

Laboratorium hydrauliki

Opiekun:

dr inż. Andrzej Mączalowski

e-mail: Andrzej.Maczalowski@pk.edu.pl

tel: +48 12 628 2188

WIŚiE p. 223



ZREALIZOWANE W RAMACH Projektu p.t. „Rozbudowa i modernizacja dydaktycznego laboratorium hydrauliczno – hydrologicznego Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej”

Projekt sfinansowany ze środków Małopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego na lata 2007-13, w ramach konkursu 14/2008/1.1A

Realizacja w okresie: styczeń 2009 – czerwiec 2012



Stacjonarna część hydrauliczna została zlokalizowana w pomieszczeniu nr 0-13 w budynku nr 10-19 Politechniki Krakowskiej (główny budynek Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki). Jest to pomieszczenie o powierzchni 155 m², które zostało wyremontowane i przystosowane do rozmieszczenia w nim 10 nowoczesnych stanowisk dydaktycznych, w tym trzy wyposażone podwójnie.

STACJONARNA CZĘŚĆ LABORATORIUM HYDRAULICZNEGO

KORYTO HYDRAULICZNE

Stanowisko 1

Koryto hydrauliczne służy prezentacji i pomiarom z zakresu przepływu o swobodnej powierzchni w pełnym zakresie od 0 do 150 m³/h. Dzięki bogatemu zestawowi urządzeń dodatkowych możliwe jest, obok analizy naturalnego przepływu prowadzenie eksperymentów dla większości stosowanych w praktyce urządzeń hydrotechnicznych.

Specyfikacja techniczna:

Koryto hydrauliczne HM 163 firmy GUNT, o wymiarach: długość L= 8750 mm, szerokość B= 1000 mm, wysokość H= 1900 mm, składa się z:

- ruchomej (ruch w pionie) sekcji roboczej o długości 5.0 m z możliwością wydłużenia jej o kolejne moduły do 12.5 m, której przekrój poprzeczny ma wymiary 400 mm x 500 mm (szerokość x wysokość), z regulacją kąta nachylenia koryta w pionie od -1/200 do +1/40,
- pompy o wydatku $Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$ i wysokości ciśnienia $H = 7.5 \text{ m}$ z możliwością zadawania wartości natężenia przepływu w pełnym zakresie tzn. od 0 do 150 m³/h,
- 2 zbiorników na wodę o pojemności 1100 litrów każdy.

Dodatkowe charakterystyki:

- (1) zasilanie 3-fazowe,
- (2) możliwość łatwego i szybkiego montowania urządzeń dodatkowych,
- (3) kształt wlotu umożliwia uzyskanie jednorodnego strumienia,
- (4) konstrukcja i sposób zasilania umożliwia wykorzystanie zamkniętego obiegu wody w czasie eksperymentów.

Akcesoria specjalistyczne do koryta hydraulicznego:

- zestaw przelewów o ostrej krawędzi z przystawką montażową (prostokątny, trójkątny, trapezowy i prostokątny z obustronnym dławieniem) – typ HM 163.30 firmy GUNT,
- przelewy o szerokiej koronie (o ostrych i zaokrąglonych krawędziach) – typ HM 163.31 firmy GUNT,
- bystrze – typ HM 163.32 firmy GUNT
- próg z otworami do pomiaru ciśnienia hydrostatycznego – typ HM 163.33 firmy GUNT,
- przelew o kształtach praktycznych z 8 punktami pomiaru ciśnienia hydrostatycznego – typ HM 163.34 firmy GUNT,

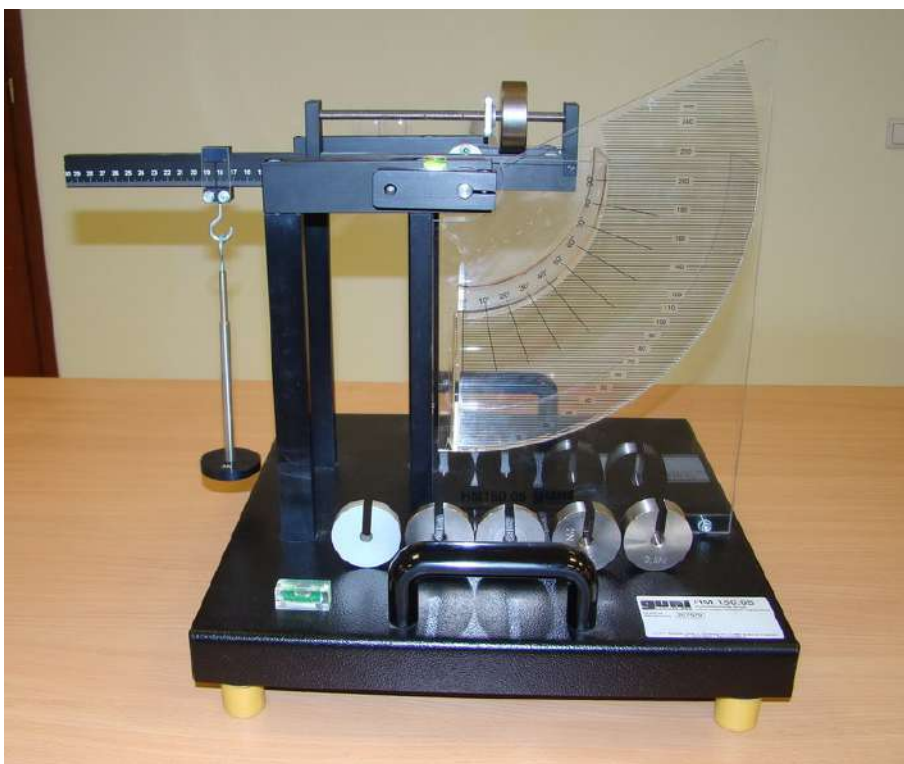


- 4 rodzaje bloków do rozpraszania energii strumienia – typ HM 163.35 firmy GUNT,
- 4 rodzaje zakończeń bystrza – typ HM 163.37 firmy GUNT zamknięcie segmentowe – typ HM 163.40 firmy GUNT,
- 3 rodzaje filarów – typ HM 163.46 firmy GUNT płyta montażowa – typ HM 163.54 firmy GUNT,
- ruchoma platforma urządzeń pomiarowych – typ HM 163.59 firmy GUNT,
- wodowskaz szpilkowy – typ HM 163.52 firmy GUNT (skala od 0 do 555 mm z podziałką co 1 mm).



PARCIE HYDROSTATYCZNE

Stanowisko 2



Prezentowane poniżej urządzenie służy do pomiaru siły parcia hydrostatycznego działającego na powierzchnię płaską. Pojemnik mierniczy ma kształt ćwiartki pierścienia kołowego o przekroju prostokątnym i może być ustawiany pod różnymi kątami (od 0° do 90°). Dołączony zestaw wycechowanych obciążników umożliwia uzyskanie równowagi dla różnych przypadków napętnienia i ustawienia pojemnika mierniczego.

Specyfikacja techniczna:

Parcie hydrostatyczne HM 150.05 firmy GUNT o wymiarach: długość $L = 400\text{mm}$, szerokość $B = 500\text{ mm}$, wysokość $H = 360\text{ mm}$, składa się z przezroczystego pojemnika mierniczego wraz z dźwignią umożliwiającą jego wyrównanie, podziałki napętnienia i kąta wychylenia oraz zestawu kalibrowanych obciążników. Podstawa urządzenia zapewnia możliwość ustawienia w poziomie.

METACENTRUM

Stanowisko 3

Zestaw obiektów pływających służących do wyznaczania położenia metacentrum, wysokości metacentrycznej i rodzaju równowagi. Zastosowanie obciążników przesuwanych w pionie i poziomie umożliwia uzyskanie różnych kątów wychylenia tych obiektów z położenia pływania.

Specyfikacja techniczna:

Metacentrum HM 150.06 i HM 150.39 firmy GUNT składa się z zestawu przezroczystych obiektów pływających o różnych przekrojach poprzecznych:

- prostokątnym długości $L = 300\text{ mm}$, szerokości $B = 200\text{ mm}$ i wysokości całkowitej $H = 430\text{ mm}$ (przy 120 mm wysokości burt),
- pięciobocznym i półokręgu długości $L = 310\text{ mm}$, szerokości $B = 200\text{ mm}$ i wysokości całkowitej $H = 274\text{ mm}$.



Obiekty wyposażono w układ regulacji i pomiaru położenia środka ciężkości za pomocą ciężarków ruchomych:

- w pionie (o masie 576 g dla obiektu o przekroju prostokątnym i 550 g dla dwóch pozostałych),
- w poziomie (o masie 194 g dla obiektu o przekroju prostokątnym i 193 g dla dwóch pozostałych).

Całość zestawu uzupełnia plastikowy kontener na wodę o pojemności o długości $L = 660\text{mm}$, szerokości $B = 450\text{mm}$ i wysokości $H = 220\text{mm}$.

RÓNOWAGA WZGLĘDNA

Stanowisko 4



Przeźroczyste cylindryczne naczynie umożliwiające powstanie, obserwację i pomiar kształtu zwierciadła w czasie wirowania cieczy dookoła osi pionowej oraz pomiar wiru powstałego przy swobodnym wypływie przez otwór w dnie zbiornika.

Specyfikacja techniczna:

Równowaga względna HM 150.31 firmy GUNT o długości $L = 640\text{mm}$, szerokości $B = 500\text{mm}$ i wysokości $H = 750\text{mm}$ składa się z przeźroczystego cylindra o średnicy $D = 500\text{mm}$ i wysokości $H = 250\text{mm}$ oraz zestawu wymiennych elementów z otworami o średnicach $D = 8\text{mm}$, 12mm , 16mm i 24mm). Urządzenie wyposażone jest w jednofazowy silnik elektryczny oraz regulator i wyświetlacz prędkości obrotowej cylindra pomiarowego. Urządzenie przystosowane jest do współpracy z bazą HM 150 firmy GUNT.

DOŚWIADCZENIE REYNOLDSA

Stanowisko 5



Zestaw przezroczystych cylindrów umożliwia obserwację oraz wyznaczenie reżimu ruchu cieczy w cylindrze pomiarowym dla różnych wartości natężenia przepływu.

Specyfikacja techniczna:

Doświadczenie Reynoldsa HM 150.35 firmy GUNT długości $L = 1070\text{mm}$, szerokości $B = 640\text{mm}$ i wysokości $H = 720\text{mm}$ składa się z układu 2 cylindrów. Średnica wewnętrznego przewodu wynosi 16mm , zaś jego długość wynosi 700mm . Pojemność cylindra zasilającego wynosi 2.8litra , pojemność zbiornika na barwnik 270ml . Urządzenie przystosowane jest do współpracy z bazą HM 150 firmy GUNT zapewniającą zamknięty obieg wody w trakcie doświadczenia.

RUROCIĄGI

Stanowisko 6



Na pionowej tablicy zainstalowano układ rurociągów zbudowanych z różnych materiałów i średnic umożliwiające pomiar wysokości lokalnych strat energii mechanicznej oraz jej strat na długości (wykorzystując manometr różnicowy lub piezometry), wartości natężenia przepływu oraz temperatury.

Specyfikacja techniczna:

Rurociągi HM 122 firmy GUNT długości $L = 3260$ mm, szerokości $B = 790$ mm i wysokości $H = 1930$ mm składają się z:

- układ rurociągów zbudowanych z różnych materiałów (miedź, stal),
- różnych średnic (16 mm i 26 mm),
- zbiornika na wodę o pojemności 70 litrów oraz pompy zatapialnej o wydatku $13.5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Proste odcinki pomiarowe rurociągu posiadają 2.5 m długości. W zainstalowanym układzie istnieje możliwość pomiaru wysokości strat lokalnych dla wariantu zwężenia, poszerzenia, zmiany kierunku o 90° oraz jednego z trzech typów zaworów (montowanego wymiennie).



UDERZENIE HYDRAULICZNE

Stanowisko 7

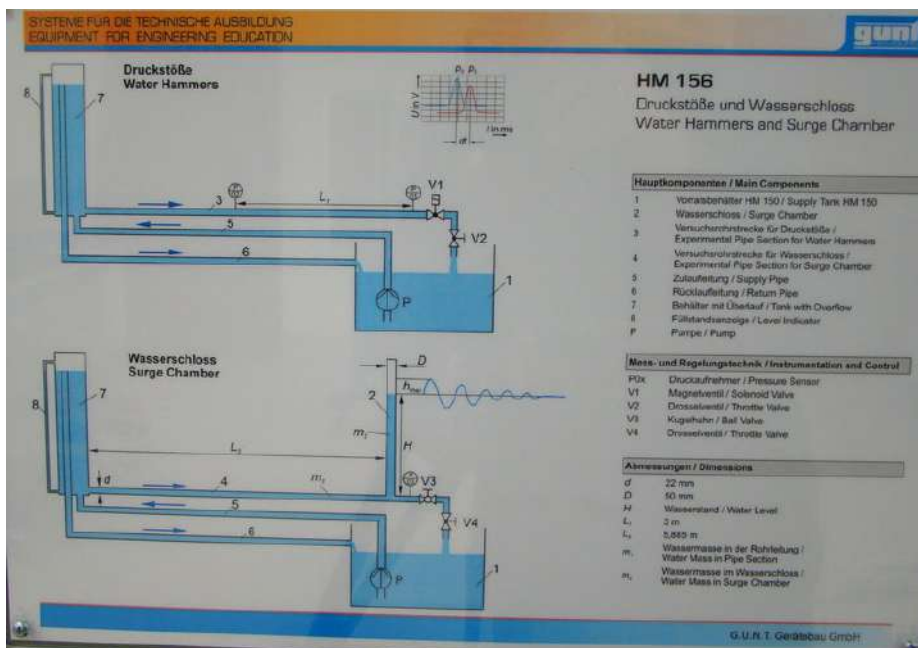
Urządzenie do obserwacji i pomiaru zjawiska uderzenia hydraulicznego w rurociągu z zamknięciem realizowanego przy szybkim zamknięciu zaworu wylotowego w sposób ręczny lub z wykorzystaniem elektrozaworu.

Specyfikacja techniczna:

Uderzenie hydrauliczne HM 156 firmy GUNT długości $L = 4500$ mm, szerokości $B = 760$ mm i wysokości $H = 2100$ mm składa się z:

- rury o długości około 3.0 m i średnicy 26 mm wyposażonej w piezometry,
- komory wyrównawczej o wysokości 825 mm i średnicy 50 mm,
- szybkozamykającego się zaworu (czas zamknięcia 20 – 30 ms).

Przepływ wody zapewnia pompa o wydatku 230 l/min i wysokości ciśnienia 11 m. Zestaw badawczy wyposażony jest w cyfrową aparaturę pomiarową oraz oprogramowanie.



SZCZELINOWIEC

Stanowisko 8



Urządzenie do wizualizacji i pomiaru przepływu w ośrodku porowatym, symulowanym przepływem przez grunt lub wąską szczelinę.

Specyfikacja techniczna:

Szczelinowiec HM 169 firmy Gunt o długości $L = 1600$ mm, szerokości $B = 750$ mm i wysokości $H = 1780$ mm składa się z:

- zbiornika o przezroczystych ścianach,
- pompy wymuszającej przepływ wody w obiegu zamkniętym,
- dysz wprowadzających barwnik,
- 3 wkładek symulujących nasyp, ścianę oporową lub wykop pod fundament.

Pomiar ciśnienia dokonuje się za pomocą układu 14 piezometrów o wysokości 600 mm.



FILTRACJA WODY OPADOWEJ W ZLEWNI

Stanowisko 9

Urządzenie umożliwia symulację procesów występujących w zlewniach. Możliwość regulacji natężenia, czasu trwania oraz lokalizacji wypływu wody przez dysze pozwala odwzorować różne scenariusze opadów. Zainstalowane piezometry natomiast dostarczają informacji, o tym co dzieje się z wodą, która dotarła do powierzchni terenu, jak wygląda profil wód gruntowych i jakie jest opóźnienie między opadem a odpływem gruntowym. Dodatkowym atutem urządzenia jest możliwość regulacji spadku pozwalająca symulować różne warianty ukształtowania zlewni.

Specyfikacja techniczna:

Filtracja HM 145 firmy GUNT o długości $l = 2350$ mm, szerokości 1050 mm i wysokości $H = 1750$ mm składa się z podstawy o powierzchni 2 m^2 i wysokości 0.2 m wykonanej ze stali nierdzewnej wypełnionej 0.3 m^3 piasku. Nad podstawą zamontowano układ 8 zraszaczy. Pomiar ciśnienia wykonywany jest za pomocą układu 19 piezometrów. Układ umożliwia pomiar oraz regulację natężenia dopływu do zraszaczy oraz odpływu filtrującej wody, jak również regulację kąta nachylenia podstawy (-5 do 5 %) pozwalającej symulować wpływ nachylenia terenu na proces filtracji.



RUCH WÓD PODZIEMNYCH

Stanowisko 10

Urządzenie w postaci głębokiego pojemnika dzięki dodatkowym elementom z tworzywa sztucznego umożliwia odwzorowywać odwodnienie wykopów budowlanych, pracę zakładanych studzien, układ profilu zwierciadła wód gruntowych oraz wartość wymaganej depresji.

Specyfikacja techniczna:

Ruch wód podziemnych HM 167 firmy GUNT to urządzenie zbudowane na bazie kontenera o pojemności 250 litrów do wypełnienia żwirkiem, wyposażone w układ 19 piezometrów o wysokości 300 mm podłączonych w różnych miejscach kontenera wraz z metalowymi filtrami. Natężenie dopływu i odpływu regulowane jest oddzielnymi zaworami dla każdej ze studni. Całość zamontowana jest na kołach umożliwiającym łatwe manewrowanie w laboratorium.



BAZA

Stanowisko 11

Urządzenie stanowi bazę dla kilku doświadczeń zapewniające zamknięty obieg wody w czasie przeprowadzania eksperymentów.

Specyfikacja techniczna:

Baza HM 150 firmy GUNT o długości $L = 1220$ mm, szerokości $B = 760$ mm i wysokości $H = 1100$ mm to urządzenie wyposażone w:

- zbiornik zasilający na wodę o pojemności 180 L,
- 2 zbiorniki zbiorcze o pojemnościach 40 L i 20 L,
- pompę o mocy 550 W, wydatku 230 l/min i 11 m wysokości ciśnienia.

Całość zamontowana jest na ramie z kółkami jezdnyymi.



POŁOWA CZĘŚĆ LABORATORIUM HYDRAULICZNEGO

RIVERSURVEYOR S5

Stanowisko 12



Przedstawione urządzenie służy do precyzyjnego pomiaru w przekroju rzeki trzech składowych wektora prędkości przepływu i rozkładu ich wartości w całym przekroju, natężenia przepływu w rzece oraz głębokości przepływu w poszczególnych pionach jej przekroju poprzecznego.

Specyfikacja techniczna:

Przeptywomierz akustyczny ADCP RiverSurveyor S5 wraz z wyposażeniem firmy SonTek stanowi 5 – wiązkowa sonda pomiarowa posiadająca 4 przetworniki pomiaru prędkości przepływu o częstotliwości 3MHz i kącie nachylenia wiązki 25° i 1 wiązkę pionową do pomiaru głębokości o częstotliwości 1MHz. W obudowie sondy wykonanego z materiału Delrin, o średnicy 13cm, wbudowano kompas ze zintegrowanym czujnikiem przechyłu, czujnik temperatury oraz wewnętrzną pamięć 8 GB.

W skład wyposażenia wchodzi także:

- oprogramowanie RiverSurveyor Live,
- walizka do transportu urządzenia,
- kabel zasilający/RS232 o dł. 10m wymagany do komunikacji z urządzeniami S5,
- bluetooth (klasa 1, zasięg do 200m) wraz z zewnętrznym modułem zasilającym,
- systemem GPS RTK (dokładność do 2cm) – odbiornik GPS RTK z anteną, bluetooth'em oraz radiomodem 900MHz do komunikacji z bazą RTK zostały zabudowane w wodoszczelnej obudowie do montażu na płytaku typu Hydroboard,
- 2 zestawy baterii zasilających,
- kabel połączeniowy do przepływowomierza S5,
- stacja bazowa z odbiornikiem GPS RTK z anteną oraz radiomodem 900MHz z anteną,
- statyw,
- adapter bluetooth z anteną do podłączenia do komputera użytkownika poprzez port USB,
- ładowarka,
- telefon Motorola z funkcją Bluetooth (zasięg do 60m),
- pływak typu Hydroboard dla systemu S5.

Zestaw umożliwia pomiar 3 składowych prędkości do wartości 20 m/s przy głębokościach sięgających od 0.06 do 5.00 m z dokładnością do 0.25% mierzonej wartości, sam pomiar głębokości jest możliwy w granicach od 0.20 m do 15 m z dokładnością do 1% mierzonej wartości zaś wartość natężenia przepływu w przekroju pomiarowym jest automatycznie obliczana poprzez całkowanie prędkości przepływu po głębokości i szerokości przekroju poprzecznego rzeki.



SONDA GŁĘBOKOŚCIOWA

Stanowisko 13

Na zdjęciu przedstawiono sondę do pomiaru batymetrii rzeki i zbiornika retencyjnego.

Specyfikacja techniczna:

Sonda głębokościowa MS 320 firmy KNUDSEN posiada zakres pomiaru od 1 do 90 m, zmienną częstotliwość pracy 3,5-210 kHz, rozdzielczość pomiaru nie większą niż 0.01 m. W skład zestawu wchodzi:

- dwuczęstotliwościowe głowice pomiarowe 12kHz/200kHz,
- oprogramowanie sterujące zgodne z Windows XP (lub Windows 7) umożliwiające eksport pomierzonych wartości i ich przetwarzanie np. w Excelu.

Urządzenie wyposażono w złącze USB 2.0 (full-speed) oraz umożliwiono mu współpracę z odbiornikami GPS.



Zestaw GPS RTK TOPOCON Hiper PRO

Stanowisko 14

Na zdjęciu przedstawiono sondę do pomiaru batymetrii rzeki i zbiornika retencyjnego.

Specyfikacja techniczna:

Zestaw GPS RTK TOPOCON Hiper PRO składa się z:

- bazy,
- rovera,
- kontrolera Topocon FC-200,
- oprogramowania TopSurv,
- karty bluetooth,
- uchwytu do tyczki,
- oprogramowania PC Topocon Tools z modułem Post processing i RTK,
- akcesoriów (spodarki, adaptera do spodarki, tyczki kompozytowej, walizy transportowej).

Zestaw posiada 40 kanałów, śledzi sygnały GPS L1, L2, GLONASS, WAAS/EGNOS, dokonuje pomiarów z częstotliwością do 20 Hz, posiada zintegrowaną antenę. Dokładność pomiaru dla metody RTK: H: +/- 10 mm + 1 ppm, V: +/- 15 mm + 1 ppm, dla metody STATIC: H: +/- 3 mm + 0,5 ppm, V: +/- 5 mm + 0,5 ppm. Komunikacja odbywać się może poprzez modem GSM/GPRS z wymienną kartą SIM, modem radiowy UHF oraz porty: Bluetooth, RS-232, USB. Zestaw posiada wewnętrzną pamięć do 96 MB, dane zapisywane są w formatach: TPS, RTMC, CMR, CMR+. W skład zestawu wchodzi także 2 baterie Li-Ion pozwalające pracować przez okres 13 godzin.



KATEDRA GEOINŻYNIERII I GOSPODARKI WODNEJ

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechnika Krakowska
ul. Warszawska 24 31-155 Kraków

tel +48 12 628 2041
+48 12 628 2810
fax: +48 12 628 31 97
e-mail: sekretariat-S1@pk.edu.pl

