

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242698 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440664**

(22) Data zgłoszenia: **2022.03.17**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.07.25 BUP 30/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.04.11 WUP 15/2023**

(51) MKP:

G01N 21/55 (2014.01)

G01N 21/17 (2006.01)

G01J 3/42 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**GLÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA,
Katowice, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ŁUKASZ PIERZCHAŁA, Chorzów, PL

(74) Pełnomocnik:

Monika Błaszczuk, Katowice, PL

(54) Tytuł:

Urządzenie do oceny jakości wód powierzchniowych

PL 242698 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku, jest urządzenie do oceny jakości wód powierzchniowych, w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody.

Jednym z głównych zagrożeń dla ekosystemów wód powierzchniowych jest proces eutrofizacji, spowodowany nadmierną podażą związków biogennych w ekosystemie wodnym. Proces ten prowadzi do przegrupowań w składzie gatunkowym organizmów wodnych, które najczęściej objawiają się zwiększonym wzrostem organizmów fitoplanktonowych. Wody powierzchniowe z wysoką koncentracją fitoplanktonu w toni wodnej charakteryzują się niską bioróżnorodnością i ograniczonym potencjałem wykorzystania do celów komunalnych i przemysłowych. Podczas zakwitów fitoplanktonowych w zbiornikach wodnych może dochodzić do namnażania się mikroorganizmów uwalniających niebezpieczne dla organizmów wodnych oraz zdrowia ludzi toksyny. Podstawowym wskaźnikiem oceny biomasy fitoplanktonu w ekosystemach wód powierzchniowych jest pomiar koncentracji chlorofilu-a.

Znane są sposoby pośredniego szacowania koncentracji biomasy fitoplanktonu w wodzie powierzchniowej za pomocą pomiaru ilości chlorofilu-a w określonej objętości badanej próby. W tym celu stosuje się laboratoryjne metody filtracji, ekstrakcji barwników, a następnie spektrofotometrycznie określenie koncentracji chlorofilu-a na podstawie absorpcji (np. norma PN-ISO 10260:2002). Metody są czasochłonne i kosztowne. Wymagają poboru i transportu próbek wody w terenie, dostępu do kosztownych urządzeń pomiarowych oraz nakładu pracy specjalistycznego personelu. Do pomiaru koncentracji chlorofilu-a stosowane są także metody oparte na detekcji fotoindukowanej luminescencji aparatu fotosyntetycznego. Tego typu rozwiązania stosowane są w dostępnych na rynku sondach terenowych (Hamdhani, H., Eppehimer, D. E., Walker, D., & Bogan, M. T. (2021). Performance of a Handheld Chlorophyll-a Fluorometer: Potential Use for Rapid Algae Monitoring. *Water*, 13(10), 1409.) oraz urządzeniach umożliwiających ciągły pomiar koncentracji chlorofilu-a w warunkach in situ (Patent 132607, Patent US10962480, RU2590800C2). Wadą tego typu rozwiązań jest konieczność bezpośredniego kontaktu urządzenia pomiarowego z wodą. W przypadku zastosowania tego typu urządzeń do ciągłego monitoringu jakości wód, w wodach o podwyższonej trofii będzie zachodzić proces rozwoju biofilmu na elementach pomiarowych, co może powodować zakłócenia pomiaru.

Do pomiaru koncentracji chlorofilu-a w wodach powierzchniowych wykorzystywane są także metody wykorzystujące optyczne właściwości chlorofilu-a w zakresie pochłaniania i odbijania światła w zakresie promieniowania widzialnego. W opisach patentowych i w danych literaturowych przedstawiane są sposoby zdalnego monitorowania jakości wód powierzchniowych na podstawie spektralnych zdjęć satelitarnych (CN201510643902.1A; Gitelson, A., Garbuzov, G., Szilagyi, F., Mittenzwey, K. H., Kamieli, A., & Kaiser, A. (1993). Quantitative remote sensing methods for real-time monitoring of inland waters quality. *International Journal of Remote Sensing*, 14(7), 1269–1295.; Dominguez Gómez, J.A., Chuvieco Salinero, E., & Sastre Merlin, A. (2009). Monitoring transparency in inland water bodies using multispectral images. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1567–1586; Osińska-Skotak K. 2010. Metodyka wykorzystania super-i hyperspektralnych danych satelitarnych w analizie jakości wód śródlądowych. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Geodezja*, (47), 3–153; Sun, D., Hu, C., Qiu, Z., Cannizzaro, J.P., and Barnes, B.B. (2014). Influence of a red band-based water classification approach on chlorophyll algorithms for optically complex estuaries. *Remote Sens. Environ.* 155, 289–302; Pierzchała, Ł. (2020). Ocena możliwości zastosowania teledetekcyjnych metod pomiaru eutrofizacji śródlądowych zbiorników wodnych. *Inżynieria Ekologiczna*, 21(4)).

Ograniczeniami tego sposobu pomiaru chlorofilu-a w wodach powierzchniowych jest czasowe opóźnienie dostępu do danych źródłowych, które nie pozwala na bieżące oszacowanie biomasy fitoplanktonu w ekosystemie wodnym. Pomiar chlorofilu-a w czasie rzeczywistym ma kluczowe znaczenie przy ocenie ryzyka w przypadku kąpielisk i ujęć wód powierzchniowych do celów komunalnych. Dane satelitarne o wysokiej rozdzielczości spektralnej mają także ograniczoną rozdzielczość przestrzenną, która w wielu przypadkach nie pozwala na ich zastosowanie w przypadku niewielkich zbiorników wodnych.

Z opisu patentowego **CN107991249B** znany jest także sposób ekstrakcji informacji o stężeniu chlorofilu-a w wodach powierzchniowych na podstawie pomiarów charakterystyki spektralnej światła słonecznego odbitego od powierzchni wody mierzonej za pomocą spektrometru.

Schalles et al. 1998 (Schalles J.F., Gitelson A.A., Yacobi Y. Z., Kroenke A. E. (1998) Estimation of chlorophyll a from time series measurements of high spectral resolution reflectance in an eutrophic

lake. J. Phycol. No. 34, p.p. 383–390, <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340383.x>.) opisuje sposób szacowania koncentracji chlorofilu-a w wodach powierzchniowych na podstawie pomiaru charakterystyki spektralnej światła słonecznego odbitego od powierzchni wody oraz charakterystyki spektralnej światła słonecznego ze wzorca odbiciowego. Uzyskane z zastosowaniem odpowiednich algorytmów obliczeniowych koncentracje chlorofilu-a wykazały wysokie korelacje z pomiarami chlorofilu-a uzyskanymi na podstawie oznaczeń laboratoryjnych. Wadą przedmiotowego sposobu pomiaru chlorofilu-a z wykorzystaniem spektrometru światłowodowego jest konieczność ręcznego prowadzenia pomiaru.

Zaistniała potrzeba opracowania rozwiązania, które pozwoliłoby prowadzić ocenę jakości wód powierzchniowych w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody pozwalającego na pomiar koncentracji chlorofilu-a, w sposób automatyczny, eliminujący konieczność ręcznego prowadzenia pomiaru, eliminującego również inne niedogodności rozwiązań należących do stan techniki, jak przykładowo konieczność bezpośredniego kontaktu urządzenia pomiarowego z wodą.

Powyższy cel techniczny, realizuje wynalazek w postaci urządzenia do oceny jakości wód powierzchniowych w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody, którego istotą jest to, że zawiera dwa kolimatory, dwa spektrometry, wzorzec odbiciowy współpracujący z kolimatorem, stację roboczą oraz wyświetlacz i przy tym:

- pierwszy kolimator jest połączony z drugim spektrometrem,
- drugi kolimator jest połączony z pierwszym spektrometrem,
- pierwszy spektrometr jest połączony z drugim kolimatorem i ze stacją roboczą,
- drugi spektrometr jest połączony z pierwszym kolimatorem i ze stacją roboczą,
- stacja robocza jest połączona z pierwszym spektrometrem, z drugim spektrometrem i z wyświetlaczem.

Korzystnie, powyższe urządzenie ma kolimator nakierowany na taflę wody badanego zbiornika.

Korzystnie, powyższe urządzenie ma kolimator nakierowany na wzorzec odbiciowy.

Korzystnie, powyższe urządzenie pomiędzy kolimatorami i spektrometrami, ma łączy światłowodowe, najlepiej w postaci dwóch światłowodów.

Korzystnie, powyższe urządzenie pomiędzy pierwszym spektrometrem i stacją roboczą, ma połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla.

Korzystnie, powyższe urządzenie pomiędzy drugim spektrometrem i stacją roboczą, ma połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla.

Korzystnie, powyższe urządzenie pomiędzy stacją roboczą i wyświetlaczem, ma połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla.

Korzystnie, powyższe urządzenie ma wzorzec odbiciowy zlokalizowany w zakresie zbierania promieniowania jednego z kolimatorów.

Korzystnie, w powyższym urządzeniu wzorzec odbiciowy ma postać płytki pokrytej materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrytej PTFE (poli(tetrafluoroetylenem)).

Korzystnie, w powyższym urządzeniu każdy spektrometr, to spektrometr światłowodowy, o rozdzielczości spektralnej w zakresie światła widzialnego co najmniej 2 nm.

Korzystnie, w powyższym urządzeniu stacja robocza zawiera komputer z zasilaniem i oprogramowaniem, zwłaszcza do analizy danych spektralnych.

Korzystnie, w powyższym urządzeniu stacja robocza zawiera urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych, wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.

Korzystnie, powyższe urządzenie ma statyw, najlepiej ze stabilizatorem wstrząsów.

Korzystnie, w powyższym urządzeniu na statywie zlokalizowane są kolimatory, najlepiej powyżej stabilizatora wstrząsów.

Korzystnie, w powyższym urządzeniu na statywie zlokalizowany jest wzorzec odbiciowy, najlepiej powyżej stabilizatora wstrząsów.

Korzystnie, powyższe urządzenie ma obudowę zewnętrzną.

Korzystnie, w tej obudowie zewnętrznej są przynajmniej dwa spektrometry, stacja robocza oraz łączące je elementy, jak połączone z nimi kable.

Korzystnie, na obudowie zewnętrznej jest wyświetlacz.

Korzystnie, powyższe urządzenie ma platformę, korzystnie zaopatrzoną w uchwyt.

Korzystnie, na tej platformie, zlokalizowane są wszystkie elementy tego urządzenia.

Zaletą wynalazku jest to, że umożliwia prowadzenie w pełni automatycznego pomiaru koncentracji chlorofilu-a w wodach powierzchniowych, na podstawie zmiany charakterystyki światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody.

Zaletą wynalazku jest to, że eliminuje konieczność ręcznego prowadzenia pomiaru, oraz inne niedogodności rozwiązań należących do stanu techniki, jak przykładowo konieczność bezpośredniego kontaktu urządzenia pomiarowego z wodą.

Urządzenie według wynalazku, pozwala ulepszyć zarządzanie ryzykiem wynikającym z pogorszenia jakości wód w obrębie kąpielisk i ujęć wód powierzchniowych do celów komunalnych.

Przedmiot wynalazku, został opisany w poniższym przykładzie realizacji, oraz ukazany na rysunku, na którym **Fig. 1** przedstawia schemat realizacyjny urządzenia, według przykładu realizacji I.

Przykład realizacji I

Urządzenie do oceny jakości wód powierzchniowych, zawiera dwa światłowody **1** i **4**, zakończone kolimatorami **2** i **5**, oraz dwa identyczne spektrometry światłowodowe **8** i **9**.

Pierwszy kolimator **2**, jest skierowany na wzorec odbiciowy **3**.

Drugi kolimator **5**, jest skierowany na tafłę wody badanego zbiornika.

Pierwszy światłowod **1** z pierwszym kolimatorem **2**, zbiera sygnał optyczny z wzorca odbiciowego **3**, mającego postać płytki pokrytej materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrytej PTFE (poli(tetrafluoroetylenem), ewentualnie spectolon'em lub fotolonem (nazwy handlowe) i przekazuje sygnał do pierwszego spektrometru **8**.

Drugi światłowod **4** z drugim kolimatorem **5**, zbiera sygnał optyczny z tafli wody i przekazuje go do drugiego spektrometru **9**.

W wariacie korzystnym, kolimatory **2** i **5** ze światłowodami **1** i **4** oraz z wzorcem odbiciowym **3**, zamocowane są na statywie **6**.

W wariacie korzystnym, statyw **6** znajduje się na stabilizatorze wstrząsów **7**, ograniczającym zakłócenia odbioru sygnału optycznego powodowane przez wstrząsy.

Stacja robocza **10**, zawiera przenośny komputer z własnym zasilaniem i oprogramowaniem, poprzez połączenie przewodowe kablami **11** i **12**, steruje elektronicznie pracą dwóch spektrometrów **8** i **9**.

Najlepiej, by rozdzielczość spektralna każdego spektrometru **8** i **9** światłowodowego w zakresie światła widzialnego wynosiła co najmniej 2 nm, a czas pomiaru nie przekraczał 1 s.

Pomiar charakterystyk spektralnych światła słonecznego, docierającego do powierzchni zwierciadła wody i światła odbitego zwierciadła wody, odbywa się jednocześnie. Pomiar dla obu charakterystyk spektralnych w całym zakresie widma widzialnego jest uśredniany w ustalonym okresie czasowym i zapisywany.

Stacja robocza **10** posiada oprogramowanie do analizy danych spektralnych. Informacja o koncentracji chlorofilu-a na podstawie zmiany charakterystyki światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody, obliczana jest z zastosowaniem znanych formuł obliczeniowych (analiza zmian w zakresach spektralnych charakterystycznych dla chlorofilu-a).

Korzystnie, dwa spektrometry **8** i **9**, stacja robocza **10** a także elementy je łączące, jak kable **11**, **12**, **14**, znajdują się w obudowie zewnętrznej **13**, zabezpieczającej elementy elektroniczne przed niekorzystnym wpływem warunków atmosferycznych.

Na obudowie zewnętrznej **13** znajduje się podłączony przewodem **14** do stacji roboczej **10**, wyświetlacz **15**, na którym na bieżąco wyświetlane są wyniki analizy.

Stacja robocza **10**, zawiera także urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych i wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.

Poszczególne elementy urządzenia, umocowane są na platformie **16** z uchwytem **17** umożliwiającym przenoszenie całego urządzenia.

Wyszczególnione powyżej elementy składowe urządzenia, połączone są ze sobą w sposób następujący:

- pierwszy kolimator **2** jest połączony z drugim spektrometrem **9**,
- drugi kolimator **5** jest połączony z pierwszym spektrometrem **8**,
- pierwszy spektrometr **8** jest połączony z drugim kolimatorem **5** i ze stacją roboczą **10**,
- drugi spektrometr **9** jest połączony z pierwszym kolimatorem **2** i ze stacją roboczą **10**,
- stacja robocza **10** jest połączona z pierwszym spektrometrem **8**, z drugim spektrometrem **9** i z wyświetlaczem **15**.

Ponadto:

- pomiędzy kolimatorami **2, 5** i spektrometrami **8, 9** są łącza światłowodowe, najlepiej w postaci dwóch światłowodów **1, 4**,
- pomiędzy pierwszym spektrometrem **8** i stacją roboczą **10**, jest połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla **11**,
- pomiędzy drugim spektrometrem **9** i stacją roboczą **10**, jest połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla **12**,
- pomiędzy stacją roboczą **10** i wyświetlaczem **15**, jest połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla **14**.

Opisane powyżej urządzenie, znajduje zastosowanie przy realizacji sposobu oceny jakości wód powierzchniowych, w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody.

Polega on na tym, że stosuje się dwa kolimatory **5, 2**, przy czym jeden kolimator **5** kieruje się na taflę wody badanego zbiornika a drugi kolimator **2** kieruje się na wzorzec odbiciowy **3**, po czym naprzemiennie w ustalonych interwałach czasowych, zbiera się sygnały optyczne światła słonecznego, docierającego do powierzchni zwierciadła wody i światła odbitego od zwierciadła wody, zebrane w ten sposób dane, przesyła się do dwóch spektrometrów **8 i 9**, i za ich pomocą analizuje się natężenie poszczególnych długości fal promieniowania słonecznego i przekazuje dane pomiarowe do stacji roboczej **10**, w której stosując odpowiednie oprogramowanie, zwłaszcza do analizy danych spektralnych, wyznacza się współczynniki odbicia i pochłaniania promieniowania słonecznego w zakresach charakterystycznych dla aktywności optycznej chlorofilu-a, i na ich podstawie wyznacza się koncentrację tego barwnika w wodzie powierzchniowej, a przy tym pracą każdego ze spektrometrów **9** steruje się elektronicznie, za pomocą stacji roboczej **10**, którą stanowi przenośny komputer z własnym zasilaniem i oprogramowaniem.

Sygnały pomiędzy kolimatorami **2, 5** i spektrometrami **8, 9**, przesyła się stosując łącza światłowodowe, najlepiej przesyła się stosując dwa światłowody **1, 4**.

Sygnały pomiędzy pierwszym spektrometrem **8** i stacją roboczą **10**, przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel **11**.

Sygnały pomiędzy drugim spektrometrem **9** i stacją roboczą **10**, przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel **12**.

Sygnały pomiędzy stacją roboczą **10** i wyświetlaczem **15**, przesyła się stosując łącze przewodowe, najlepiej przesyła się stosując kabel **14**.

W sposobie stosuje się wzorzec odbiciowy **3**, który lokalizuje się w zakresie zbierania promieniowania jednego z kolimatorów **2**.

W sposobie stosuje się wzorzec odbiciowy **3**, w postaci płytki, którą pokrywa się materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrywa się PTFE (poli(tetrafluoroetylenem)).

W sposobie, za każdym razem stosuje się spektrometr **8, 9**, który stanowi spektrometr światłowodowy, o rozdzielczości spektralnej w zakresie światła widzialnego co najmniej 2 nm.

W sposobie, stosuje się stację roboczą **10** zawierającą komputer z zasilaniem i oprogramowaniem, zwłaszcza do analizy danych spektralnych.

W sposobie, stosuje się stację roboczą **10** zawierającą urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych, wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.

W sposobie, stosuje się statyw **6**, najlepiej ze stabilizatorem **7** wstrząsów.

W sposobie, na statywie **6** umieszcza się kolimatory **2, 5**, najlepiej umieszcza się je powyżej stabilizatora **7** wstrząsów.

W sposobie, na statywie **6** umieszcza się wzorzec odbiciowy **3**, najlepiej umieszcza się go powyżej stabilizatora **7** wstrząsów.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do oceny jakości wód powierzchniowych, w oparciu o zmiany właściwości spektralnych światła słonecznego odbitego od powierzchni zwierciadła wody **znamienne tym**, że zawiera dwa kolimatory (**2**, **5**), dwa spektrometry (**8**, **9**), wzorzec odbiciowy (**3**) współpracujący z kolimatorem (**2**), stację roboczą (**10**) oraz wyświetlacz (**15**) i przy tym:
 - pierwszy kolimator (**2**) jest połączony z drugim spektrometrem (**9**),
 - drugi kolimator (**5**) jest połączony z pierwszym spektrometrem (**8**),
 - pierwszy spektrometr (**8**) jest połączony z drugim kolimatorem (**5**) i ze stacją roboczą (**10**),
 - drugi spektrometr (**9**) jest połączony z pierwszym kolimatorem (**2**) i ze stacją roboczą (**10**),
 - stacja robocza (**10**) jest połączona z pierwszym spektrometrem (**8**), z drugim, spektrometrem (**9**) i z wyświetlaczem (**15**).
2. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że ma kolimator (**5**) nakierowany na taflę wody badanego zbiornika.
3. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że ma kolimator (**2**) nakierowany na wzorzec odbiciowy (**3**).
4. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że pomiędzy kolimatorami (**2**, **5**) i spektrometrami (**8**, **9**), ma łączyć światłowody, najlepiej w postaci dwóch światłowodów (**1**, **4**).
5. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że pomiędzy pierwszym spektrometrem (**8**) i stacją roboczą (**10**), ma połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla (**11**).
6. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że pomiędzy drugim spektrometrem (**9**) i stacją roboczą (**10**), ma połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla (**12**).
7. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że pomiędzy stacją roboczą (**10**) i wyświetlaczem (**15**), ma połączenie przewodowe, najlepiej w postaci kabla (**14**).
8. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że ma wzorzec odbiciowy (**3**) zlokalizowany w zakresie zbierania promieniowania jednego z kolimatorów (**2**).
9. Urządzenie według zastrz. 1 albo 8 **znamienne tym**, że wzorzec odbiciowy (**3**) ma postać płytki pokrytej materiałem zapewniającym > 98% wskaźnik odbicia światła w zakresie widmowym promieniowania widzialnego, najlepiej pokrytej PTFE (poli(tetrafluoroetylenem)).
10. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że każdy spektrometr (**8**, **9**), to spektrometr światłowodowy, o rozdzielczości spektralnej w zakresie światła widzialnego co najmniej 2 nm.
11. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że stacja robocza (**10**) zawiera komputer z zasilaniem i oprogramowaniem, zwłaszcza do analizy danych spektralnych.
12. Urządzenie według zastrz. 1 albo 11 **znamienne tym**, że stacja robocza (**10**) zawiera urządzenie elektroniczne przeznaczone do transmisji danych, wyposażone w nadajnik i odbiornik fal radiowych, umożliwiające bezprzewodową transmisję danych.
13. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że ma statyw (**6**), najlepiej ze stabilizatorem (**7**) wstrząsów.
14. Urządzenie według zastrz. 13 **znamienne tym**, że na statywie (**6**) są kolimatory (**2**, **5**), najlepiej zlokalizowane powyżej stabilizatora (**7**) wstrząsów.
15. Urządzenie według zastrz. 13 **znamienne tym**, że na statywie (**6**) jest wzorzec odbiciowy (**3**), najlepiej zlokalizowany powyżej stabilizatora (**7**) wstrząsów.
16. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że ma obudowę zewnętrzną (**13**).
17. Urządzenie według zastrz. 16 **znamienne tym**, że w obudowie zewnętrznej (**13**) są przynajmniej dwa spektrometry (**8**, **9**), stacja robocza (**10**) oraz łączące je elementy, jak połączone z nimi kable (**11**, **12**, **14**).
18. Urządzenie według zastrz. 16 **znamienne tym**, że na obudowie zewnętrznej (**13**) jest wyświetlacz (**15**).
19. Urządzenie według zastrz. 1 **znamienne tym**, że ma platformę (**16**), korzystnie zaopatrzoną w uchwyt (**17**).
20. Urządzenie według zastrz. 19 **znamienne tym**, że na platformie (**16**), zlokalizowane są wszystkie elementy tego urządzenia.

Rysunek

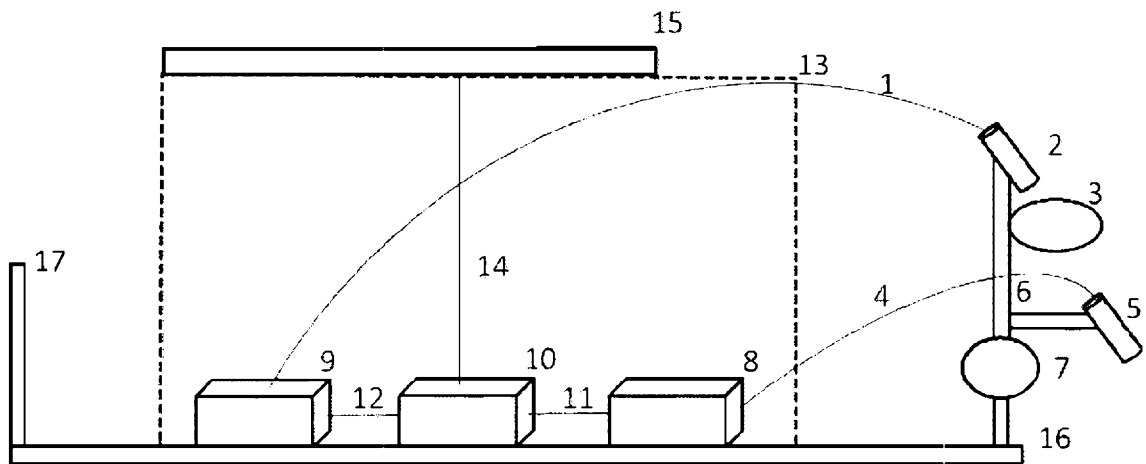


Fig. 1