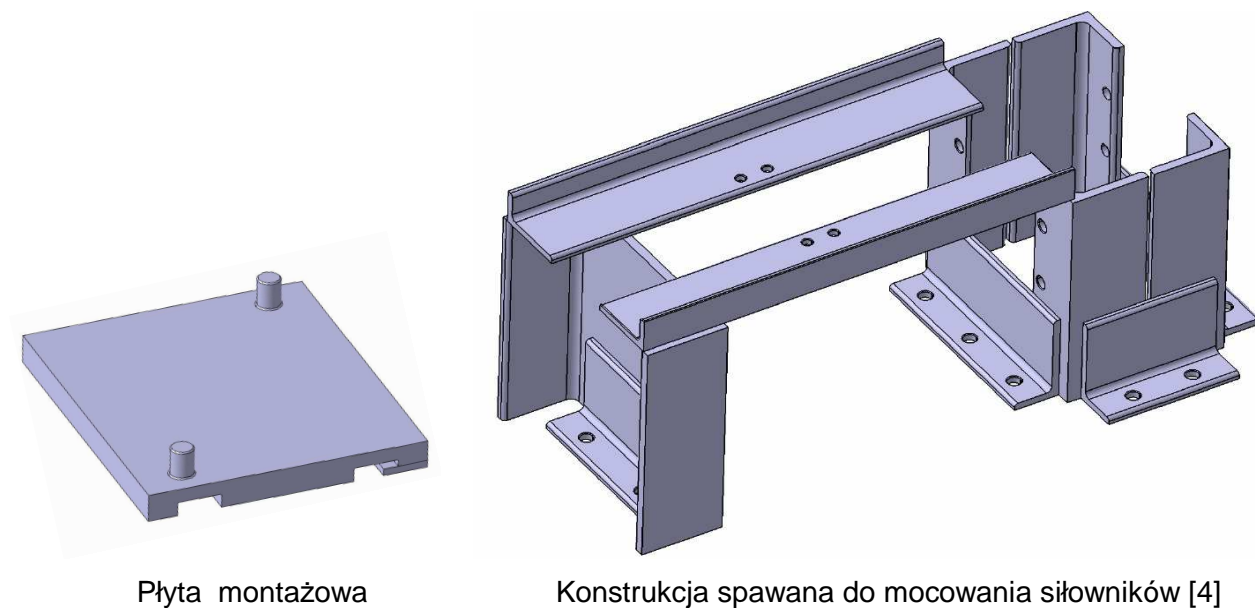
Rys. 7. Elementy układu pneumatycznego dobrane z katalogu firmy FESTO [3]

6.2. PROJEKTOWANIE ELEMENTÓW SPECJALNYCH

Kolejnym krokiem jest projektowanie elementów specjalnych niezbędnych do skonstruowania stanowiska. Tę część całego cyklu projektowego najlepiej jest zrealizować w 3D, w wybranym systemie CAx, np. CATIA v5.

Przykłady wybranych elementów specjalnych przedstawia rys. 8.

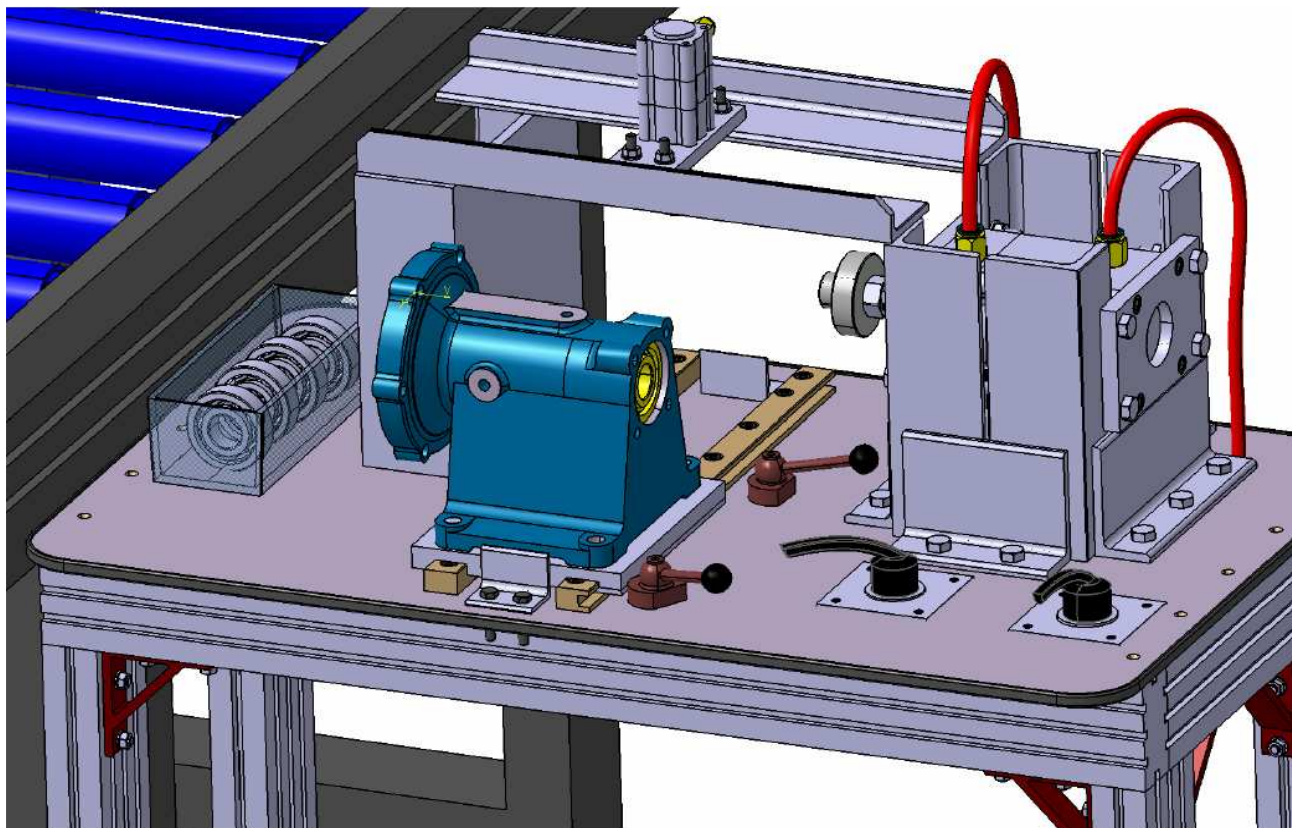




Rys. 8. Ważniejsze elementy specjalne stanowiska

Elementem wiążącym wszystkie części katalogowe i specjalne jest płyta stołu [6] i sam stół roboczy. Na tym etapie projektowania należy pamiętać o wymaganiach ergonomii dotyczących wysokości stołu, dostępności elementów sterujących i bezkolizyjności obsługi stanowiska.

Kompletne stanowisko przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Widok całego stanowiska do włączania łożysk

7. PODSUMOWANIE

Współczesny konstruktor projektując nowe urządzenia korzysta z wielu dziedzin wiedzy, takich jak projektowanie konstrukcji, obliczenia wytrzymałościowe, materiałoznawstwo czy ergonomia, jak również z dostępnych znormalizowanych lub typowych rozwiązań konstrukcyjnych określonych elementów i zespołów.

Proces projektowania wspomagany jest przez różnorodne systemy CAx umożliwiające projektowanie od początku modelu 3D urządzenia. Pozwala to na symulację działania urządzenia, eliminację błędów i stosowanie korekt jeszcze na etapie wirtualnej konstrukcji, co, w sumie, prowadzi do skrócenia procesu konstruowania i obniżenia kosztów przygotowania produkcji.

LITERATURA

- [1] <http://www.simr.pw.edu.pl/~jpanek/pw.pdf>
- [2] Szenajch W.: *Napęd i sterowanie pneumatyczne*. WNT, Warszawa 1997.
- [3] www.festo.com/cms/pl_pl/9457.htm
- [4] <http://www.begroup.com/pl/BE-Group-Poland/Produkty/>
- [5] Dokumentacja techniczna programu CATIA v5.
- [6] <http://kanya.pl>