



(54) **Stanowisko do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**17.05.2021 BUP 10/21**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**22.08.2022 WUP 34/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL**  
**KIRCHHOFF POLSKA**  
**SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ**  
**ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Mielec, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PAWEŁ KACZYŃSKI, Wrocław, PL**  
**KAROL JAŚKIEWICZ, Wrocław, PL**  
**ZBIGNIEW GRONOSTAJSKI, Wrocław, PL**  
**SŁAWOMIR POLAK, Syców, PL**  
**JAKUB KRAWCZYK, Bielawa, PL**  
**MATEUSZ SKWARSKI, Koźuchów, PL**  
**WŁADYSŁAW CHORZĘPA, Mielec, PL**  
**KRZYSZTOF ŚLIZ, Chorzelów, PL**  
**SŁAWOMIR UZAR, Malinie, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Katarzyna Paprzycka**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest stanowisko do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego.

W większości przypadków stanowiska do badania skutków obciążenia głowy siłą dynamiczną są opracowane w układach poziomych oraz pionowych składających się z prowadnic na których umieszczony jest wózek lub bijak oraz z wykorzystaniem ramion wychylnych (wahadło).

W Zakładach Ochrony Osobistej CIOP-PIB, w ramach II etapu programu wieloletniego pt. „Prawa bezpieczeństwa i warunków pracy” opracowano metodę badań i stanowisko badawcze pozwalające na określanie zdolności pochłaniania energii uderzenia przez hełmy ochronne [<https://mn.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/79739/Metoda-badania-helmow-03-A-09-2013.pdf>]. Z opisu stanowiska wynika, że składa się ono głównie z pionowych prowadnic na których zamocowany jest wózek bijaka, oraz z przytwierdzonej do podstawy makiety głowy na której znajduje się badany hełm. Całość osadzona jest na monolitycznym fundamencie. Dodatkowo stanowisko wyposażone jest w system sterowania napędem i zwalniania bijaka oraz w układy pomiarowe niezbędne do zebrania właściwych danych i ich analizy.

Wadą opisanego stanowiska jest brak zastosowania elementów pochłaniających energię (poza badanym hełmem) pozwalających na odwzorowanie warunków zbliżonych do rzeczywistych w trakcie oddziaływania siły dynamicznej na głowę.

Z opisu stanowiska do badania materiałów energochłonnych stosowanych w kaskach motocyklowych [<https://www.czasopismologistyka.pl/artykuly-naukowe/send/338-artykuly-na-plycie-cd-2/9109-prochowski-pusty-obciazenia-dynamiczne>] opracowanego przez Przemysłowy Instytut Motoryzacji w Warszawie (PIMOT), wynika, że składa się ono głównie z ramienia wychylnego na którym przymocowana jest głowa manekina Hybrid III (M50) wraz z szyją. Ramię wychylane jest z pozycji początkowej (spoczynkowej) za pomocą systemu unoszącego. Wychylenie ramienia wpływa na energię uderzenia. Kowadło natomiast, zamocowane jest do konstrukcji stanowiska badawczego. Badanie polega na uderzeniu głową manekina wraz z szyją w odpowiednio dobrany element, zamocowany przy kowadło. Stanowisko wyposażone jest w akcelerometry i czujniki siły umożliwiające pomiar sygnału w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach oraz czujniki mierzące momenty zginające szyję wokół trzech osi pomiarowych.

Wadą zastosowanego stanowiska jest skomplikowany układ pomiarowy wynikający z zastosowania stanowiska wahadłowego, w którym należy wyznaczyć poszczególne składowe wektorów. Dodatkową wadą jest zwiększony nakład pracy podczas zmiany pozycji głowy względem kowadła. Zabieg ten wymaga wielu czynności pomocniczych, natomiast w rozwiązaniu zgłaszanym do ochrony odbywa się to poprzez zmianę pozycji głowy na elementach podpierająco-pozycjonujących bez dodatkowych czynności.

Duża część badań dotyczących obrażeń głowy pieszych uczestników ruchu drogowego realizowana jest przez niezależne organizacje ds. oceny bezpieczeństwa pojazdów takie jak: NCAP (European New Car Assessment Programm) lub JNCAP (Japan New Car Assessment Program). Organizacje te prowadzą dwa rodzaje testów [<https://cdn.euroncap.com/media/32288/euro-ncap-pedestrian-testing-protocol-v84.pdf>].

W pierwszym z nich, w celu odtworzenia warunków wypadków przy prędkości około 40 km/h wykonywane są testy w których biorą udział manekiny dzieci i dorosłych. Miejsca uderzenia są badane i oceniane na podstawie wskazanych standardów przez European Enhanced Vehicle-safety Committee. Wadą takiego podejścia jest brak możliwości wyizolowania sił działających na poszczególne części ciała człowieka oraz to, że test wiąże się z wykorzystaniem w pełni oczujnikowanego manekina i zniszczeniem samochodu, co jest rozwiązaniem bardzo kosztownym.

W drugim z nich badane są obrażenia głowy pieszego następujące w wyniku uderzenia w podszycie i maskę samochodu podczas potrącenia. W tym celu wystrzeliwuje się impaktor głowy w wybrane punkty maski samochodowej. Wadą jest skomplikowana budowa stanowiska, w szczególności układu wystrzeliwującego, częste uszkodzenia kabla sygnałowego oraz konieczność wykorzystania całego pojazdu.

Kolejne rozwiązanie służy do badania kasków. Zostało ono zaprezentowane przez School of Kinesiology, Lakehead University, Thunder Bay, Canada [<http://article.sapub.org/10.5923.j.safety.20170601.02.html>]. Składa się ono z pionowego podwójnego systemu szynowego z głową manekina z odcinkiem szyjnym. Urządzenie wykorzystuje przemieszczającą się po prowadnicach platformę, do

której zamontowany jest wózek umożliwiający montaż modelu głowy wraz z odcinkiem szyjnym. Test polega na nałożeniu badanego elementu ochronnego na głowę i ustalenie wzajemnej pozycji głowy i kowadła. W momencie zwolnienia wózka, głowa spada swobodnie i uderza w sztywne kowadło umieszczone w dolnej części stanowiska.

Niedogodnością opisanego stanowiska jest zwiększenie swobodnie spadającej masy. W jej skład wchodzi wzajemnie skręcone: model głowy, model szyi oraz masywne, stalowe elementy przemieszczające się po prowadnicach. Taki sposób montażu zmienia momenty bezwładności głowy podczas uderzenia i powoduje że warunki rzeczywiste nie są w pełni odwzorowane.

Innymi, często stosowanymi stanowiskami są układy liniowe (horizontal impactor). W takim rozwiązaniu stanowisko składa się z poziomo prowadzonego wózka z zamocowaną głową manekina wraz z odcinkiem szyjnym. Początkowa prędkość regulowana jest za pomocą sprężyn o różnych sztywnościach lub odpowiedniego układu pneumatycznego. Wózek z badanym elementem po rozpędzeniu uderza w pionową przeszkodę.

Zastosowane rozwiązanie posiada jednak wady wynikające z zastosowania układu poziomego, w którym nie jest możliwe napędzenie głowy bez zewnętrznych źródeł energii.

Stanowisko do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego, w którym impaktor głowy umieszczony jest bezpośrednio nad zamocowanym nieruchomo słupkiem dachowym i przemieszcza się swobodnie po zwolnieniu blokady w kierunku słupka dachowego według wynalazku charakteryzuje się tym, że impaktor głowy wraz z zamocowanym w nim systemem pomiarowym osadzony jest poprzez lekki wcisk w elementy podpierająco-pozycjonujące klatki bezpieczeństwa, która porusza się suwliwie wzdłuż prowadnic za pomocą elementów prowadzących, zaś wyjęcia klatki bezpieczeństwa umożliwiają przemieszczenie się klatki poniżej górnej powierzchni słupka bez ich wzajemnego kontaktu tak, że możliwe jest zetknięcie się impaktora oraz słupka dachowego oraz pochłonięcie energii spadającej klatki poprzez znajdujące się pod nią elementy energochłonne, przy czym słupek dachowy zamocowany jest do podstawy za pomocą skręcanych opraw oraz łap montażowych.

Korzystnie podstawa ma postać standardowego stołu teowego bądź płyty bazowej z rozmieszczonymi w szyku prostokątnym otworami gwintowanymi.

Korzystnie stanowisko posiada ramę służącą do instalacji prowadnic zamocowaną w dwóch miejscach: do fundamentu oraz stropu.

Najkorzystniej rama ma sztywność na ugięcia boczne nie mniejszą niż 5000 N/mm w każdym z bocznych kierunków oraz wysokość nie mniejszą niż 1 m.

Korzystnie stanowisko posiada fundament wykonany z elementu stalowego o masie nie mniejszej niż 400 kg, który jest odseparowany od fundamentu budynku za pomocą wibroizolacji.

Korzystnie masa klatki stanowiącej część ruchomą nie przekracza 100 kg.

Korzystnie klatka zbudowana jest z metalowej ramy, z zewnętrznej osłony z materiału odpornego na pęknięcia o udarność nie mniejszej niż 5 J/m<sup>2</sup>, wewnętrznego wypełnienia z materiału o grubości 1–10 cm i sztywności nie większej niż 100 N/mm oraz mocowanych do dna klatki elementów podpierająco-pozycjonujących.

Najkorzystniej elementy podpierająco-pozycjonujące wykonane są z materiału sprężysto-elasticznego o module sprężystości podłużnej nie większym niż 20 MPa oraz umożliwiającym ręczną obróbkę mechaniczną, co ułatwia dostosowanie kształtu elementów do zewnętrznego kształtu impaktora głowy.

Korzystnie odległość w pionie między parami elementów prowadzących zawiera się w zakresie 300–500 mm, co osiągane jest przez dobór wymiarów klatki.

Korzystnie impaktor głowy o wymiarach zewnętrznych i masie odpowiadającej rzeczywistej głowie wykonany jest ze stopu magnezu lub stopu aluminium i ma pierwszą częstotliwość drgań własnych nie mniejszą niż 2000 Hz.

Korzystnie system pomiarowy zamocowany w impaktorze głowy wykorzystuje trójosiowy akcelerometr umieszczony w środku ciężkości głowy i ma zakres pomiarowy 0–1000 g z możliwością krótkotrwałego przeciążenia.

Korzystnie powierzchnia podziału dzielonych, skręcanych opraw ma kształt odwzorowujący zewnętrzne powierzchnie badanego słupka dachowego.

Korzystnie dobiera się wymiary i sztywność elementów energochłonnych tak, że zatrzymanie ruchu klatki następuje po przebyciu drogi 20–250 mm od momentu zetknięcia się klatki i elementów energochłonnych.

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest bliżej w przykładach realizacji nie ograniczając jego zakresu oraz na rysunku na którym:

- fig. 1 przedstawia widok izometryczny stanowiska do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego wraz z oznaczeniem kluczowych podzespołów.
- fig. 2 przedstawia widok z góry stanowiska do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego wraz z oznaczeniem przekrojów przedstawionych na fig. 3 i fig. 4.
- fig. 3 przedstawia przekrój poprzeczny A-A stanowiska do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego wraz z oznaczeniem kluczowych podzespołów.
- fig. 4 przedstawia przekrój wzdłużny B-B stanowiska do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego wraz z oznaczeniem kluczowych podzespołów.
- fig. 5 przedstawia widok izometryczny części ruchomej stanowiska do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego wraz z oznaczeniem kluczowych podzespołów.

#### Przykład 1

Stanowisko do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy 2 pojazdu samochodowego, w którym impaktor głowy 1 posiadający pierwszą częstotliwość drgań własnych 3450 Hz wykonany jest ze stopu magnezu AZ31B i odzwierciedla swym kształtem, masą i wymiarami głowę dorosłego człowieka o średnicy 535 mm. Impaktor wyposażony jest w bezprzewodowy, miniaturowy system pomiarowy składający się z: baterii 100 mAh, trójkanałowego rejestratora o częstotliwości próbkowania do 1 MHz oraz trójosiowego, udarowego akcelerometru o zakresie pomiarowym 0–1000 g z możliwością jego przeciążenia do 150% przez okres 1 ms, który umieszczony jest w środku ciężkości impaktora głowy 1. Impaktor głowy 1 umieszczony jest w ważącej 30 kg klatce bezpieczeństwa 5 składającej się ze stalowej ramy 15 wykonanej z zimnogiętych rur kwadratowych. Do zewnętrznej części ramy przykręcona jest otwierana osłona 16 z przezroczystego poliwęglanu o grubości 8 mm wypełniona arkuszami pianki poliuretanowej 17 o grubości 4 cm z boku i viskoelastyczną pianką o grubości 8 cm z góry. Do dna ramy przyspawane są z obu stron metalowe płaskowniki, do których przyklejone są elementy podpierająco-pozycjonujące 4 wykonane z mat gumowych o module sprężystości podłużnej około 10 MPa, co umożliwia osadzenie na wcisk impaktora głowy 1 pomiędzy matami 4 i dostosowanie się mat 4 do zewnętrznego kształtu głowy 1.

Klatka 5 może poruszać się suwliwie za pomocą mocowanych do niej ośmiu łożysk kulkowych 7 o rozstawie pionowym 400 mm (za prowadzenie każdego z czterech punktów kontaktu z prowadnicami odpowiadają dwa łożyska). Łożyska 7 o zredukowanym tarcu mogą się poruszać po pokrytych smarem dwóch mosiężnych prowadnicach 6, które przyspawane są do ramy 13 składającej się z czterech ceowników zwykłych o długości 4200 mm (co jednocześnie definiuje wysokość ramy). Rama 13 przykręcona jest do stropu oraz do stalownego fundamentu 14 o masie 3000 kg, który jest odseparowany od fundamentu budynku za pomocą wibroizolacji. Wywołany zwolnieniem zaczepu elektromagnetycznego 3 spadek klatki 5 umieszczonej na wymaganej wysokości za pomocą wciągarki linowej amortyzowany jest za pomocą odboji gumowych 9 o średnicy 60 mm i wysokości 140 mm.

Klatka 5 posiada wycięcia 8 o prostokątnym kształcie, co zapewnia brak wzajemnego kontaktu między klatką 5, a badanym słupkiem dachowym 2, który zamocowany jest za pomocą skręcanych opraw 11 i łap montażowych 12 do podstawy 10. Powierzchnia podziału opraw 11 została wyfrezowana za pomocą obróbki CNC tak, że kształt wewnętrzny obu połówek opraw odwzorowuje kształt zewnętrznych powierzchni głowy i stopy badanego słupka dachowego 2. Wycięcia 8 umożliwiają przemieszczenie się klatki 5 poniżej poziomu słupka 2. W wyniku tego następuje uderzenie impaktora głowy 1 w słupek 2 oraz dalsze przemieszczanie się klatki 5 do momentu pochłonięcia jej energii kinetycznej przez znajdujące się poniżej elementy energochłonne 9 przykręcone do podstawy 10.

#### Przykład 2

Stanowisko jak w przykładzie pierwszym z tym, że impaktor głowy 2 spełnia dodatkowo wymagania normy EN960-1, która szczegółowo określa wymiary, materiał i kształt zewnętrzny makiet głowy do badań hełmów ochronnych.

### Przykład 3

Stanowisko jak w przykładzie 1 z tym, że konstrukcja klatki bezpieczeństwa 5 wykonana jest w całości z tworzywa sztucznego w celu zminimalizowania masy klatki 5.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Stanowisko do badania obrażeń głowy podczas uderzenia w słupek dachowy pojazdu samochodowego, w którym impaktor głowy (1) umieszczony jest bezpośrednio nad zamocowanym nieruchomo słupkiem dachowym (2) i przemieszcza się swobodnie po zwolnieniu blokady (3) w kierunku słupka dachowego (2) **znamiennie tym**, że impaktor głowy (1) wraz z zamocowanym w nim systemem pomiarowym osadzony jest poprzez lekki wcisk w elementy podpierająco-pozycjonujące (4) klatki bezpieczeństwa (5), która porusza się suwliwie wzdłuż prowadnic (6) za pomocą elementów prowadzących (7), zaś wycięcia (8) klatki bezpieczeństwa (5) umożliwiają przemieszczenie się klatki (5) poniżej górnej powierzchni słupka dachowego (2) bez ich wzajemnego kontaktu tak, że możliwe jest zetknięcie się impaktora (1) oraz słupka (2) oraz pochłonięcie energii spadającej klatki (5) poprzez znajdujące się pod nią elementy energochłonne (9), przy czym słupek dachowy (2) zamocowany jest do podstawy (10) za pomocą skręcanych opraw (11) oraz łap montażowych (12).
2. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że podstawa (10) ma postać standardowego stołu teowego bądź płyty bazowej z rozmieszczonymi w szyku prostokątnym otworami gwintowanymi.
3. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że posiada ramę (13) służącą do instalacji prowadnic (6), która zamocowana jest w dwóch miejscach: do fundamentu (14) oraz stropu.
4. Stanowisko według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że rama (13) ma sztywność na ugięcia boczne nie mniejszą niż 5000 N/mm w każdym z bocznych kierunków oraz wysokość nie mniejszą niż 1 m.
5. Stanowisko według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że posiada fundament (14) wykonany z elementu stalowego o masie nie mniejszej niż 400 kg, który odseparowany jest od fundamentu budynku za pomocą wibroizolacji.
6. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że masa klatki (5) stanowiącej część ruchomą nie przekracza 100 kg.
7. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że klatka (5) zbudowana jest z ramy (15), z zewnętrznej osłony (16) z materiału odpornego na pęknięcia o udarność nie mniejszej niż 5 J/m<sup>2</sup>, wewnętrznego wypełnienia (17) z materiału o grubości 1–10 cm i sztywności nie większej niż 100 N/mm oraz mocowanych do dna klatki (5) elementów podpierająco-pozycjonujących (4).
8. Stanowisko według zastrz. 7, **znamiennie tym**, że elementy podpierająco-pozycjonujące (4) wykonane są z materiału sprężysto-elastycznego o module sprężystości podłużnej nie większym niż 20 MPa.
9. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że odległość w pionie między parami elementów prowadzących (7) zawiera się w zakresie 300–500 mm, co osiągnęte jest przez dobór wymiarów klatki (5).
10. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że impaktor głowy (1) o wymiarach zewnętrznych i masie odpowiadającej rzeczywistej głowie wykonany jest ze stopu magnezu lub stopu aluminium i ma pierwszą częstotliwość drgań własnych nie mniejszą niż 2000 Hz.
11. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że system pomiarowy zamocowany w impaktorze głowy (1) wykorzystuje trójosiowy akcelerometr umieszczony w środku ciężkości głowy i ma zakres pomiarowy 0–1000 g z możliwością krótkotrwałego przeciążenia.
12. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że powierzchnia podziału dzielonych, skręcanych opraw (11) ma kształt odwzorowujący zewnętrzne powierzchnie badanego słupka dachowego (2).
13. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że wymiary i sztywność elementów energochłonnych (9) dobrane są tak, że zatrzymanie ruchu klatki (5) następuje po przebyciu drogi 20–250 mm od momentu zetknięcia się klatki (5) i elementów energochłonnych (9).

## Rysunki

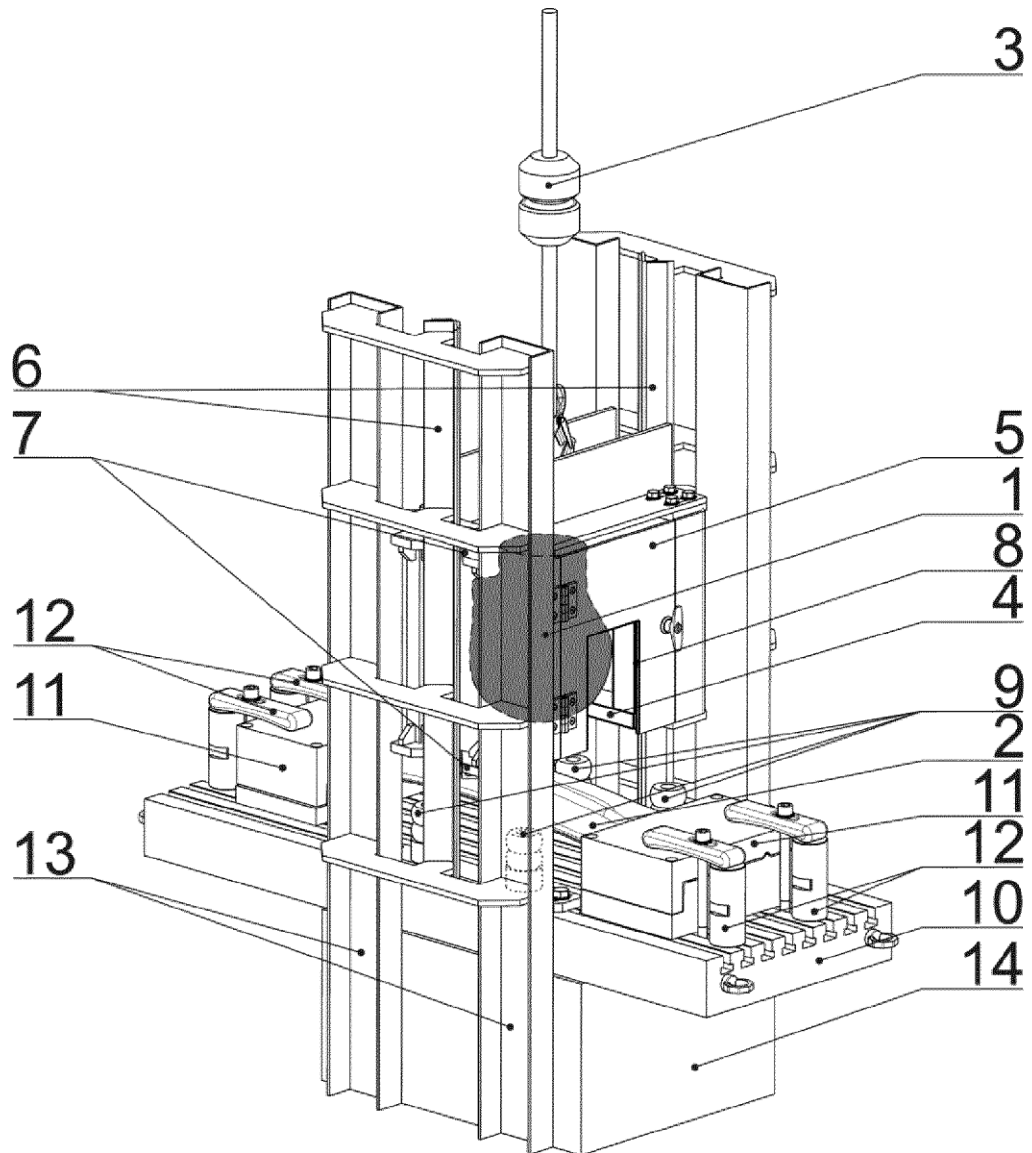


Fig. 1

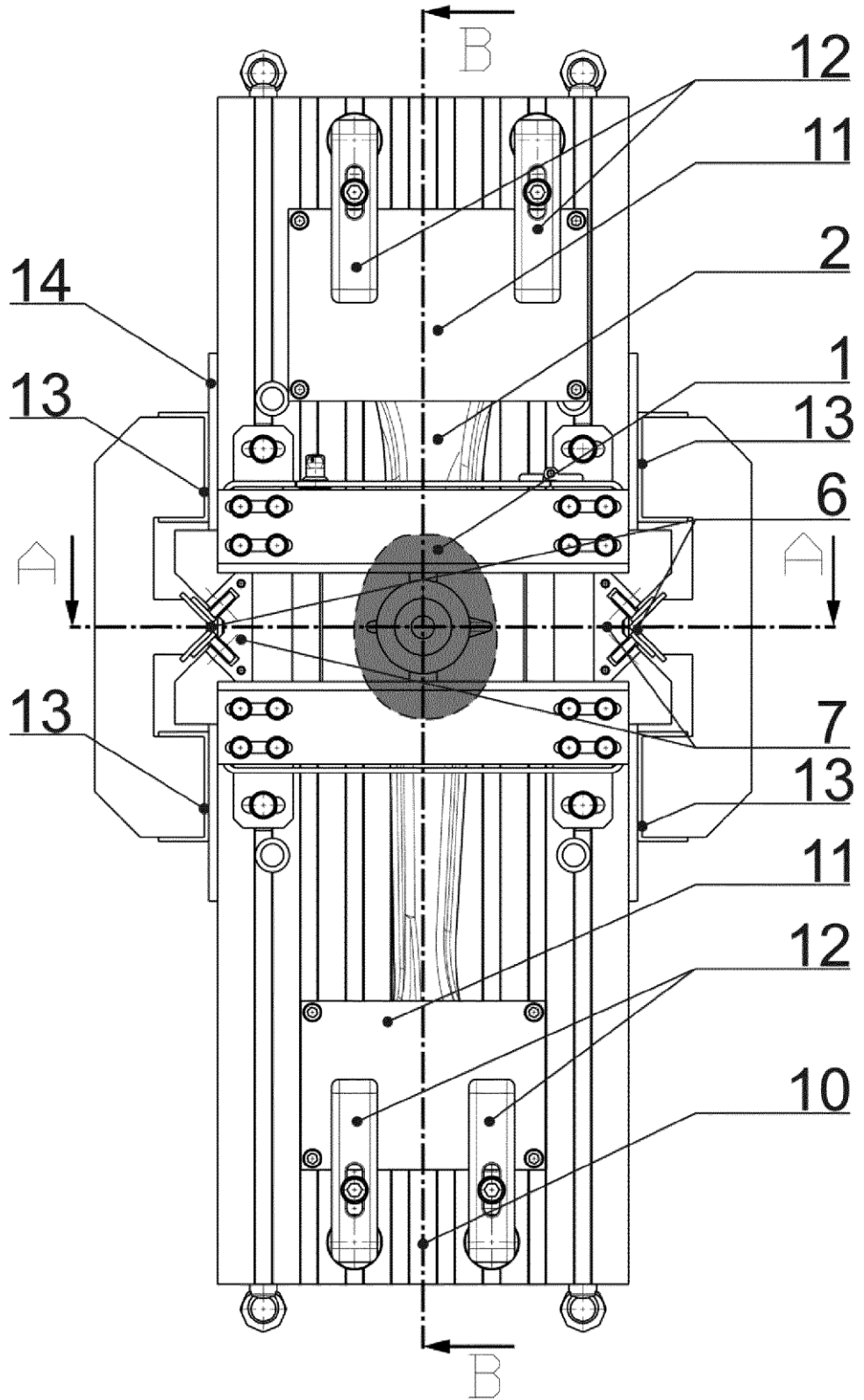


Fig. 2

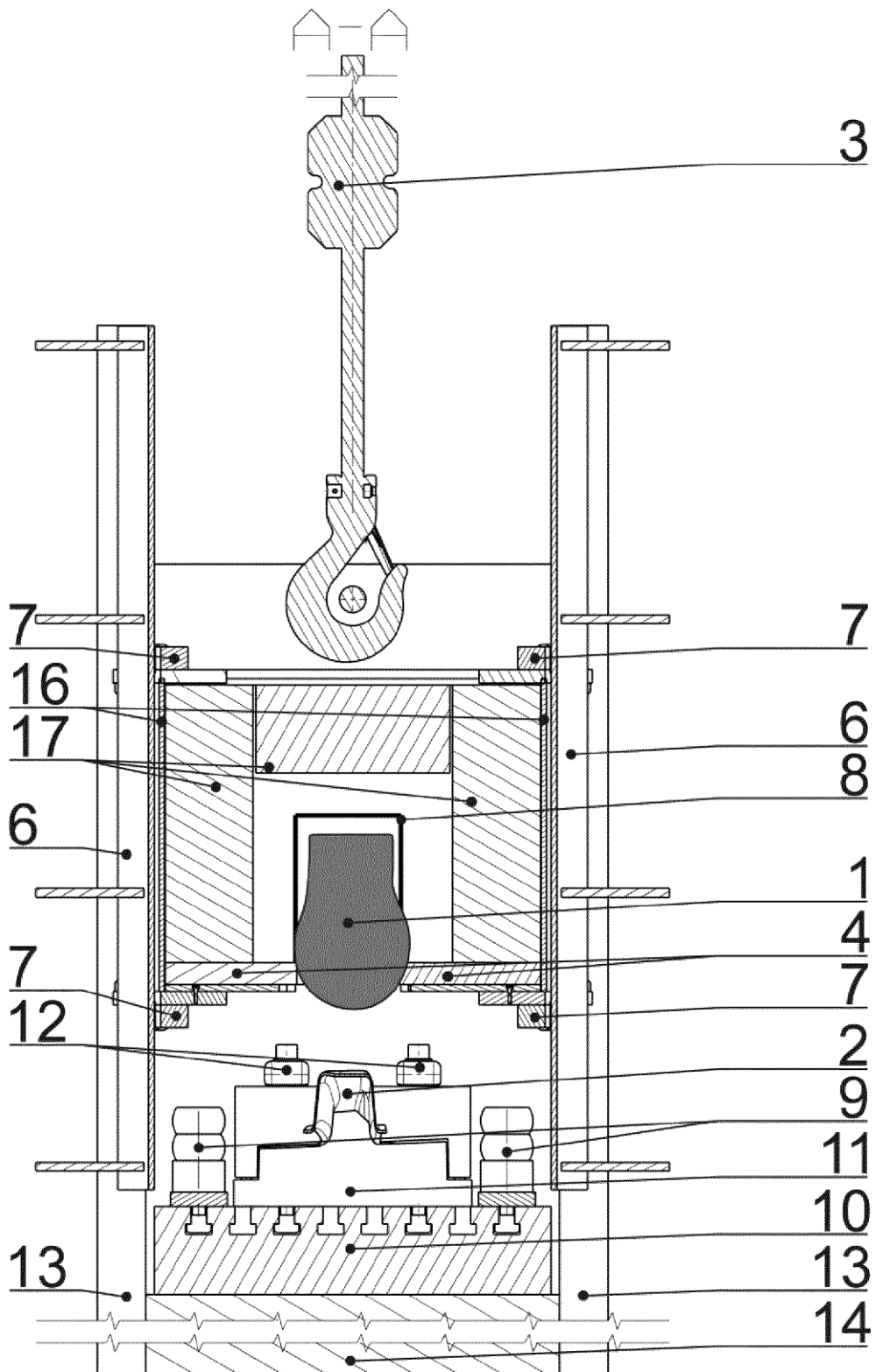


Fig. 3

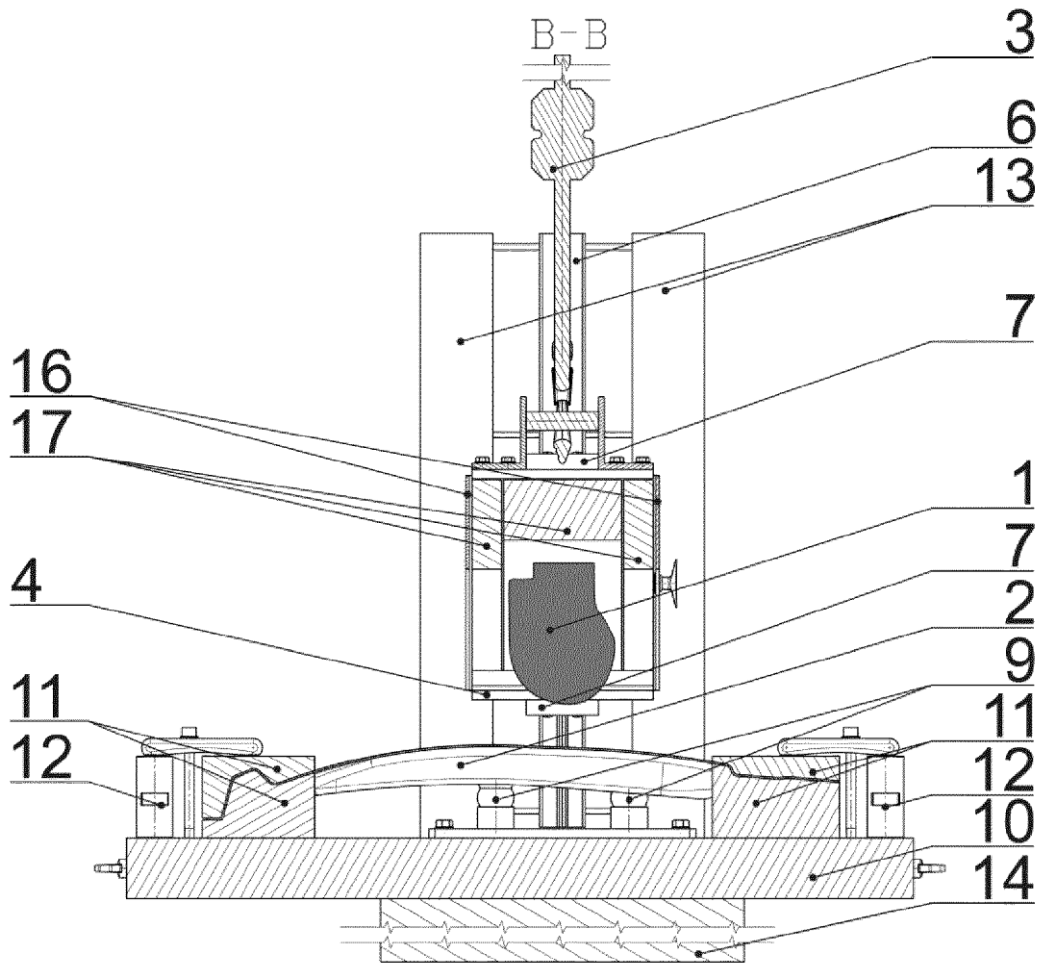


Fig. 4

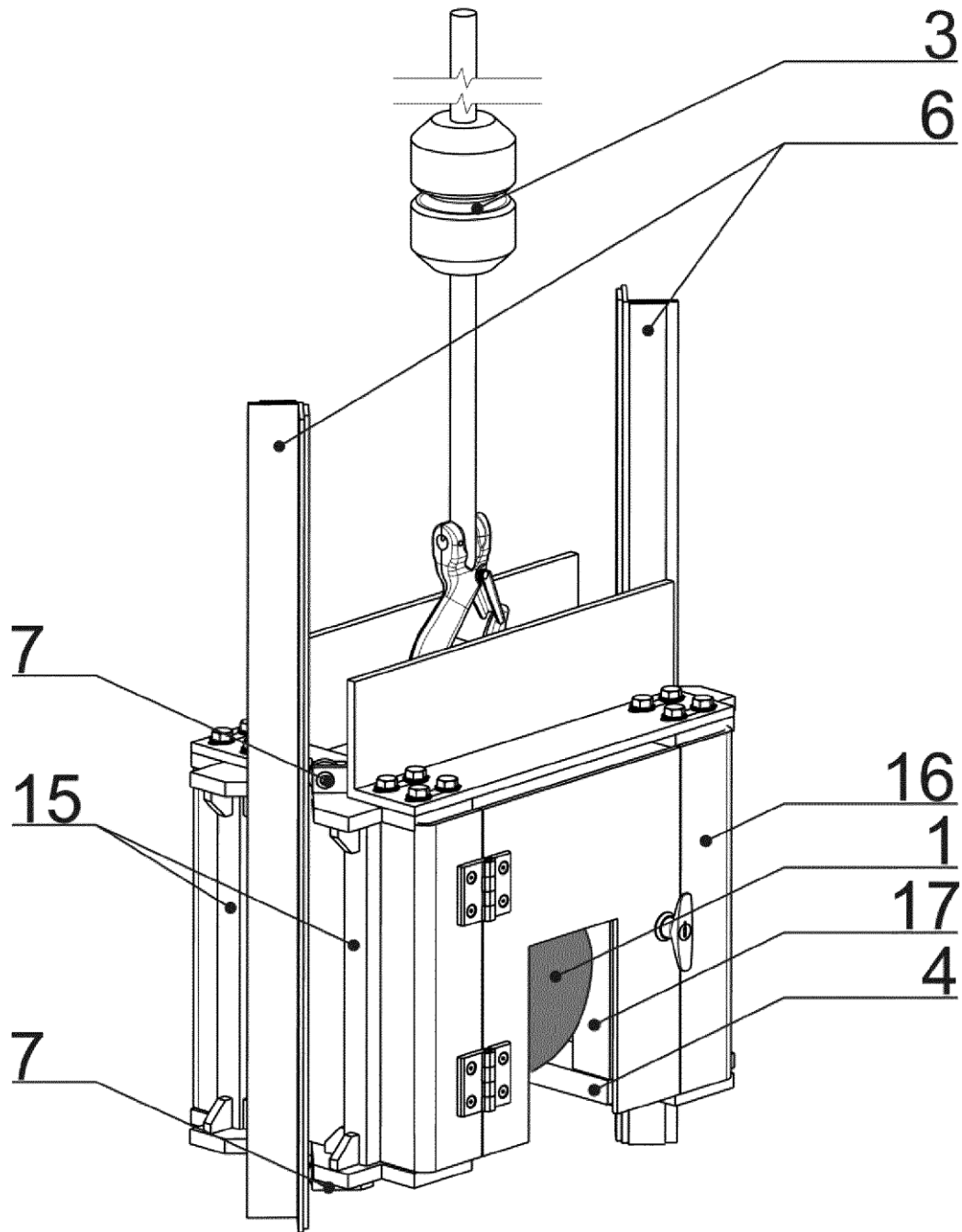


Fig. 5