

## **MODERNIZACJA DŹWIGNIKA STANOWIĄCEGO WYPOSAŻENIE SYMULATORA ODDYCHANIA, CZĘŚĆ 2**

Zbigniew Talaśka, Bartłomiej Jakus

Akademia Marynarki Wojennej, Zakład Technologii Prac Podwodnych w Gdyni

### **STRESZCZENIE**

Prezentowany artykuł jest kontynuacją publikacji zamieszczonej w nr 3 (64) 2018 Polish Hiperbaric Research, w której przedstawiono zakres zmian, jakim powinien być poddany typowy podnośnik samochodowy, aby można było zwiększyć jego funkcjonalność o funkcję dźwignika unoszącego pokrywę komory dekompresyjnej w symulatorze oddychania wykorzystywanego w Zakładzie Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni.

**Słowa kluczowe:** symulator oddychania, wyposażenie symulatora oddychania.

---

### ARTICLE INFO

---

PolHypRes 2019 Vol. 68 Issue 3 pp. 7 – 32

**ISSN:** 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535

**DOI:** 10.2478/phr-2019-0010

Strony: 26, rysunki: 23, tabele: 1

**page www of the periodical:** [www.phr.net.pl](http://www.phr.net.pl)

**Typ artykułu:** oryginalny

**Termin nadesłania:** 17.06.2019 r.

**Termin zatwierdzenia do druku:** 13.08.2019 r.

**Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



## WSTĘP

Przeprowadzenie modernizacji podnośnika samochodowego i dostosowanie go do funkcji dźwignika unoszącego ruchomą pokrywę komory dekompresyjnej, wymagałoby wykonania określonych zmian konstrukcyjnych, których zestawienie przedstawiono w I części niniejszego artykułu.

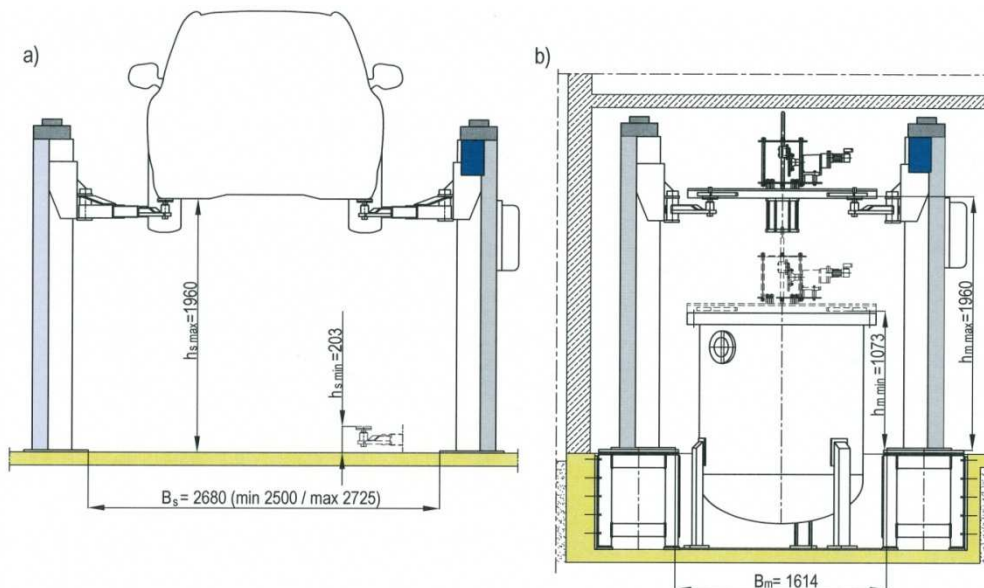
W prezentowanym artykule autorzy podjęli próbę analizy i opisu jakościowych zmian, jakie powinny być wprowadzone, aby możliwe było zastosowanie przedmiotowego podnośnika do wymaganego celu oraz przeprowadzenie ich analizy ryzyka i wpływu na wartość techniczno-użytkową urządzenia. Uznano, że analizie i obliczeniom sprawdzającym powinny być poddane przede wszystkim zagadnienia związane z wytrzymałością konstrukcji podnośnika oraz wymagane zmiany w sposobie sterowania jego pracą, które wynikają m.in. z proponowanego sposobu posadowienia dźwignika w pomieszczeniu. Otrzymane wyniki powinny stanowić podstawę i argument do oceny, czy przeprowadzenie proponowanych adaptacji doprowadzi do takich zmian, które trzeba będzie uznać za istotne lub nie, a tym samym za fakt powstania nowej maszyny lub nie.

W dalszej części artykułu autorzy będą używać sformułowania „modernizacja”, które jest zgodne z zasadami dokonywania zmian w konstrukcjach urządzeń stosowanymi przez polski UDT (WDT) [3]. Dlatego też w opisach oraz na rysunkach wszelkie parametry techniczno-użytkowe oznaczane będą indeksami w następujący sposób: „s” – dla rozwiązania standardowego (podnoszenie-opuszczanie pojazdów samochodowych), „m” – dla rozwiązania po modernizacji (podnoszenie-opuszczanie pokrywy komory dekompresyjnej).

## ZAKRESY WYSOKOŚCI PODNOSZENIA I WYMAGAŃ ZWIĄZANYCH Z USYTUOWANIEM URZĄDZENIA PODNOSZĄCEGO (PODNOŚNIKA)

Analizę możliwości przystosowania podnośnika do przedmiotowego celu rozpoczęto od rozpoznania i określenia podstawowych wymiarów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania urządzenia. Za punkt odniesienia przyjęto informacje zawarte w „Instrukcji obsługi v. 09.09”, dołączonej do podnośnika przez Producenta, dalej nazywanej Instrukcją [1].

Na Rys. 1 pokazano porównanie zastosowań podnośnika dla warunków standardowych i po proponowanej modernizacji wraz z podstawowymi wymiarami.



Rys. 1 Porównanie zastosowań podnośnika typu 254 S/4 wraz z podstawowymi wymiarami (rys. studyjny): dla warunków standardowych, b) po proponowanej modernizacji.

Dla rozwiązania standardowego przyjęto średni rozstaw kolumn  $B_s = 2\,680$  mm z możliwego zakresu  $2\,500 \div 2\,725$  mm oraz wysokości  $h_{s,min} = 203$  mm i  $h_{s,max} = 1\,960$  mm przy zastosowaniu dodatkowych tulei podwyższających o wysokości 60 mm (część L956, Instrukcja str.7, rys.7). Wymiar B stanowi rozstaw kolumn podnośnika mierzony pomiędzy wewnętrznymi krawędziami ich podstaw w [mm].

Dla rozwiązania z podnoszeniem pokrywy, przy ustawieniu kolumn podnośnika na poziomie posadowienia komory dekompresyjnej w zagłębieniu, wymagany byłby zakres pracy wózków w pionie od  $h_{min} = 1\,843$  mm do  $h_{max} = 2\,730$  mm. Wówczas wykorzystana byłaby całkowicie wysokość pomieszczenia i zapewniona wygoda obsługi urządzeń podwieszonych pod pokrywą w położeniu podniesionym.

Wymagany w tym przypadku wymiar maksymalny podnoszenia przekroczyłby jednak możliwości techniczne podnośnika. W związku z tym pod kolumnami powinny być zastosowane podpory o konstrukcji kratownicowej i wysokości ok. 770 mm. Należałoby je ustawić na posadzce zagłębienia po obu stronach zbiornika komory dekompresyjnej z podnoszoną

pokrywają, jak pokazano na Rys. 1 b. Konstrukcyjnie powinny być przystosowane do mocowania w podłożu i bocznych ścianach np. za pomocą śrub i kołków rozporowych. W górnej części wymagane byłyby płyty przyspawane na obwodzie do konstrukcji nośnej o grubości nie mniejszej niż 20 mm. Stanowiłyby one „fundament” do mocowania podstaw kolumn za pomocą śrub i nakrętek M16 zgodnie z instrukcją montażu.

Na Rys. 2 przedstawiono projekt wymaganej konstrukcji podpory pod kolumnę podnośnika.



Rys. 2 Projekt wymaganej konstrukcji podpory pod kolumnę podnośnika (rys. studyjny; autor M. Palczewski-Haska).

Po uwzględnieniu średnicy zbiornika komory dekompresyjnej, wymiarów zagłębienia w posadzce pomieszczenia oraz konstrukcji podpór i wymaganego ich położenia w zagłębieniu, rozstaw kolumn okazał się wymiarem wynikowym o wartości  $B_m = 1\,614$  mm.

W Tabeli 1 przedstawiono zbiorcze porównanie podstawowych wymiarów eksploatacyjnych w analizowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych.

Tab. 1

Porównanie podstawowych wymiarów eksploatacyjnych podnośnika w analizowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych.

	Konstrukcja standardowa z dodatkową tuleją łapy o wysokości 60 mm (część L956)	Wymagania dla obiektu podnoszonego przed modernizacją	Konstrukcja po modernizacji z podporami pod kolumnami o wysokości 770 mm
Minimalna wysokość po opuszczeniu w [mm]	203	1 843	1 073
Maksymalna wysokość podnoszenia w [mm]	1 960	2 730	1 960
Rozstaw kolumn w [mm]	2 500 / 2 725	$\geq 1\,500$	1 614

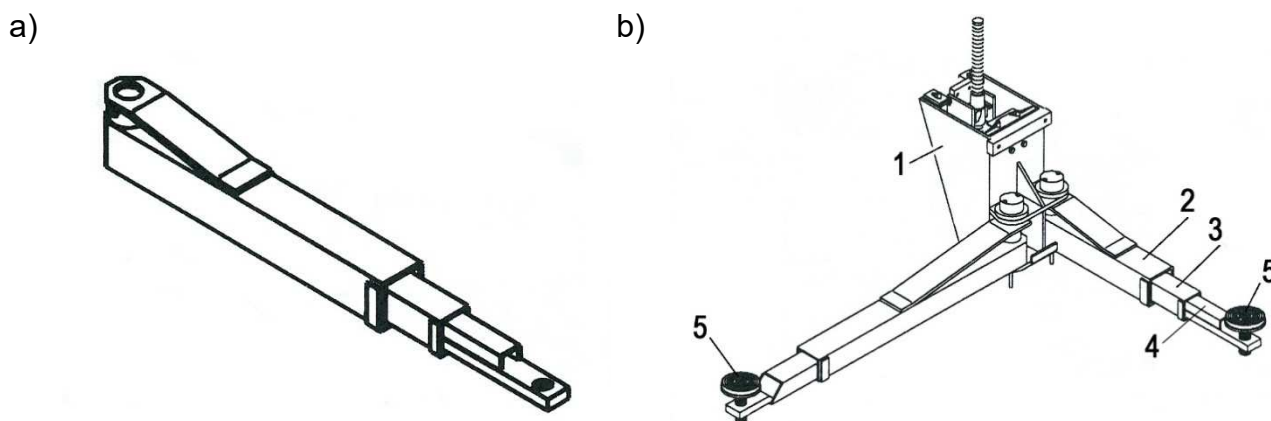
W przypadku przeprowadzenia modernizacji podnośnika jego zespoły podnoszące z dodatkowymi tulejami podwyższającymi o wysokości 60 mm (część L956), będą poruszać się po kolumnach w zakresie typowych dla podnośnika wysokości podnoszenia-opuszczania przewidzianych przez Producenta.

### RAMIONA WÓZKA ZESPOŁU PODNOSZĄCEGO NA KOLUMNACH PODNOŚNIKA

Ramiona stanowią podstawowy i najistotniejszy element konstrukcyjny podnośnika. Z tego powodu poddano go stosunkowo szczegółowej analizie uznając, że ma największy wpływ na sposób i bezpieczeństwo użytkowania urządzenia.

Wytypowany podnośnik wyposaża się standardowo w cztery wysuwane ramiona, symetrycznie zamontowane do wózków podnoszonych na obu kolumnach. Wysunięcie ich i umieszczenie łap podtrzymujących w czterech punktach podparcia samochodu, umożliwi podnoszenie pojazdu na określoną wysokość w dopuszczalnym zakresie podnoszenia.

Na Rys. 3 pokazano konstrukcję wysuwanego ramienia oraz standardowy zespół podnoszący instalowany na kolumnie podnośnika.



Rys. 3 Standardowe elementy składowe montowane na podnośniku typu 254 S/4 [2], konstrukcja wysuwanego ramienia podnoszącego; b) konstrukcja wózka podnoszącego wraz z ramionami podnoszącymi i łapami : 1 – wózek podnoszący, 2, 3, 4 – wysuwane ramiona, 5 – łapy.

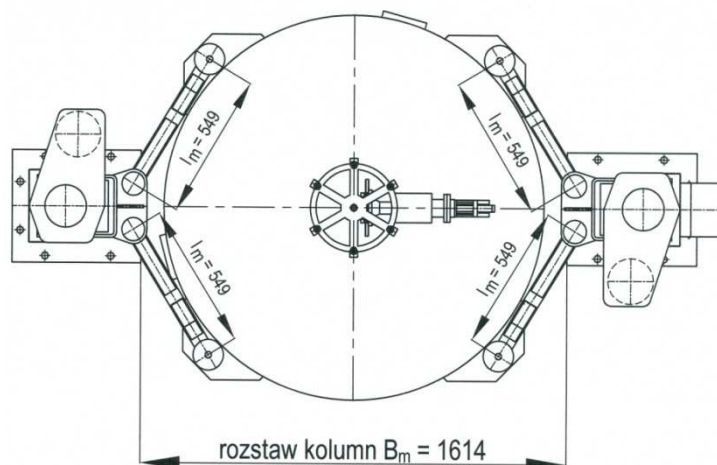
Standardowe, wysuwane ramiona (Rys. 3a) wykonane są z 3 części składających się w sposób teleskopowy, co umożliwia regulację ich długości. Zgodnie z dokumentacją Producenta całkowicie złożone ramiona posiadają minimalną długość operacyjną ok.  $l_{smin} = 730$  mm. Oznacza to, że przy wymaganym ustawieniu kolumn w zagłębieniu podłoża niemożliwym byłoby ich wykorzystanie, w istniejącej formie, do podnoszenia pokrywy w jej czterech punktach podparcia. Wynika to z faktu, że miejsce posadowienia komory dekompresyjnej wymaga takie zbliżenie kolumn, w których długość operacyjna ramion pomiędzy punktami podparcia a osiami obrotu powinna wynosić ok.  $l_m = 549$  mm.

Na Rys. 4 pokazano wygląd standardowego, wysuwanego ramienia montowanego do zespołu podnoszącego podnośnika wraz z łapą oraz tuleją podwyższającą o wysokości 60 mm.



Rys. 4 Standardowe ramię montowane do zespołu podnoszącego podnośnika (fot. własna).

Na Rys. 5 pokazano wymagany układ ramion podnośnika oraz ich wymiary, aby zapewnić podnoszenie i opuszczanie pokrywy komory dekompresyjnej w określonym zakresie wysokości.



Rys. 5 Wymagany układ ramion podnośnika oraz ich wymiary do zapewnienia podnoszenia i opuszczania pokrywy komory dekompresyjnej w miejscu posadowienia komory i kolumn (rys. studyjny).

Przyjęto, że do realizacji celu można by wykorzystać ostatnią wysuwaną część standardowego ramienia podnośnika. Posiada ona na swoim końcu otwór umożliwiający umieszczenie w nim łapy, za pomocą której podpira się podnoszone elementy. Modernizacja tej części ramienia polegałaby na odpowiednim jej skróceniu oraz połączeniu z tuleją dystansową nowej konstrukcji, która stanowiłaby mocowanie i oś obrotu w wózku zespołu podnoszącego.

Na Rys. 6 pokazano wymaganą konstrukcję ramienia podnoszącego przystosowaną do podnoszenia pokrywy komory dekompresyjnej.

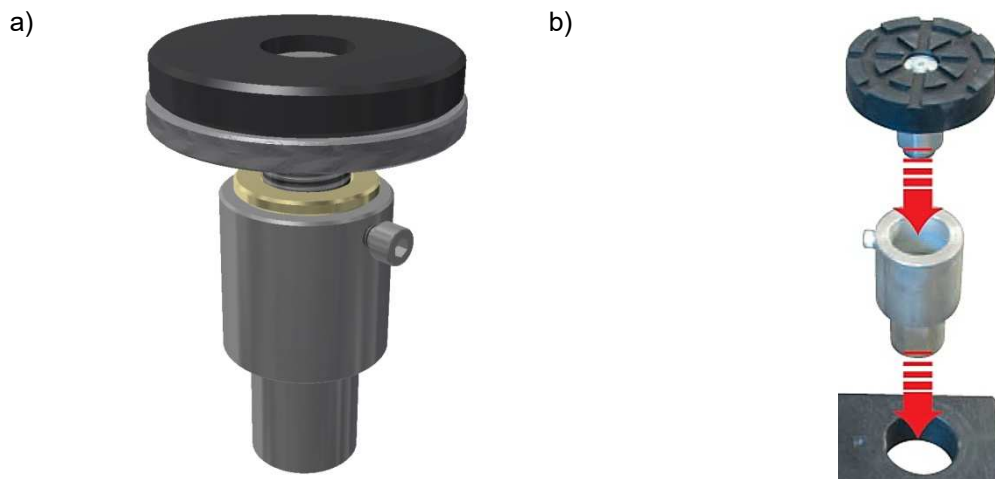


Rys. 6 Wymagana konstrukcja ramienia podnoszącego przystosowana do podnoszenia pokrywy komory dekompresyjnej (rys. studyjny; autor M. Palczewski-Haska).

### ŁAPY RAMION

Łapy stanowią niezbędny element wyposażenia każdego z czterech ramion podnośnika. W standardowym sposobie użytkowania montowane są w otworach na końcach ostatnich, wysuwanych części ramion podnoszących. Służą one jako punkty podparcia z możliwością wykasowania luzów, poprzez dopasowanie ich wysokości, w celu jednoczesnego i równomiernego uniesienia pojazdu. Konstrukcyjnie stanowią zespół złożony z śrub wkręcanych w nakrętki-tuleje ze sfazowaną jedną stroną, które z kolei wkładane są w jednym, ustalonym położeniu w otwory ramion i zablokowane małymi śrubami kontrującymi.

Na Rys. 7 pokazano standardową łapę montowaną na końcu ramienia podnośnika wraz z tuleją podwyższającą o wysokości 60 mm.

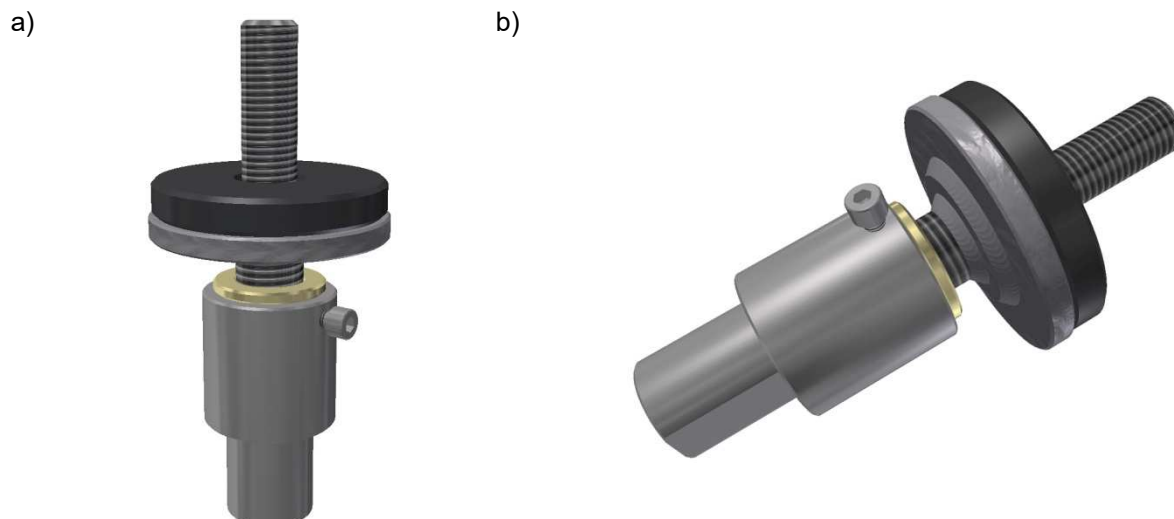


Rys. 7 Standardowa łapa montowana na końcu ramienia podnośnika wraz z tuleją podwyższającą: zespół łapy wraz z tuleją podwyższającą (rys. studyjny; autor M. Palczewski-Haska), b) sposób montażu łapy w ramieniu [2].

Unoszony pojazd nie ma praktycznie żadnego zabezpieczenia przed możliwym zsunieniem się z łap i upadkiem w rejonie lokalizacji podnośnika. Dlatego też w procesie modernizacji przyjęto, iż łapy należy tak przekonstruować aby:

- umożliwiły niezależne wykasowywanie luzów na styku z łapami pokrywy komory dekompresyjnej,
- zabezpieczyły i uniemożliwiły przypadkowe zsuniecie się unoszonej pokrywy,
- zapewniały precyzyjne osadzanie pokrywy w górnym pierścieniu osadczym komory dekompresyjnej.

Na Rys. 8 pokazano wymaganą konstrukcję łapy z tuleją podwyższającą do unoszenia-opuszczania górnej pokrywy komory dekompresyjnej.



Rys. 8 Wymagana konstrukcja łapy do unoszenia-opuszczania górnej pokrywy komory dekompresyjnej wraz z tuleją podwyższającą (rys. studyjny; autor M. Palczewski-Haska).

Należy zwrócić uwagę na fakt, że zmodernizowane łapy po zamontowaniu w otworach ramion podnośnika w połączeniu z otworami w łapach nośnych na obwodzie pokrywy komory dekompresyjnej, stanowią istotne zabezpieczenie przed ewentualnym zsunięciem się i upadkiem płyty na jeden z boków. Ponieważ podnoszony będzie tylko jeden stały obiekt z ustalonymi punktami podparcia oznacza to, że pokrywa będzie utrzymywać ramiona w stałym rozchyleniu, a sama będzie podnoszona w stałym położeniu.

Z punktu widzenia oddziaływania sił obciążających poszczególne łapy podnośnika, pokrywa stanowi swego rodzaju konstrukcyjną „belkę”, powstrzymującą przewrócenie się kolumn w kierunku środka tzn. na komorę dekompresyjną. Wymagana zmiana konstrukcyjna łap zapewni wzrost bezpieczeństwa podczas użytkowania modernizowanego urządzenia.

### **PORÓWNANIE STANDARDOWEJ KONSTRUKCJI PODNOŚNIKA Z KONSTRUKCJĄ PO MODERNIZACJI ZE WZGLĘDU NA OBCIĄŻENIE EKSPLOATACYJNE I WYTRZYMAŁOŚĆ ELEMENTÓW KONSTRUKCJI**

W celu porównania obu konstrukcji dokonano analizy następujących obciążeń i naprężeń:

- masy podnoszonej,
- nacisków na podłoże dla jednej kolumny podnośnika,
- momentu zginającego kolumnę w płaszczyźnie poprzecznej (x, y),
- momentu zginającego kolumnę w płaszczyźnie wzdłużnej (x, z);
- momentu gnącego ramiona zespołu podnoszącego.

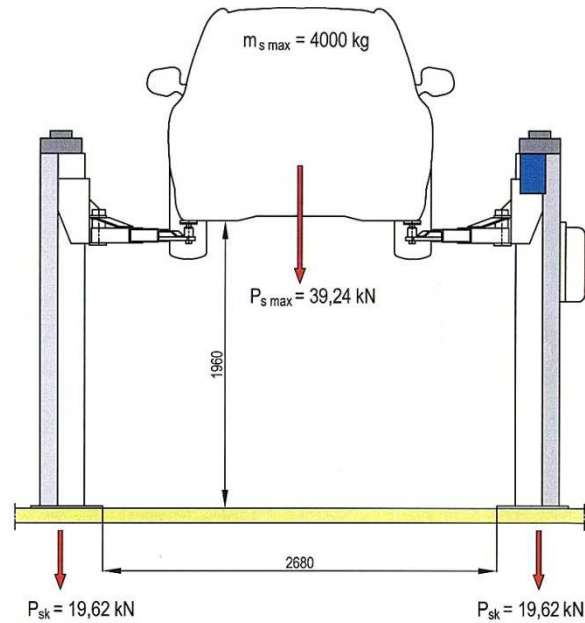
Podczas analizy założono, że obciążenie całkowite obiektu podnoszącego rozkłada się równomiernie na obie kolumny podnośnika.

W analizie zginania kolumny i ramion przyjęto następujący układ współrzędnych, jak dla belki zginanej:

- prawoskrętny układ osi współrzędnych x, y, z,
- początek układu w środku ciężkości przekroju poprzecznego kolumny (ramienia) w miejscu umocowania kolumny (ramienia),
- oś x wzdłuż wysokości kolumny (długości ramienia),
- pokrycie się osi y i z z głównymi osiami bezwładności przekroju poprzecznego kolumny (ramienia).

### **PODSTAWOWE OBCIĄŻENIE PODNOŚNIKA I PODŁOŻA POD PODNOŚNIKIEM**

Dla konstrukcji standardowej przyjęto maksymalną masę podnoszoną  $m_{Smax}$  równą nośności urządzenia o wartości  $m_{Smax} = 4\ 000\ kg$  (zgodnie z Instrukcją, str. 7, pkt. II). Powoduje to całkowite obciążenie podnośnika siłą  $P_{Smax} = 39,24\ kN$  oraz występowanie sił pionowych od tej siły w kolumnach o wartości  $P_{Sk} = 19,62\ kN$  – Rys. 9.



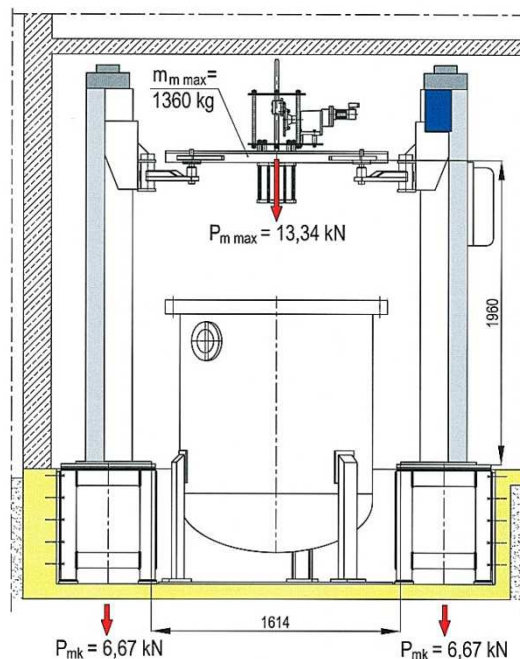
Rys. 9 Siły pionowe od podnoszonego obiektu działające na podnośnik o konstrukcji standardowej.

Do określenia nacisków na podłoże przyjęto masę jednej kolumny  $m_{Swk}$ , jako połowę masy własnej urządzenia równą  $m_{Swk} = 345$  kg. Stąd dodatkowa siła pionowa od masy kolumny wyniosła  $P_{Swk} = 3,38$  kN.

Nacisk na podłoże pod kolumną  $p_{sk}$  określono dla całkowitej siły pionowej działającej na podłoże i powie-rzchni płyty montażowej kolumny o wymiarach  $490$  mm x  $420$  mm równej  $S_{Sk} = 205\,800$  mm<sup>2</sup>.

$$p_{sk} = \frac{P_{sk} + P_{swk}}{S_{sk}} = \frac{19620N + 3380N}{205800mm^2} = 0,112 \text{ N/mm}^2$$

Dla konstrukcji po modernizacji przyjęto maksymalną masę podnoszoną  $m_{mmax}$  równą masie pokrywy wraz z zamontowanym wyposażeniem badawczym równą  $m_{mmax} = 1\,360$  kg. Powoduje to całkowite obciążenie podnośnika siłą  $P_{mmax} = 13,34$  kN oraz występowanie sił pionowych od tej siły w kolumnach o wartości  $P_{mk} = 6,67$  kN – Rys. 10.



Rys. 10 Siły pionowe od podnoszonego obiektu działające na podnośnik o konstrukcji po modernizacji.

Dla określenia nacisków na podłoże pod jedną kolumną przyjęto dodatkowo następujące obciążenia:

- masę własną jednej kolumny po modernizacji  $m_{mwk}$  przyjęto jako połowę masy własnej podnośnika ze zmodernizowanymi ramionami i łapami równą  $m_{mwk} = 306$  kg. Dodatkowa siła pionowa od masy kolumny wynosi  $P_{mwk} = 3,00$  kN,
- masę własną podstawy kolumny  $m_{pk}$  wg dokumentacji konstrukcyjnej równą  $m_{pk} = 242$  kg.

Dodatkowa siła pionowa od masy podstawy wynosi  $P_{pk} = 2,37$  kN.

Na podstawie kolumny sterującej umieszczony jest stelaż, na którym zamocowane są: skrzynka pomiarowa i pulpity sterujące instalacji elektrycznej symulatora oddychania i podnośnika. Łączna masa tego wyposażenia wynosi  $m_{el} = 108$  kg.

Dodatkowa siła pionowa od masy tego wyposażenia wynosi  $P_{el} = 1,06$  kN.

Nacisk na podłoże pod kolumną sterującą  $p_{mk}$  określono dla całkowitej siły pionowej działającej na podłoże i powierzchni 4 łap pod nogami podpory kolumny o wymiarach 182 mm x 124 mm. Całkowita powierzchnia łap podpory wynosi  $S_{ak} = 90\,272$  mm<sup>2</sup>.

$$p_{mk} = \frac{P_{mk} + P_{mwk} + P_{pk} + P_{el}}{S_{ak}} = \frac{6670N + 3000N + 2370N + 1060N}{90272mm^2} = 0,145 \text{ N/mm}^2$$

## MOMENTY ZGINAJĄCE KOLUMNĘ PODNOŚNIKA

Podnoszenie obiektów za pomocą ramion podnośnika wywołuje złożone zginanie kolumny. Do analizy zginania kolumny podnośnika określono momenty zginające wynikające z obciążenia siłami działającymi na kolumnę od podnoszonego obiektu w dwóch prostopadłych do siebie płaszczyznach.

Przyjęto następujące oznaczenia i interpretacje:

$M_z$  – moment zginający zależny od siły pionowej działającej na kolumnę od podnoszonego obiektu w punkcie podparcia łapą na ramieniu zespołu podnoszącego i odległości zależnej od położenia punktów podparcia na szerokości obiektu podnoszonego względem osi x słupa kolumny podnośnika. W dalszej części określanymi jako moment „poprzeczny”.

$M_y$  – moment zginający zależny od siły pionowej działającej na kolumnę od podnoszonego obiektu w punkcie podparcia łapą na ramieniu zespołu podnoszącego i odległości zależnej od położenia punktu podparcia na długości obiektu podnoszonego względem osi x słupa kolumny podnośnika. Występują tu momenty zginające o przeciwnych kierunkach działania a przy różnych długościach ramion zespołu podnoszącego także o różnych wartościach. W dalszej części określanymi jako moment „wzdłużny”.

Dla konstrukcji standardowej przy podnoszeniu pojazdu przyjęto następujące dane (zgodnie z Instrukcją, str.8, pkt. II, rys. 8 i rys. 9):

- maksymalna masa podnoszona  $m_{Smax} = 4\,000$  kg, równa nośności urządzenia,
- maksymalna szerokość pojazdu 2 200 mm;
- maksymalny rozstaw osi pojazdu 3 000 mm;
- rozkład nośności na osie pojazdu zamiennie w dwóch wartościach i dla dwóch różnych długości ramion zespołu podnoszącego (maksymalnej/wynikowej):

wariant 1:

- ramię o długości maksymalnej i nośności 2 660 kg,
- ramię o długości wynikowej i nośności 1 340 kg.

wariant 2:

- ramię o długości wynikowej i nośności 2 660 kg,
- ramię o długości maksymalnej i nośności 1 340 kg.

Na podstawie powyższych danych przyjęto model do wyznaczenia momentów zginających kolumnę w obu płaszczyznach zginania – Rys. 11, w którym:

- maksymalny rozstaw kolumn wynosi 2 725 mm (Instrukcja, str. 7, rys. 7),
- maksymalna odległość punktów podparcia na szerokości pojazdu wynosi 2 000 mm,
- maksymalna odległość punktów podparcia na długości pojazdu wynosi 2 400 mm,
- jedna para ramion zespołów podnoszących pozostaje maksymalnie wysunięta ( $l_{s1} = 1\,500$  mm) a druga wysunięta wynikowo do punktu podparcia,
- obciążenia łap ramion w punktach podparcia siłami skupionymi dla przyjętych rozkładów nośności dla jednej kolumny wynoszą odpowiednio:
- ✓ dla ramienia o długości maksymalnej:  $P_{Spl} = P_{Spp} = 13,05$  kN (wariant 1) lub 6,58 kN (wariant 2),
- ✓ dla ramienia o długości wynikowej:  $P_{Stl} = P_{Stp} = 6,58$  kN (wariant 1) lub 13,05 kN (wariant 2).

Na podstawie schematu (Rys. 11) wyznaczono odległości wzdłuż osi „y” i „z” punktów przyłożenia sił skupionych od osi obrotu ramion zespołu podnoszącego, przyjmując oś obrotu jako miejsce zamocowania sztywnego ramienia do kolumny. Odległości wynoszą odpowiednio:

- dla ramienia o długości maksymalnej:  $y_{s1} = 588$  mm,  $z_{s1} = 1\,533$  mm,
- dla ramienia o długości wynikowej:  $y_{s2} = 588$  mm,  $z_{s2} = -875$  mm.

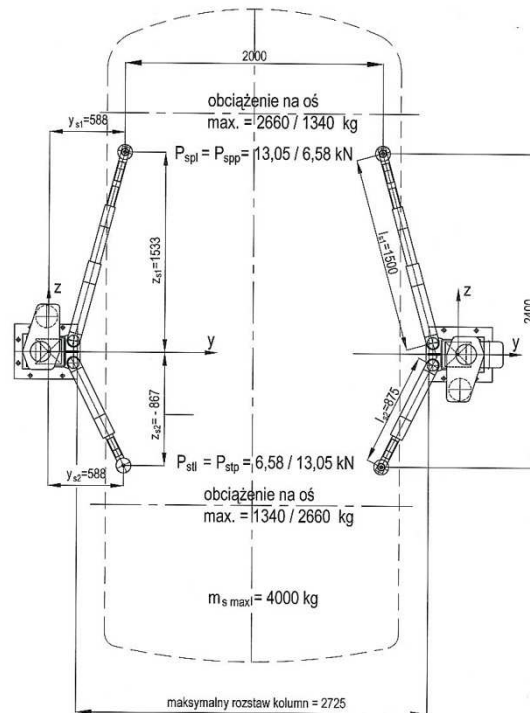
Obliczenie poprzecznego momentu zginającego kolumnę „drugą”:

$$M_{sz} = M_{sz1} + M_{sz2} = P_{Spl} \cdot y_{s1} + P_{Stl} \cdot y_{s2}$$

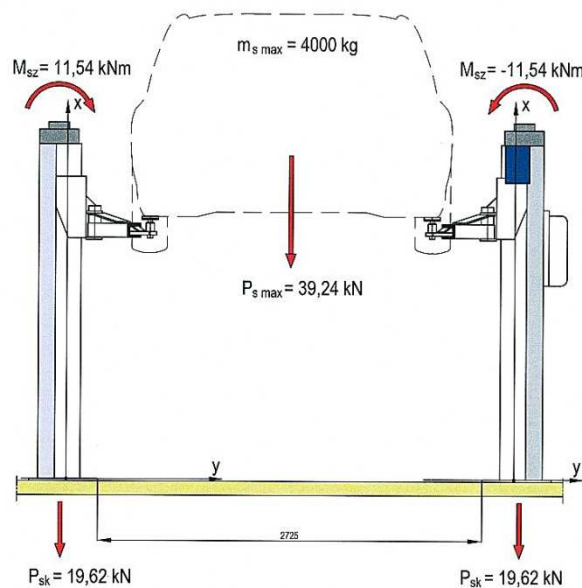
$$M_{sz} = 13,05 \text{ kN} \cdot 0,588 \text{ m} + 6,58 \text{ kN} \cdot 0,588 \text{ m} = 11,54 \text{ kNm}$$



Poprzeczny moment zginający kolumnę „sterującą” będzie miał taką samą wartość bezwzględną ale ze znakiem ujemnym, ze względu na uprzednio przyjęty układ współrzędnych dla kolumn jako belek zginanych. Działanie momentów poprzecznych na kolumny podnośnika przedstawiono na Rys. 12.



Rys. 11 Schemat przyjętego modelu podnoszenia pojazdu podnośnikiem o konstrukcji standardowej do obliczeń momentów zginających kolumnę.



Rys. 12 Obciążenie kolumn momentami zginającymi poprzecznymi dla konstrukcji standardowej.

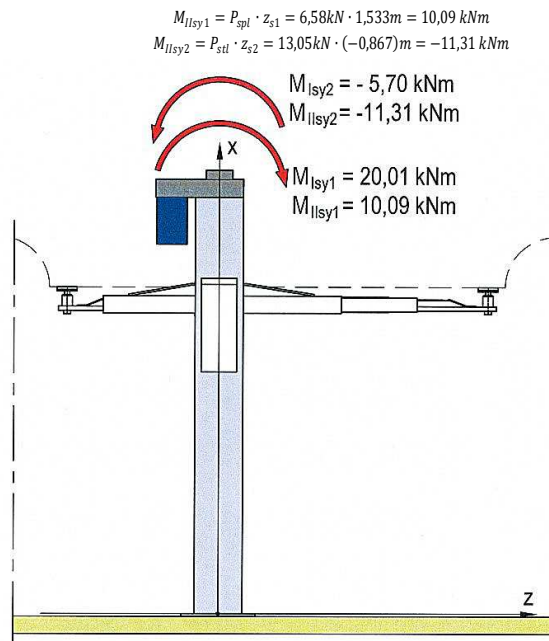
Obliczenie wzdłużnych momentów zginających kolumnę „sterującą” i kolumnę „drugą”:

- momenty wzdłużne dla wariantu I rozkładu nośności na ramiona podnoszące:

$$M_{I_{sy1}} = P_{spl} \cdot z_{s1} = 13,05 \text{ kN} \cdot 1,533 \text{ m} = 20,01 \text{ kNm}$$

$$M_{I_{sy2}} = P_{stl} \cdot z_{s2} = 6,58 \text{ kN} \cdot (-0,867) \text{ m} = -5,70 \text{ kNm}$$

- momenty wzdłużne dla wariantu II rozkładu nośności na ramiona podnoszące:



Rys. 13 Obciążenie kolumny momentami zginającymi wzdłużnymi dla konstrukcji standardowej.

Wypadkowy wzdłużny moment zginający kolumnę wynosi odpowiednio:

- dla wariantu I rozkładu nośności na ramiona podnoszące:

$$M_{IIsy} = M_{IIsy1} + M_{IIsy2} = 20,01 kNm - 5,70 kNm = 14,31 kNm$$

- dla wariantu II rozkładu nośności na ramiona podnoszące:

$$M_{IIsy} = M_{IIsy1} + M_{IIsy2} = 10,09 kNm - 11,31 kNm = -1,22 kNm$$

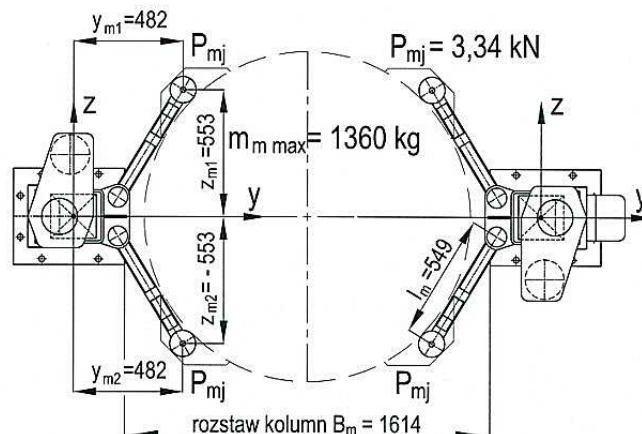
Dla konstrukcji po modernizacji przy podnoszeniu pokrywy komory dekompresyjnej przyjęto następujące dane:

- maksymalna masa podnoszona  $m_{mmax}$  równa jest masie pokrywy wraz z zamontowanym wyposażeniem badawczym i wynosi  $m_{mmax} = 1\,360$  kg,
- rozkład masy podnoszonej jest symetryczny względem osi poziomych pokrywy,
- pokrywa podnoszona jest przez 4 jednakowe ramiona zespołu podnoszącego a punkty podparcia pokrywy łapami są rozmieszczone symetrycznie względem kolumn podnośnika,
- obciążenie łap ramion zespołu podnoszącego w punktach podparcia siłami skupionymi dla przyjętego symetrycznego rozkładu masy pokrywy jest jednakowe i wynosi  $P_{mj} = 3,34$  kN.

Na podstawie powyższych danych przyjęto model do wyznaczenia momentów zginających kolumnę w obu płaszczyznach zginania – Rys. 14. W modelu podnoszenia przyjęto:

- rozstaw kolumn:  $B_m = 1\,614$  mm,
- długość ramion od osi obrotu na wózku do punktu podparcia na łapie:  $l_m = 549$  mm,
- obciążenie łap ramion w punktach podparcia siłami skupionymi dla przyjętego symetrycznego rozkładu masy pokrywy:  $P_{mj} = 3,34$  kN.

Na podstawie schematu wyznaczono odległości wzdłuż osi „x” i „y” punktów przyłożenia sił skupionych od osi obrotu ramion zespołu podnoszącego, przyjmując oś obrotu jako miejsce zamocowania sztywnego ramienia do kolumny.



Rys. 14 Schemat przyjętego modelu podnoszenia pokrywy komory dekompresyjnej do obliczeń momentów zginających kolumnę podnośnika o konstrukcji po modernizacji.

Dla ramion zespołów podnoszących odległości wynoszą odpowiednio:

$$y_{m1} = y_{m2} = y_m = 482 \text{ mm}, \quad z_{m1} = 553 \text{ mm}, \quad z_{m2} = -533 \text{ mm}$$

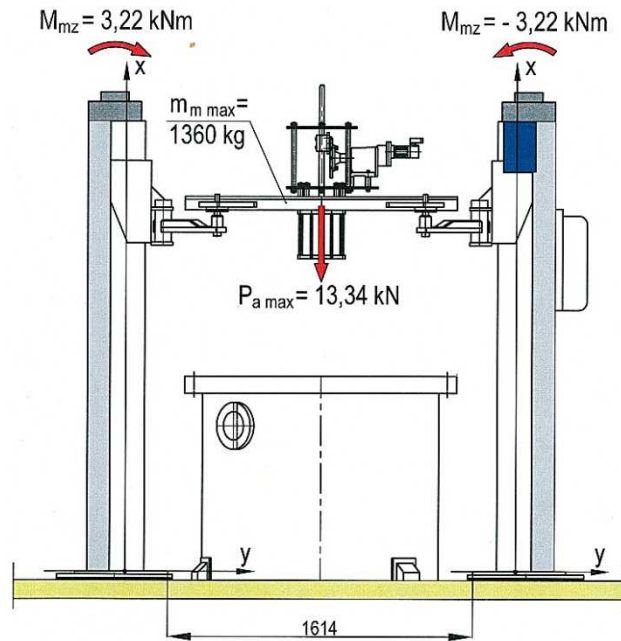
Obliczenie poprzecznego momentu zginającego kolumnę „drugą”:

$$M_{mz} = M_{mz1} + M_{mz2} = P_{mj} \cdot y_{m1} + P_{mj} \cdot y_{m2}$$

$$M_{mz} = 3,34 \text{ kN} \cdot 0,482 \text{ m} + 3,34 \text{ kN} \cdot 0,482 \text{ m} = 3,22 \text{ kNm}$$

Poprzeczny moment zginający kolumnę „sterującą” będzie miał taką samą wartość bezwzględną, ale ze znakiem ujemnym, ze względu na uprzednio przyjęty układ współrzędnych dla kolumny jako belek zginanych.

Działanie momentów poprzecznych na kolumny podnośnika przedstawiono na Rys. 15.



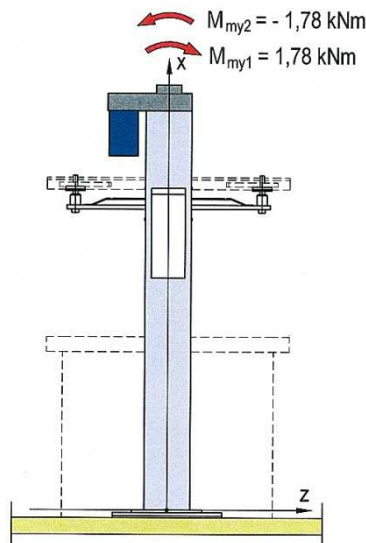
Rys. 15 Obciążenie kolumn momentami zginającymi poprzecznymi dla podnośnika o konstrukcji po modernizacji.

Obliczenie wzdłużnych momentów zginających kolumnę „sterującą” i kolumnę „drugą”:

$$M_{my1} = P_{mj} \cdot z_{m1} = 3,34 \text{ kN} \cdot 0,533 \text{ m} = 1,78 \text{ kNm}$$

$$M_{my2} = P_{mj} \cdot z_{m2} = 3,34 \text{ kN} \cdot (-0,533) = -1,78 \text{ kNm}$$

Działanie momentów wzdłużnych przedstawiono na Rys. 16.



Rys.16 Obciążenie kolumny momentami zginającymi wzdłużnymi dla konstrukcji po modernizacji.

Wypadkowy wzdłużny moment zginający kolumnę wynosi:

$$M_{my} = M_{my1} + M_{my2} = 1,78 \text{ kNm} - 1,78 \text{ kNm} = 0 \text{ kNm}$$

## MOMENTY ZGINAJĄCE RAMIĘ ZESPOŁU PODNOŚĄCEGO PODNOŚNIKA

Podnoszenie obiektów za pomocą ramion podnośnika wywołuje zginanie ramion. Wartość momentu zginającego ramię zależy od siły skupionej działającej na łapę ramienia oraz od odległości między kierunkiem działania tej siły a osią obrotu ramienia w zamocowaniu na wózku kolumny.

Do analizy zginania ramion podnośnika określono maksymalne momenty zginające ramiona dla obu porównywanych konstrukcji podnośnika.

Dla konstrukcji standardowej przy podnoszeniu pojazdu przyjęto następujące dane (Instrukcja pkt II, str. 7, rys. 7 i str. 8 rys. 9):

- maksymalna masa podnoszona przez 1 ramię  $m_{Sjmax} = 1\,330 \text{ kg}$ , równa połowie dopuszczalnego obciążenia jednej z osi pojazdu,
- maksymalna odległość między kierunkiem działania tej siły od w/w obciążenia a osią obrotu ramienia w zamocowaniu na wózku  $l_{s1} = 1\,500 \text{ mm}$  dla ramienia maksymalnie wysuniętego.

Na podstawie powyższych danych przyjęto model do wyznaczenia maksymalnego momentu zginającego. W modelu podnoszenia przyjęto (Rys.17):

- maksymalna siła skupiona dla przyjętej maksymalnej masy podnoszonej przez 1 ramię wynosi:  $P_{Sjmax} = 13,05 \text{ kN}$ ,
- maksymalna odległość kierunku działania w/w siły od miejsca zamocowania ramienia podnośnika na wózku  $l_{s1} = 1\,500 \text{ mm}$ .

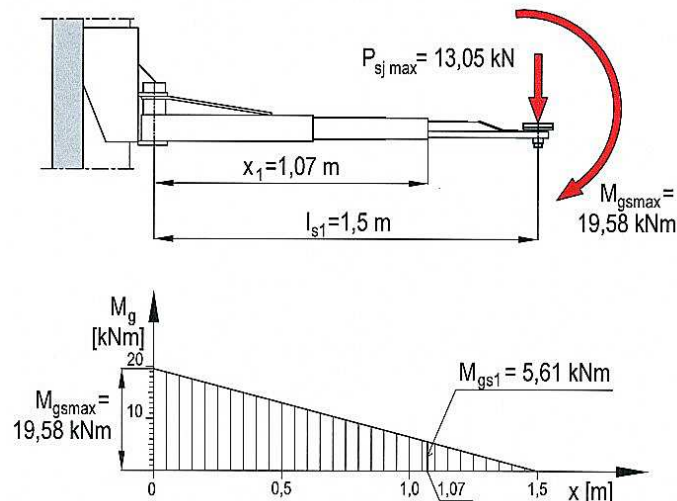
Obliczenie maksymalnego momentu zginającego ramię:

$$M_{gsmax} = P_{Sjmax} \cdot l_{s1} = 13,05 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m} = 19,58 \text{ kNm}$$

Na podstawie wykresu określono moment gnący występujący w przekroju poprzecznym w odległości  $x_1 = 1,07 \text{ m}$  od miejsca zamocowania ramienia na wózku kolumny. Jest to przekrój ostatniego członu ramienia wysuwanego (przy maksymalnym wysunięciu) w miejscu jego „utwierdzenia” w części środkowej ramienia wysuwanego. Moment ten równy jest  $M_{gs1} = 5,61 \text{ kNm}$ .

Dla konstrukcji po modernizacji przy podnoszeniu pokrywy komory dekompresyjnej przyjęto następujące dane:

- masa podnoszona przez 1 ramię  $m_{mj} = 340 \text{ kg}$ , równa  $\frac{1}{4}$  masy pokrywy wraz z zamontowanym wyposażeniem badawczym,
- odległość między kierunkiem działania tej siły od w/w obciążenia a osią obrotu ramienia w zamocowaniu na wózku  $l_m = 549 \text{ mm}$  dla ramienia po modernizacji.

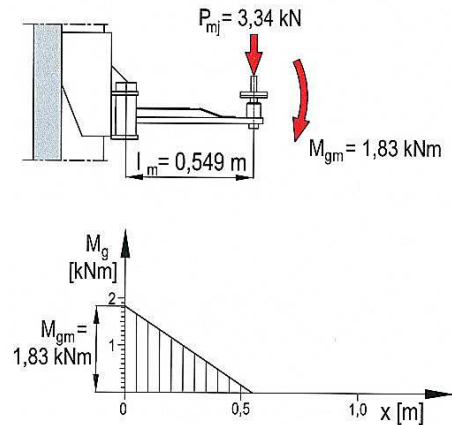


Rys. 17 Schemat przyjętego modelu podnoszenia pojazdu podnośnikiem o konstrukcji standardowej do wykonania obliczeń momentów zginających ramię oraz wykres momentów gnących działających na przekroje poprzeczne ramienia.

Na podstawie powyższych danych przyjęto model do wyznaczenia maksymalnego momentu zginającego.

W modelu podnoszenia przyjęto – Rys. 18:

- maksymalna siła skupiona dla przyjętej maksymalnej masy podnoszonej przez jedno ramię wynosi  $P_{mj} = 3,34 \text{ kN}$ ,
- odległość kierunku działania w/w siły od miejsca zamocowania ramienia podnośnika na wózku  $l_m = 549 \text{ mm}$ .



Rys. 18 Schemat przyjętego modelu podnoszenia pokrywy podnośnikiem o konstrukcji po modernizacji do wykonania obliczeń momentów zginających ramię oraz wykres momentów gnących działających na przekroje poprzeczne ramienia.

Obliczenie maksymalnego momentu zginającego ramię:

$$M_{gm} = P_{mj} \cdot l_m = 3,34 \text{ kN} \cdot 0,549 \text{ m} = 1,83 \text{ kNm}$$

### ANALIZA PORÓWNAWCZA OBU ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH PODNOŚNIKA W ZAKRESIE DZIAŁAJĄCYCH NA ICH ELEMENTY OBCIĄŻEŃ OD MASY PODNOSZONEGO OBIEKTU

W Tabeli 2 przedstawiono porównanie obciążeń eksploatacyjnych (sił skupionych, nacisków na podłoże, momentów zginających elementy konstrukcji) działających na podnośnik w wersji standardowej i w wersji po modernizacji.

Tab. 2

Porównanie obciążeń eksploatacyjnych podnośnika w analizowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych.

L.p.	Parametr porównywany	Podnośnik o konstrukcji		Uwagi
		standardowej	po modernizacji	
1.	Maksymalna siła działająca na podnośnik od masy obiektu podnoszonego	$P_{smax} = 39,24 \text{ kN}$	$P_{mmax} = 13,34 \text{ kN}$	$P_{mmax} < P_{smax}$ ok. trzykrotnie mniejsza
2.	Maksymalna siła pionowa działająca na jedną kolumnę podnośnika od masy obiektu podnoszonego	$P_{sk} = 19,62 \text{ kN}$	$P_{mk} = 6,67 \text{ kN}$	$P_{mk} < P_{sk}$ ok. trzykrotnie mniejsza
3.	Nacisk na podłoże pod jedną kolumną	$p_{sk} = 0,112 \text{ N/mm}^2$	$p_{mk} = 0,145 \text{ N/mm}^2$	$p_{sk} \approx p_{mk}$ wartości porównywalne
4.	Poprzeczny moment zginający kolumnę	$M_{sz} = 11,54 \text{ kNm}$	$M_{mz} = 3,22 \text{ kNm}$	$M_{mz} < M_{sz}$ ok. trzykrotnie mniejszy
5.	Wzdłużny moment zginający kolumnę :			
	- maksymalny dodatni:	$M_{I_{sy}1} = 20,01 \text{ kNm}$ lub $M_{II_{sy}1} = 10,09 \text{ kNm}$	stała wartość $M_{my1} = 1,78 \text{ kNm}$	$M_{my1} < M_{sy1min}$ ok. sześciokrotnie mniejszy
	- maksymalny ujemny:	$M_{I_{sy}2} = -5,70 \text{ kNm}$ lub $M_{II_{sy}2} = -11,31 \text{ kNm}$	stała wartość $M_{my2} = -1,78 \text{ kNm}$	$ M_{my2}  <  M_{sy2min} $ ok. trzykrotnie mniejszy
	- wypadkowy:			
	- dla wariantu I	$M_{I_{sy}} = 14,31 \text{ kNm}$	stała wartość $M_{my} = 0 \text{ kNm}$	Brak momentu wypadkowego dla rozwiązania po modernizacji
	- dla wariantu II	$M_{II_{sy}} = -1,22 \text{ kNm}$		
6.	Moment zginający ramię podnośnika			
	- maksymalny	$M_{gsmax} = 19,58 \text{ kNm}$	$M_{gm} = 1,83 \text{ kNm}$	$M_{gm} < M_{gsmax}$ ok. dziesięciokrotnie mniejszy
	- w przekroju poprzecznym ostatniego członu ramienia wysuwanego	$M_{gs1} = 5,61 \text{ kNm}$	$M_{gm} = 1,83 \text{ kNm}$	$M_{gm} < M_{gs1}$ ok. trzykrotnie mniejszy

Przeprowadzona analiza wytrzymałościowa rozwiązań konstrukcyjnych podnośnika w wykonaniu standardowym i po proponowanych zmianach umożliwiła wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Podstawowe obciążenie konstrukcji podnośnika po modernizacji siłami pionowymi wynikającymi z wielkości podnoszonej masy jest ok. trzykrotnie mniejsze w stosunku do rozwiązania standardowego.
2. Momenty zginające kolumnę podnośnika po modernizacji są wielokrotnie mniejsze w stosunku do rozwiązania standardowego.
3. Nie występuje wynikowy wzdłużny moment zginający kolumnę podnośnika po modernizacji, ponieważ obciążenie masą pokrywy jest symetryczne a długości ramion podnoszących są jednakowe.
4. Moment zginający ramię podnośnika po modernizacji w przekroju poprzecznym w miejscu utwierdzenia jest ok. trzykrotnie mniejszy w stosunku do momentu dla tego samego przekroju w ramieniu wysuwanym dla rozwiązania standardowego.
5. Maksymalny moment zginający ramię podnośnika po modernizacji w miejscu utwierdzenia jest ok. dziesięciokrotnie mniejszy w stosunku do momentu w miejscu utwierdzenia ramienia wysuwanego dla rozwiązania standardowego. Oznacza to, że siły ścinające sworzeń połączenia obrotowego ramienia z wózkiem podnośnika po proponowanych zmianach są również ok. dziesięciokrotnie mniejsze w stosunku do rozwiązania standardowego. Konstrukcja sworznia w połączeniu obrotowym nie została zmieniona.
6. Wynikowe naciski na podłoże, na którym mocowane są kolumny dla obu rozwiązań konstrukcyjnych podnośnika są porównywalne. Wynika to z doboru odpowiedniej powierzchni łap podpór kolumn podnośnika po modernizacji w stosunku do przyjętych sił pionowych działających przy podnoszeniu pokrywy komory dekompresyjnej.

### STEROWANIE PRACĄ PODNOŚNIKA

Sterowanie pracą podnośnika, podczas jego standardowego użytkowania, odbywa się za pomocą panelu umieszczonego na jednej z kolumn. Umożliwia on wykonywanie następujących procedur:

- podnoszenie lub opuszczanie pojazdu,
- wyrównywanie i poziomowanie wysokości podnoszenia dla obu wózków kolumn,
- doprowadzanie napięcia do silników napędowych, obracających śruby pociągowe, napędzające wózki podnoszące,
- działanie podstawowej automatyki ruchu podnośnika jak m.in. wyłączniki krańcowe i elektroniczna synchronizacja poziomowania.

Na Rys. 19 pokazano montowany na jednej z kolumn panel sterowania pracą podnośnika podczas jego standardowego użytkowania.



Rys. 19 Standardowo montowany panel sterowania pracą podnośnika.

Na panelu sterującym zamontowano wyłącznik główny doprowadzający zasilanie do podnośnika. W jego dolnej części umieszczono trzy przyciski oraz trzy lampki kontrolne o następującym przeznaczeniu (Instrukcja, str. 11):

- przycisk: podnoszenie do góry,
- przycisk: opuszczanie w dół,
- przycisk: opuszczanie w dół w końcowej fazie wraz z włączonym sygnałem ostrzegawczym,
- lampki kontroli synchronizacji: Line 1, Syncro 4, Alarm 5.

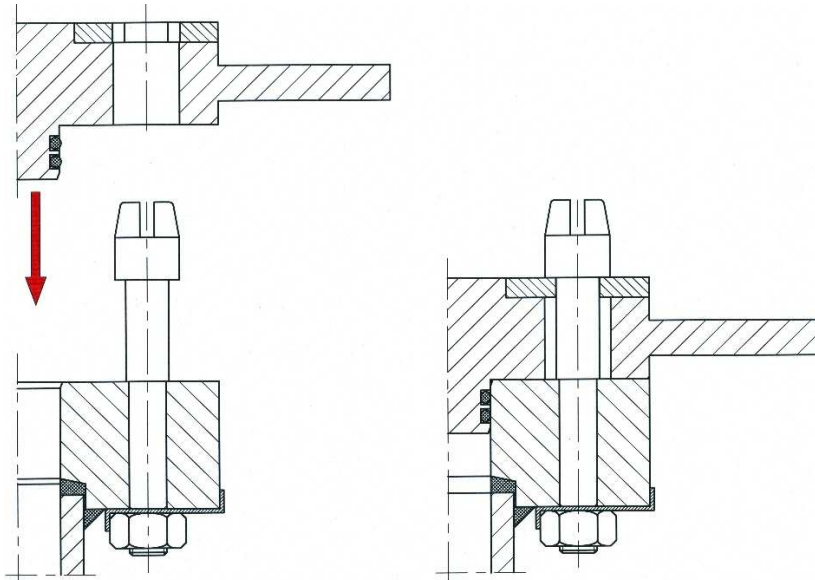
Praca podnośnika odbywa się z jedną prędkością w obu kierunkach. Nierównomierność w podnoszeniu obiektów pomiędzy kolumnami wynika z nierównomiernej pracy silników elektrycznych. Powoduje to zróżnicowanie w wysokości położenia wózków podnoszących. W takim przypadku następuje przechylenie się pojazdu na jedną ze stron. Procedurę ponownego poziomowania ma zapewnić wbudowana w panel sterowania elektroniczna synchronizacja. W przypadku wystąpienia różnicy poziomów większej niż 50 mm podnośnik zatrzymuje się. Występowanie takiej sytuacji oznacza, że urządzenie charakteryzuje się małą precyzją procesu unoszenia.

Z punktu widzenia standardowego przeznaczenia podnośnika cecha ta nie ma większego znaczenia w przypadku prac warsztatowych.

W procesie planowanej modernizacji podnośnika, precyzja unoszenia górnej pokrywy komory dekompresyjnej ma bardzo istotne znaczenie. Wynika to z faktu, że uszczelnienie górnej, ruchomej pokrywy ze stacjonarnym kołnierzem wstawianym w korpus komory dekompresyjnej, zaprojektowano w postaci 2 uszczelki typu „oring” wykonanych z silikonu (gumy odpornej na tlen). W tym rozwiązaniu szczelność zbiornika uzyskuje się pomiędzy cylindryczną, wewnętrzną powierzchnią kołnierza zbiornika, a boczną powierzchnią ruchomej pokrywy, uszczelkami umieszczonymi w rowkach pokrywy.

Na Rys. 20 pokazano rozwiązanie konstrukcyjne uszczelnienia ruchomej pokrywy górnej względem korpusu komory dekompresyjnej.

Ze względu na poprawność uszczelnienia, konstrukcyjny luz pomiędzy obu częściami wymagany jest na poziomie dziesiątek milimetra. Stan ten jednoznacznie wskazał, że posadowienie pokrywy w kołnierzu ustalającym, wymaga stosunkowo dużej precyzji. Parowanie tych części musi przebiegać osiowo, a pokrywa i kołnierz muszą być wzajemnie wypoziomowane, aby zapobiec ewentualnemu „zakleszczeniu się” pokrywy w kołnierzu.



Rys. 20 Rozwiązanie konstrukcyjne uszczelnienia ruchomej pokrywy górnej względem korpusu komory dekompresyjnej.

Uwzględniając występujące uwarunkowania uznano, że modernizacja podnośnika, pod względem prowadzenia procesu unoszenia i opuszczania pokrywy, powinna zapewniać m.in.:

- precyzyjne sterowanie zmiennymi prędkościami wózków podnoszących,
- precyzyjne poziomicowanie pokrywy względem komory dekompresyjnej (zbiornika) w taki sposób, aby następowało równomierne wprowadzanie jej bocznej części uszczelniającej do kołnierza ustalającego w stacjonarnym zbiorniku ciśnieniowym.

Do rozwiązania tego problemu przyjęto, że:

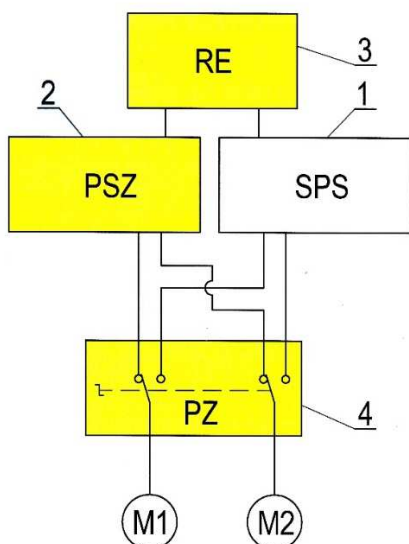
- dokładna regulacja prędkości unoszenia i opuszczania na różnych wysokościach powinna odbywać się za pomocą falowników napięcia podłączonych do silników elektrycznych, zamontowanych na kolumnach podnośnika,
- regulowanie poziomego ustawienia ruchomej pokrywy komory dekompresyjnej, względem stacjonarnie ustawionego kołnierza ustalającego, powinno odbywać się w czasie rzeczywistym za pomocą precyzyjnej poziomicy elektronicznej,
- całością procesu podnoszenia i opuszczania pokrywy po modernizacji powinien sterować komputer za pomocą opracowanego do tego celu oprogramowania.

Analiza schematu elektrycznego podnośnika (Instrukcja, str. 17) wykazała, że możliwym jest równoległe wpięcie się do istniejącej w podnośniku instalacji z nowymi elementami wykonawczymi, sterowanymi oprogramowaniem komputerowym. Oznacza to, że prace modernizacyjne nie spowodowałyby poważnych zmian w istniejącej instalacji elektrycznej. Sterowanie pracą urządzenia możliwe byłoby zarówno oryginalnym, standardowym panelem lub po przełączeniu układem cyfrowym.

W celu dodatkowego zabezpieczenia pracy podnośnika uznano, że należałoby go wyposażyć w dwie pary dodatkowych wyłączników krańcowych, umieszczonych na jednej z kolumn pomiędzy wyłącznikami zamontowanymi fabrycznie. Ich zadaniem byłoby odłączanie zasilania urządzenia w przypadku przekroczenia wymaganego zakresu działania przy podnoszeniu i opuszczaniu (Rys. 1) lub uszkodzenia jednej z par wyłączników.

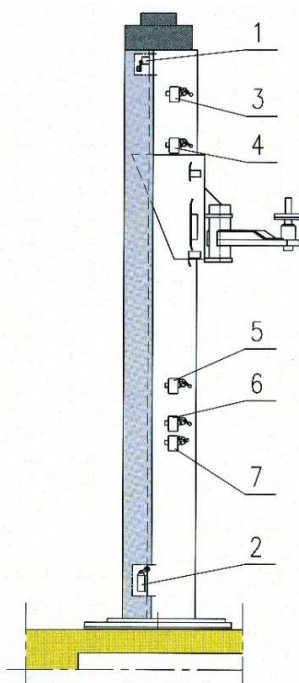
Na Rys. 21 przedstawiono schemat funkcjonalny instalacji elektrycznej podnośnika, na którym kolorem żółtym zaznaczono proponowane elementy dodatkowe.

Na Rys. 22 pokazano proponowany układ wyłączników krańcowych na jednej z kolumn podnośnika.



- 1 - SPS - Standardowy pulpit sterujący podnośnika dwukolumnowego 254 S/4
- 2 - PSZ - Pulpit sterowania zmodernizowanego podnośnika
- 3 - RE - Rozdzielnica elektryczna z zabezpieczeniami
- 4 - PZ - Przełącznik zasilania silników kolumn podnośnika
- M1 - Silnik elektryczny kolumny lewej
- M2 - Silnik elektryczny kolumny prawej

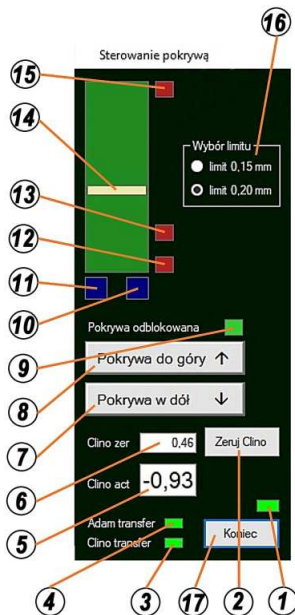
Rys. 21 Proponowany schemat funkcjonalny instalacji elektrycznej podnośnika.



Rys. 22 Proponowany układ wyłączników krańcowych na jednej z kolumn podnośnika 1, 2 – wyłączniki krańcowe w standardowej konstrukcji podnośnika, 3 ÷ 7 – dodatkowe wyłączniki krańcowe w przypadku podnoszenia pokrywy.

Na Rys. 23 pokazano proponowany interfejs oprogramowania do sterowania pracą podnośnika za pomocą oprogramowania komputerowego projektu informatyka mgr inż. Arnolda Dziambora pracownika ZTPP AMW.





Oznaczenia :

- 1 - kontrolka pracy sieci Ethernet
- 2 - zerowanie poziomicy elektronicznej
- 3 - kontrolka poprawności komunikacji z poziomą
- 4 - kontrolka poprawności komunikacji z modułami przekaźnikowymi
- 5 - aktualna wartość odchylenia poziomicy od poziomu spoczynkowego pokrywy komory dekompresyjnej w [mm/m]
- 6 - wartość korekcyjna poziomicy po zerowaniu w [mm/m]
- 7 - przycisk start-stop ruchu pokrywy w dół
- 8 - przycisk start-stop ruchu pokrywy w górę
- 9 - kontrolka mechanicznej blokady pokrywy
- 10 - kontrolka ruchu wózka podnoszącego na kolumnie prawej
- 11 - kontrolka ruchu wózka podnoszącego na kolumnie lewej
- 12 - kontrolka osiągnięcia dolnego położenia pokrywy
- 13 - kontrolka osiągnięcia poziomu śrub zaczepowych pokrywy
- 14 - wskaźnik bieżącego położenia pokrywy w czasie rzeczywistym
- 15 - kontrolka osiągnięcia górnego położenia pokrywy
- 16 - przełącznik wyboru dopuszczalnego limitu odchylenia pokrywy w [mm/m]
- 17 - przycisk zakończenia działania programu

Rys. 23 Proponowany interfejs oprogramowania do sterowania pracą podnośnika za pomocą komputera.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych, podstawowych obliczeń wytrzymałościowych oraz propozycji niezbędnych zmian w konstrukcji podnośnika można stwierdzić, że:

- w żadnym przypadku proponowane zmiany konstrukcyjne, które należałoby wykonać w procesie modernizacji, nie wpłyną na pogorszenie właściwości wytrzymałościowych urządzenia. Zdaniem autorów jest to jednoznaczne z utrzymaniem dotychczasowych walorów użytkowych podnośnika. Wynika to m.in. z faktu, że znaczne obniżenie ciężaru podnoszonej masy, zmniejszenie rozstawu kolumn i skrócenie ramion podnoszących, powoduje ok. trzykrotne obniżenie obciążeń elementów składowych maszyny,
- zmiana podmiotu (przedmiotu) unoszenia z samochodu na pokrywę zbiornika ciśnieniowego nie zmienia podstawowej funkcji urządzenia, jaką jest pionowe podnoszenie/opuszczanie określonego ciężaru w zakresie dopuszczalnej, standardowej wysokości i w zbliżonym do standardowego sposobie użytkowania układzie przestrzennym,
- umieszczenie kolumn podnoszących na dodatkowych podporach, które powinny być zamontowane w zagłębieniu i odpowiednio przymocowane do podłoża, zbliżone jest pod względem wytrzymałości do warunków
- posadowienia opisanych w instrukcji obsługi urządzenia. Podpory zrównują podstawy kolumn z powierzchnią pomieszczenia,
- zmiana konstrukcyjna łąp, zamontowanych na ramionach unoszących, polegająca na osiowym dodaniu trzpienia ustalającego, powinna zabezpieczyć przed możliwością zsunięcia się podnoszonej pokrywy zbiornika. W połączeniu z fabrycznie zainstalowanymi w obu kolumnach mechanizmami zatrzymującym gwałtowny spadek wózków unoszących [4], zestaw ten zwiększa bezpieczeństwo użytkowania podnośnika,
- wprowadzenie komputerowego systemu sterowania procesem podnoszenia/opuszczania powinno znacznie zwiększyć precyzję zamykania/otwierania pokrywy zbiornika ciśnieniowego. Należy zauważyć, że zdalne sterowanie jej unoszeniem zwiększa bezpieczeństwo obsługi urządzenia. Pulpit sterujący można umieścić w większej odległości od podnośnika i związanej z nim strefy zagrożenia.

## LITERATURA

1. WERTHER International ""Podnośnik elektromechaniczny dwukolumnowy 254 S/4" Instrukcja obsługi
2. v. 09.09 Werther International POLSKA
3. Karta reklamowa podnośnika – [www.wertherint.com](http://www.wertherint.com) (13.07.2019);
4. Urząd Dozoru Technicznego – <https://www.udt.gov.pl/naprawy-i-modernizacje> (13.07.2019);
5. dr inż.. M. Jankowski "Zabezpieczenia w podnośnikach samochodowych"
6. [www.werther.pl/images/pisza/zabezpieczenia\\_w\\_podn\\_sam.pdf](http://www.werther.pl/images/pisza/zabezpieczenia_w_podn_sam.pdf).

**dr inż. Zbigniew Talaśka**

Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte  
81-103 Gdynia 3 ul. Śmidowicza 69  
Zakład Technologii Prac Podwodnych  
tel. + 58 626 27 46, fax. +58 625 38 82  
e-mail: [zbigniew\\_talaska@wp.pl](mailto:zbigniew_talaska@wp.pl)