

Opis tematyki prac naukowo-badawczych

Powołany w dniu 1 marca 2007 roku **Zakład Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych** kontynuuje prace naukowo-badawcze Zakładu Badań i Diagnostyki Maszyn Hydraulicznych oraz w pewnym zakresie Zakładu Kawitacji i Projektowania Maszyn Hydraulicznych – zakładów znajdujących się w strukturze Ośrodka Mechaniki Cieczy do końca lutego 2007 roku. Prowadzi prace badawcze o charakterze podstawowym i utylitarnym z zakresu projektowania, eksploatacji i diagnostyki hydraulicznych maszyn wirnikowych oraz modelowania nieustalonych przepływów cieczy w przewodach zamkniętych i niestacjonarnych przepływów wokół ciał stałych.

Doskonalenie numerycznych metod analizy i projektowania układów przepływowych turbin wodnych i pomp wirowych, prace badawcze dotyczące matematycznego opisu zjawisk i procesów nieustalonych w układach przepływowych maszyn wodnych oraz doskonalenie technik pomiarów przepływu w urządzeniach hydrotechnicznych i hydroenergetycznych stanowią tematykę uprawianą od dłuższego już czasu. Tematyka ta ma szczególne znaczenie dla energetyki wodnej, w tym dla małych elektrowni wodnych MEW stanowiących odnawialne źródła energii (OZE). Niewykorzystany dotychczas potencjał hydrotechniczny rzek w Polsce dotyczy w dużym zakresie niskich piętrzeń. Aby ten potencjał racjonalnie wykorzystać konieczne jest opracowanie względnie wysokosprawnych i tanich konstrukcji turbin wodnych. Wychodząc naprzeciw potrzebom MEW w Zakładzie zmierza się do opracowania specjalnej konstrukcji małych turbin wodnych na niskie i ultra-niskie spady, które charakteryzowałyby się wysokim współczynnikiem sprawności energetycznej i bardzo niskim kosztem produkcji. Opracowanie to będzie oparte o nowoczesną technikę i metodykę, w tym o obliczenia trójwymiarowe przepływu cieczy w układach łopatkowych turbin. Zgromadzono do tej pory duże doświadczenie praktyczne w zakresie konstrukcji małych turbin wodnych oraz duże doświadczenie w zakresie dwuwymiarowej analizy przepływu przez układy łopatkowe tych turbin, a rozpoczęta trójwymiarowa analiza przepływów jest intensywnie kontynuowana. Przewiduje się opracowanie własnego oryginalnego oprogramowania 3D opartego o metodę osobliwości wirowych, sprawdzoną wielokrotnie w przypadku pędników okrętowych. W celu lepszego poznania zjawisk występujących w przepływie oraz w celu potwierdzania wiarygodności przygotowywanych programów obliczeniowych będą wykorzystane posiadane stanowiska laboratoryjne, w miarę możliwości modernizowane i rozbudowywane.

Podstawowym celem prac badawczych dotyczących zjawisk nieustalonych w układach przepływowych turbin wodnych i pomp wirowych jest poprawa oraz rozwój metod numerycznego przewidywania przebiegu tych zjawisk. Znaczenie praktyczne opracowywanych metod wiąże się z przeciwdziałaniem warunkom niekorzystnym, takim jak np. nadmierne wahania ciśnienia wywołane zjawiskiem uderzenia hydraulicznego lub nadmierny, indukowany przez wiry wzrost drgań elementów opływanych przez ciecz, głównie w warunkach rezonansowych. Zjawiska te zmniejszają trwałość i niezawodność działania elementów układów przepływowych, a często grożą poważnymi awariami. Do szczególnie groźnych sytuacji występujących w hydraulicznych układach rurociągowych należy zaliczyć te, w których przejściowe obniżenie ciśnienia jest przyczyną pojawienia się stref kawitacji, będących obszarami nieciągłości przepływu cieczy. Sytuacje te mogą występować podczas szybkiego otwierania/zamykania zaworów lub uruchamiania/zatrzymywania pomp wirowych lub turbin wodnych, kiedy to skutek procesów falowych uderzenia hydraulicznego w przewodach zamkniętych ciśnienie w jakimś miejscu spadnie do wartości krytycznej, bliskiej wartości ciśnienia parowania cieczy w danej temperaturze. Pojawiające się wtedy strefy kawitacji ulegają po pewnym czasie zanikowi.

Zwykle dochodzi do wielokrotnego (cyklicznego) ich powstawania i zanikania. Zjawisku występującemu w tych warunkach - kawitacji przejściowej lub rozerwaniu strumienia cieczy - prawie zawsze towarzyszą gwałtowne zmiany ciśnienia, będące przyczyną dużej liczby awarii, a nawet całkowitych zniszczeń elementów instalacji hydraulicznych. Uniknięcie, względnie częściowe zredukowanie tych zmian może w decydujący sposób wpłynąć na zwiększenie trwałości i niezawodności działania elementów systemów hydraulicznych. Obecny stan wiedzy z zakresu przewidywania tego zjawiska jest nie zadowalający i wymaga dalszych prac.

Zakład prowadzi bardzo szeroką współpracę z przemysłem, głównie z energetyką wodną, dla której wykonuje różnego rodzaju prace badawcze o charakterze użytkowym. Do prac tych należy głównie zaliczyć badania sprawnościowe turbin wodnych i pomp wirowych wykonywane z wykorzystaniem nowoczesnych technik pomiarowych, projekty turbin dla małej energetyki wodnej, badania i oceny stanu dynamicznego maszyn hydraulicznych, oceny stanu technicznego elementów przepływowych turbin wodnych wraz z określaniem ich wytrzymałości i żywotności, ekspertyzy techniczne dla energetyki wodnej i innych działów gospodarki związane z ustalaniem przyczyn awarii, przygotowywanie urządzeń do ciągłego pomiaru natężenia przepływu przez turbiny wodne, przygotowywanie dla zewnętrznych klientów stoisk laboratoryjnych do badania zjawiska uderzenia hydraulicznego.

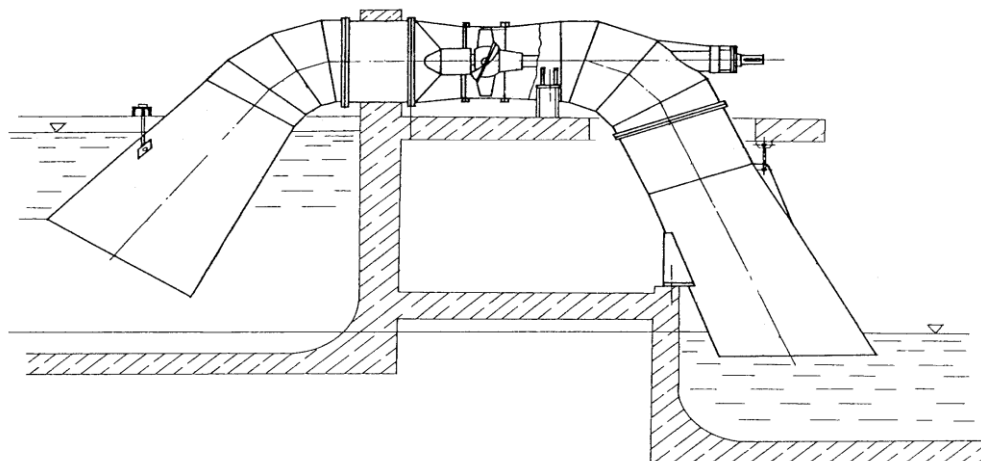
Wybór tematyki objętej prowadzonymi w Zakładzie pracami wynika z bardzo dobrego rozpoznania potrzeb, i jest potwierdzony znaczną liczbą uzyskiwanych zleceń z elektrowni wodnych na prace usługowo-badawcze, a także dużą liczbą konsultacji udzielanych inwestorom i użytkownikom obiektów małej energetyki wodnej oraz innym osobom zainteresowanym rozwojem energetyki wodnej w Polsce. Postęp w pracach teoretycznych i gromadzone doświadczenie praktyczne pozwalają na podejmowanie coraz bardziej skomplikowanych zadań badawczo-usługowych, stawianych przez zleceniodawców krajowych i zagranicznych.

Całość tematyki prac prowadzonych w Zakładzie doskonale mieści się w polskich i europejskich priorytetach naukowo - badawczych i gospodarczych.

Oferta prac badawczych i ekspertyz technicznych dla przemysłu:

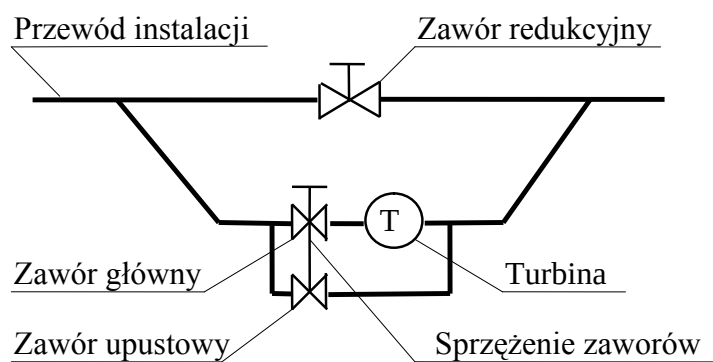
KONCEPCJE ZABUDOWY I PROJEKTY MAŁYCH TURBIN WODNYCH, POMPY WIROWE W RUCHU TURBINOWYM

Przykład 1: Koncepcja małej turbiny wodnej z wirnikiem śmigłowym w zabudowie lewarowej – Elektrownia Jaracz

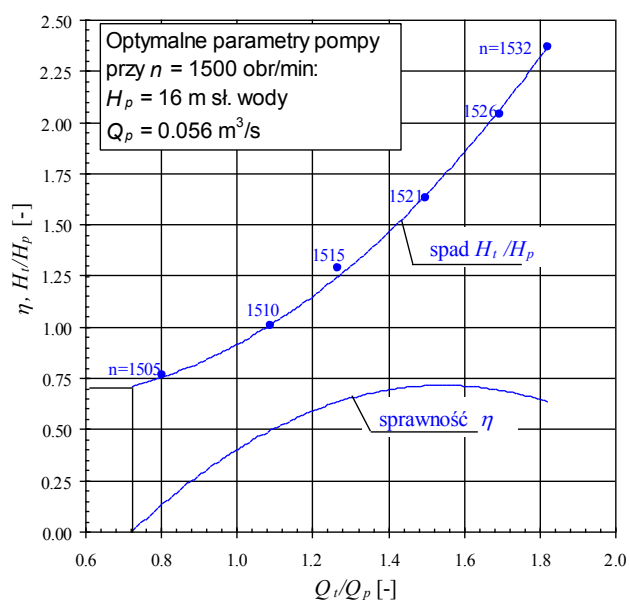




Przykład 2: Maszyna do odzysku energii w instalacjach przemysłowych



Schemat zastosowania pompy wirowej w ruchu turbinowym do odzysku energii traconej w instalacji przemysłowej – energii traconej w zaworze redukcyjnym wskutek dławienia przepływu cieczy.

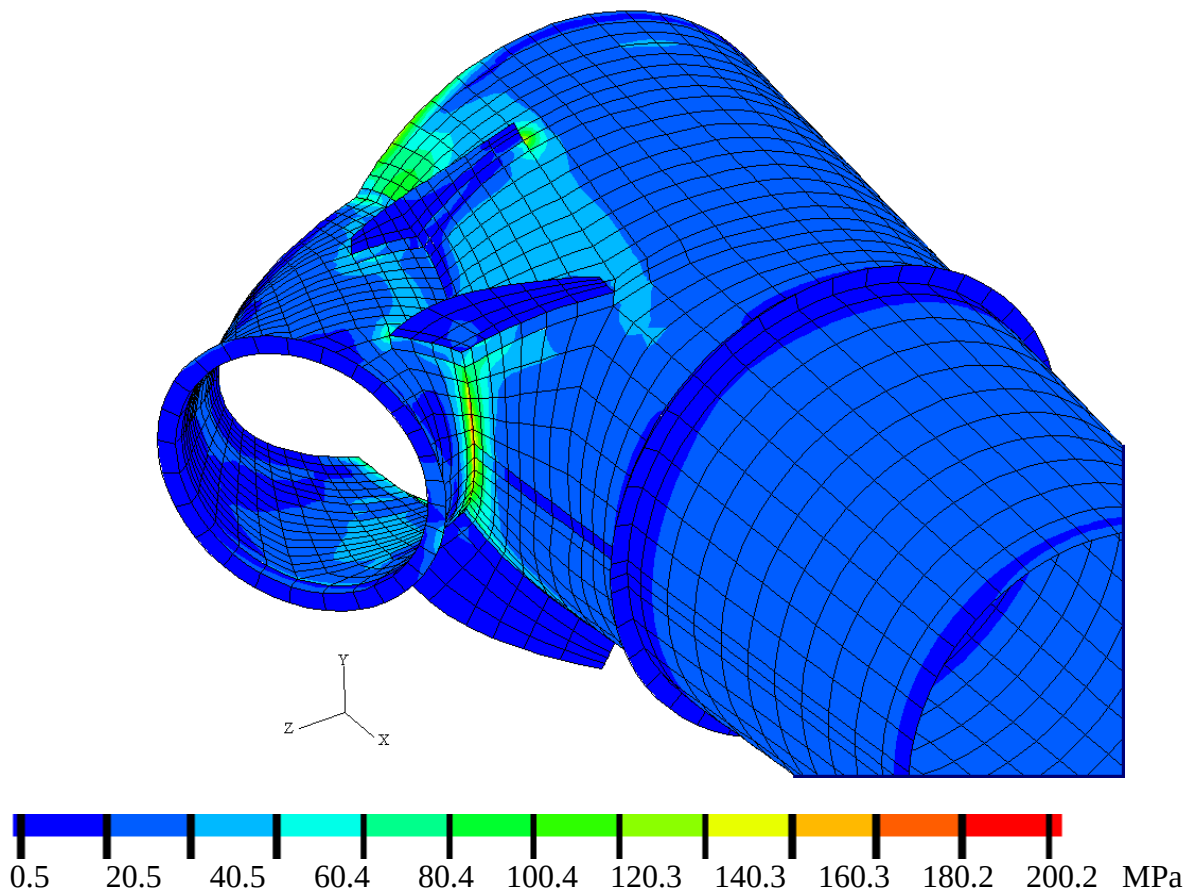


Charakterystyki energetyczne pompy 150 PJM 250 w pracy turbinowej

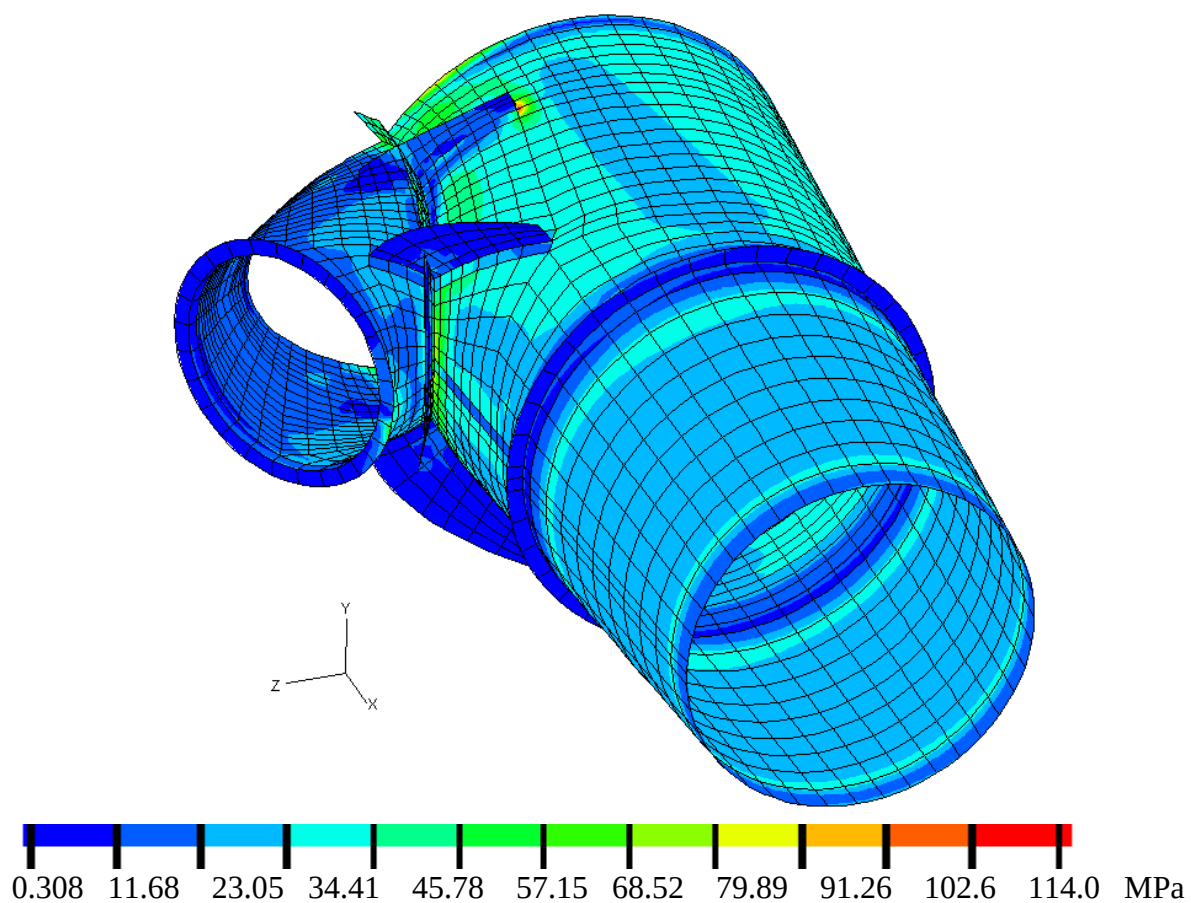
OCENY STANU TECHNICZNEGO, TECHNOLOGIE

Przykłady:

- Ocena stanu technicznego układów przepływowych turbin wodnych
- Wydłużenie żywotności układów przepływowych turbin i pomp wirowych, np. poprzez wzmocnienie najbardziej wytężonych elementów konstrukcyjnych tych układów,
- Ocena wytrzymałości i żywotności rurociągów zasilających (derywacyjnych) turbin wodnych,
- Ocena stanu drganiowego układów wirujących hydrozespołów



Przypadek bez dodatkowego wzmocnienia. Naprężenia zredukowane (wg hipotezy Hubera-Misesa) w powłoce rozgałęzienia turbiny - strona zewnętrzna, obciążenie ciśnieniem 415 kPa (dla materiału liniowo-sprężystego).



Przypadek ze wzmocnieniem. Naprężenia zredukowane (wg hipotezy Hubera-Misesa) w powłoce rozgałęzienia turbiny nr 1 wzmocnionego żebrem 300^x28 mm - strona zewnętrzna, obciążenie ciśnieniem 415 kPa (dla materiału liniowo-sprężystego).

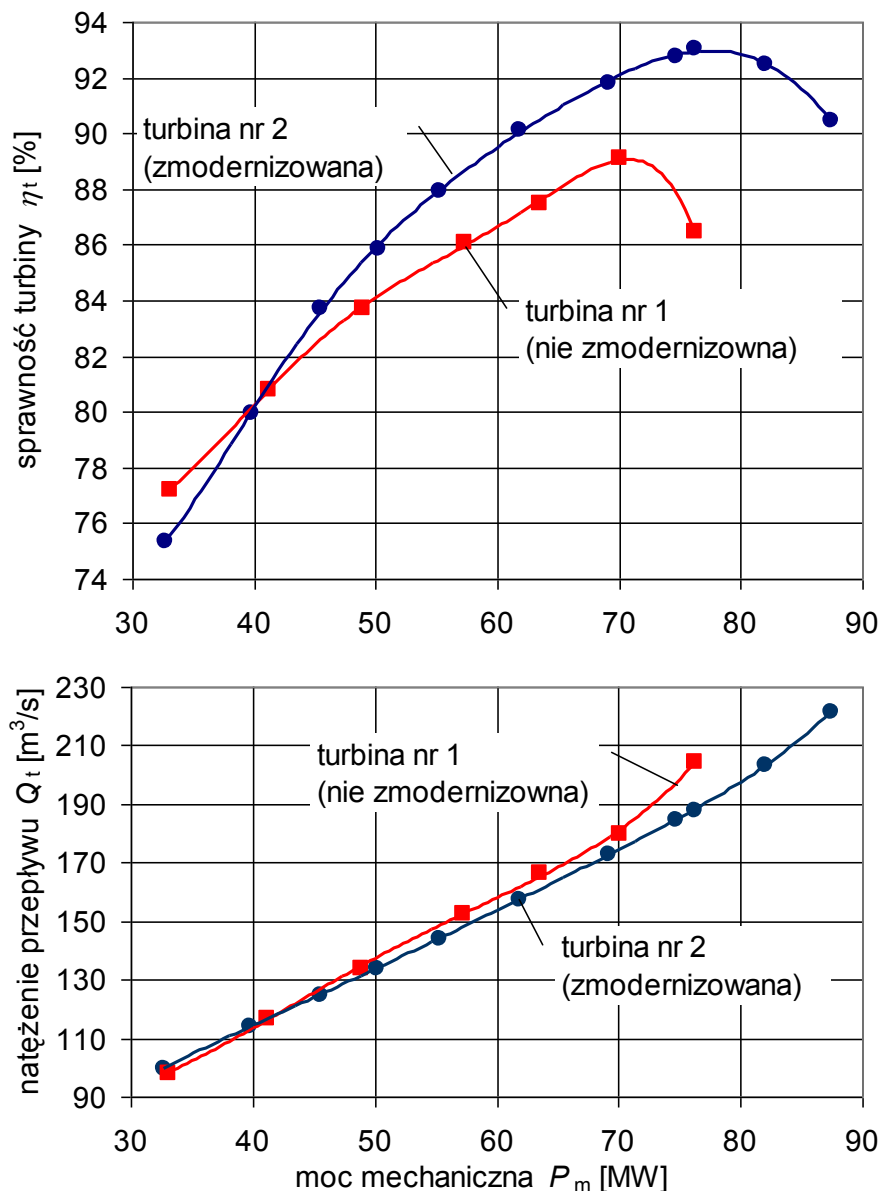


Żebro wzmacniające rozgałęzienie rurociągu

BADANIA WŁASNOŚCI ENERGETYCZNYCH (POMIARY SPRAWNOŚCIOWE) I STANU DYNAMICZNEGO HYDROZESPOŁÓW W ELEKTROWNIACH WODNYCH

Przykłady:

- Badania i pomiary gwarancyjno-odbiorcze turbin wodnych,
- Pomiary sprawnościowe turbin wodnych,
- Badania podczas prób rozruchowych hydrozespołów po budowie, modernizacji lub remoncie,
- Badania stanu dynamicznego hydrozespołów – pomiary i ocena poziomu drgań elementów konstrukcyjnych, poziomu hałasu i pulsacji ciśnień w różnych warunkach pracy maszyn.

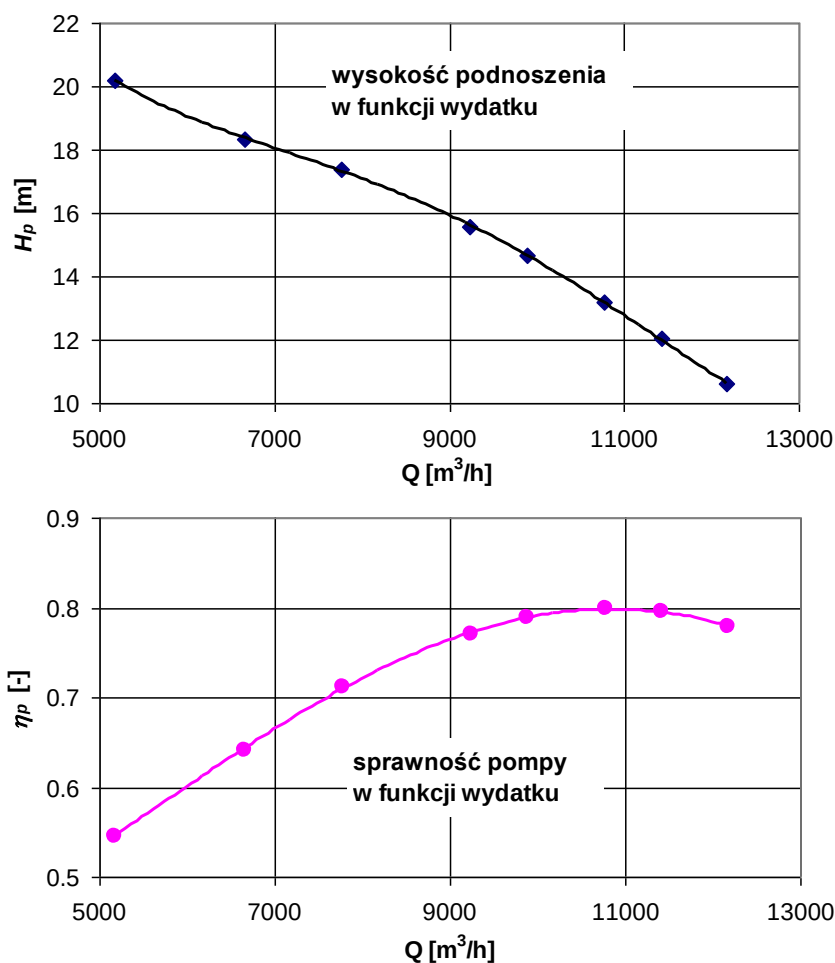


Charakterystyki energetyczne turbin wyznaczone dla jednej wartości spadku netto na podstawie wykonanych badań z wykorzystaniem metody Gibsona.

BADANIA EKSPLOATACYJNE ZESPOŁÓW POMPOWYCH – POMIARY SPRAWNOŚCIOWE I PRZEPŁYWOWE

Przykłady:

- a) układy pompowe i stacje pomp wody chłodzącej w elektrowniach konwencjonalnych i elektrociepłowniach,
- b) pompy wody podgrzanej w elektrociepłowniach,
- c) układy przepływowe na statkach morskich.



Wyznaczone charakterystyki eksploatacyjne pompy wody sieciowej w jednej z elektrociepłowni (pomiar natężenia przepływu metodą ultradźwiękową)

EKSPERTYZY TECHNICZNE

ustalanie przyczyn awarii i zniszczeń maszyn i urządzeń hydraulicznych (uszkodzenia kawitacyjne, zniszczenia destrukcyjnym oddziaływaniem uderzenia hydraulicznego i zjawisk rezonansowych i inne)

Przykłady:

- a) ustalenie przyczyn nadmiernych drgań wału hydrozespołu,
- b) ustalenie przyczyn pękania wałów pomp wirowych,
- c) ustalenie przyczyn rozerwania rurociągu zasilającego turbiny,

- d) ustalenie przyczyn pęknięcia korpusów zaworów odcinających w różnych hydraulicznych układach przepływowych,
- e) sprawdzenie wskazań przepływomierzy ultradźwiękowych instalowanych na rurociągach derywacyjnych elektrowni wodnych lub w innych obiektach hydrotechnicznych.



Rozerwanie rurociągu w Elektrowni Wodnej Łapino

Główny zakres prac:

W celu oceny stanu technicznego rurociągu po awarii oraz ustalenia przyczyn pęknięcia rurociągu, wykonano szereg prac badawczych, m.in.:

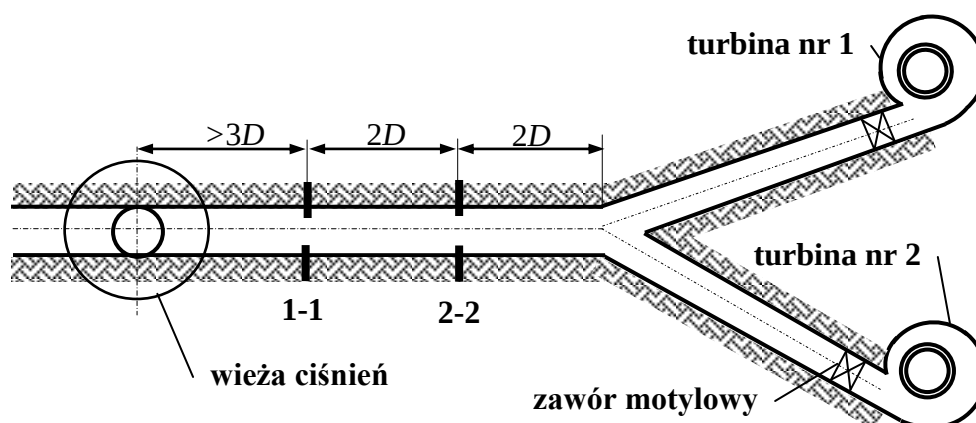
- badania nieniszczące zachowanej powłoki, ze szczególnym uwzględnieniem połączeń spawanych,
- badania materiałowe rozerwanej powłoki rurociągu,
- analizę stanu naprężeń w powłoce pękniętego węzła rurociągu,
- analizę obciążeń hydrodynamicznych w warunkach wystąpienia awarii,
- opracowanie wytycznych dotyczących naprawy rurociągu oraz dalszej eksploatacji elektrowni.

POMIARY NATĘŻENIA PRZEPŁYWU W ELEKTROWNIACH WODNYCH

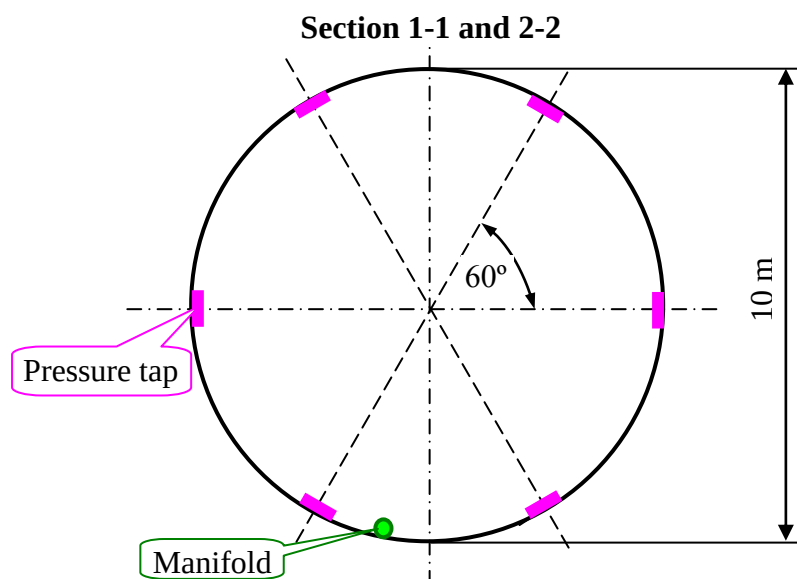
Przykłady:

- przygotowanie i stosownie metody uderzenia hydraulicznego (metody Gibsona) do pomiaru natężenia przepływu w układach przepływowych turbin wodnych i pompoturbin,
- stosowanie metody młynków hydrometrycznych do pomiaru natężenia przepływu w układach przepływowych turbin wodnych niskospadowych
- opracowanie, zamontowanie i uruchomienie urządzeń do ciągłego pomiaru natężenia przepływu wody przez turbiny wodne (metoda Winter-Kenedy'ego i ultradźwiękowa).

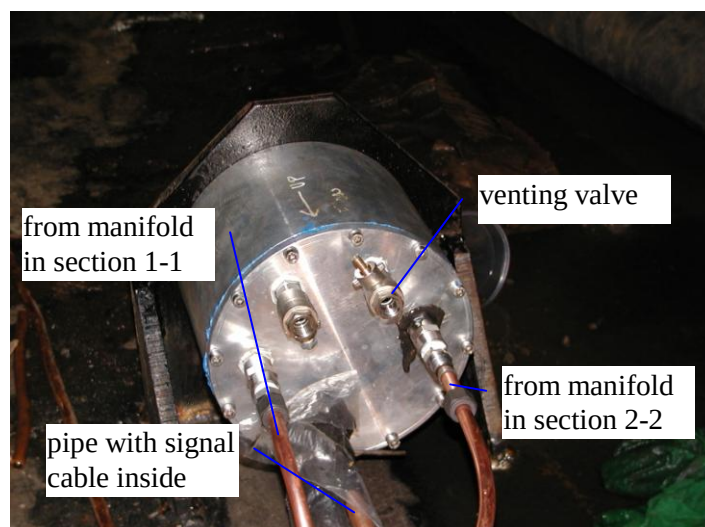
Przykład zastosowania metody uderzenia hydraulicznego (Gibsona)



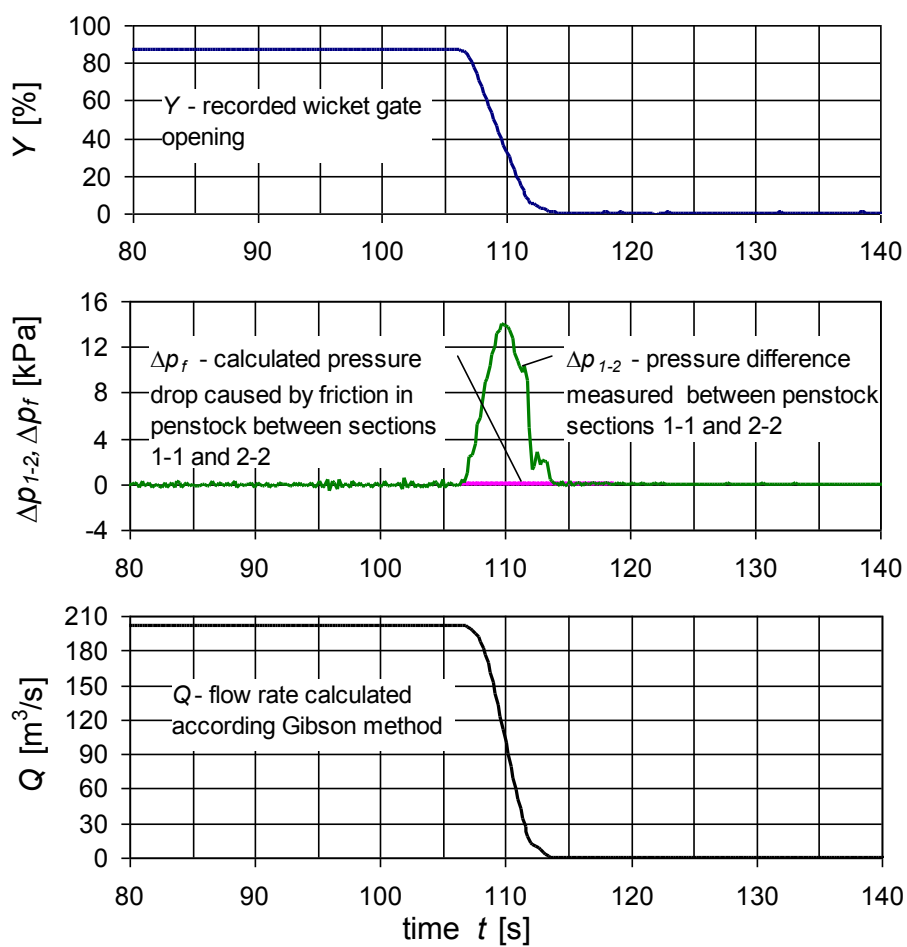
Schemat układu zasilającego badanych turbin wraz z zaznaczonymi przekrojami hydrometrycznymi wykorzystanymi w metodzie Gibsona.



Rozmieszczenie punktów odbioru ciśnienia w każdym z dwóch przekroi pomiarowych 1-1 i 2-2 rurociągu.

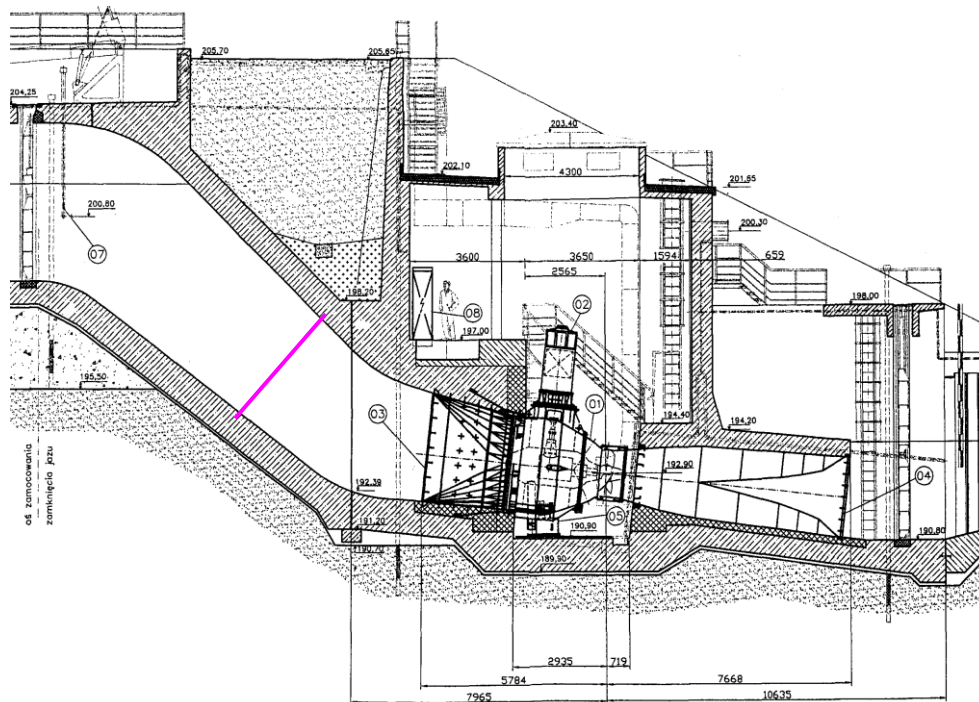


Szczelna zabudowa z zainstalowanym wewnątrz przetwornikiem różnicy ciśnienia.



Przebiegi czasowe zarejestrowanych i obliczonych zmian wielkości związanych z pomiarem przepływu metodą Gibsona.

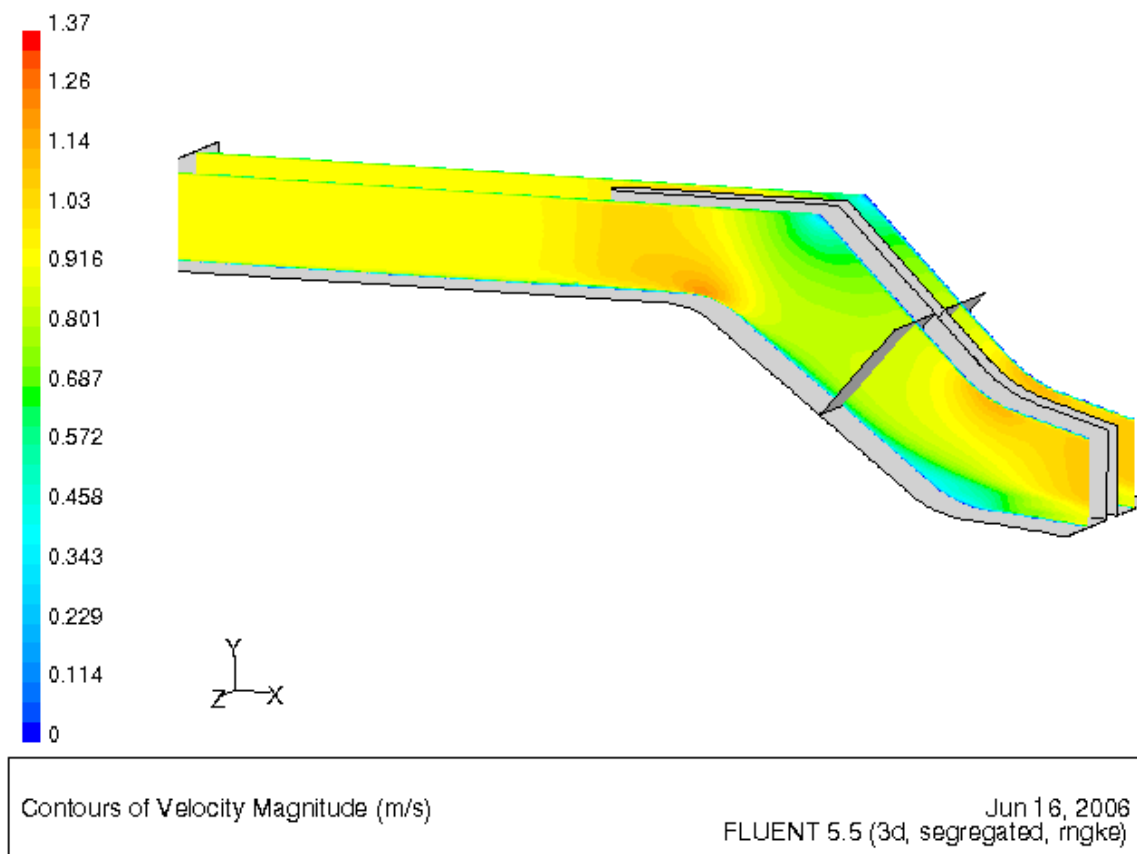
Przykład zastosowanie metody młynków hydrometrycznych



Przekrój osiowy przez hydrozespół z zaznaczonym przekrojem hydrometrycznym młynków (linia różowa).



Przekrój hydrometryczny z kratą i zainstalowanymi młynkami.



Wyniki symulacji przepływu w układzie dolotowym turbiny w celu (pole prędkości) w celu wyznaczenia kątów położenia młynków w przekroju pomiarowym dla jak najlepszego dopasowania osi tych młynków do przewidywanych kierunków linii prądu w przepływie. (Obliczenia wykonano za pomocą programu FLUENT.)

Przykład urządzenia do ciągłego pomiaru natężenia przepływu wody przez turbiny wodne opartego o metodę Winter-Kenedy'ego (m. różnicy ciśnień w spirali)



Przetwornik różnicy ciśnień podłączony do punktów odbioru ciśnienia w spirali turbiny



Moduł akwizycji danych pomiarowych (karta pomiarowa i separatory analogowe)



Komputer z oprogramowaniem do rejestracji i obróbki danych pomiarowych przepływomierzy.

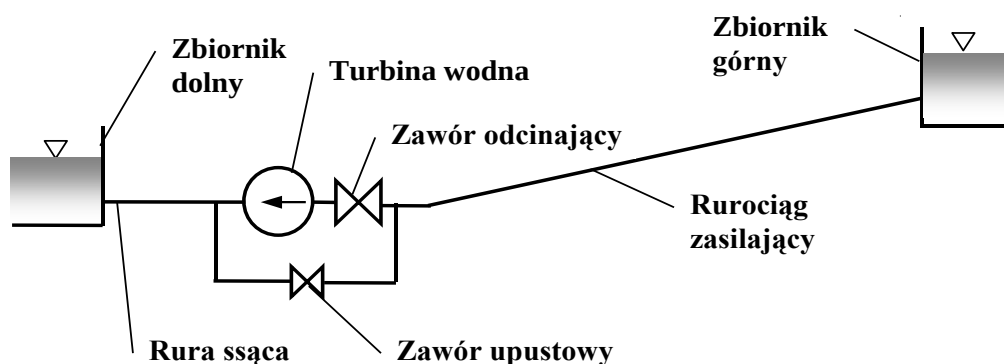
OBLICZENIA PRZEBIEGU UDERZENIA HYDRAULICZNEGO W UKŁADACH PRZEPŁYWOWYCH WIROWYCH MASZYN WODNYCH

Przykłady:

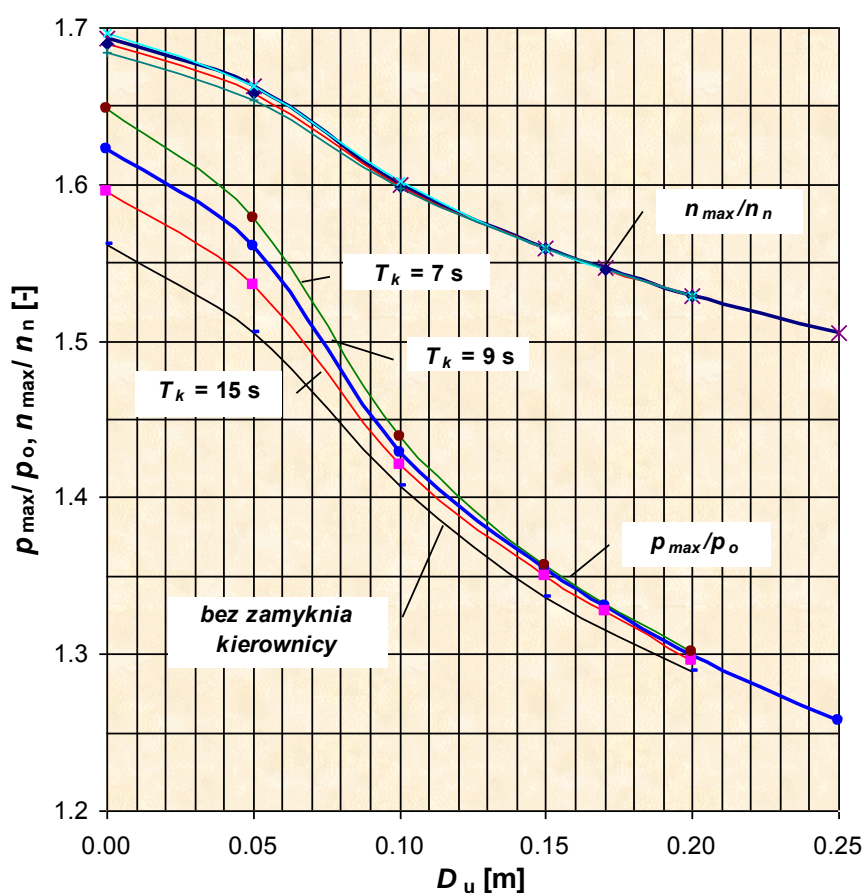
- a) dobór sposobu zamykania kierownicy turbiny w celu zabezpieczenia rurociągu zasilającego przed nadmiernym przyrostem ciśnienia, a generatora turbiny przed nadmiernym wzrostem szybkości obrotowej,
- b) analiza różnych sposobów łagodzenia uderzenia hydraulicznego w układach przepływowych turbin wodnych i układach pompowych dla wyboru korzystnego rozwiązania technicznego.
- c) Redukcja nadmiernych wahań ciśnienia uderzenia hydraulicznego w układach pompowych i turbinowych.

- d) sterowanie przebiegami stanów przejściowymi maszyn wodnych w celu przeciwdziałania niekorzystnym skutkom uderzenia hydraulicznego.

Przykład analizy zastosowania zaworu upustowego turbiny w celu zmniejszenia poziomu uderzenia hydraulicznego



Schemat zastosowania zaworu upustowego turbiny wodnej

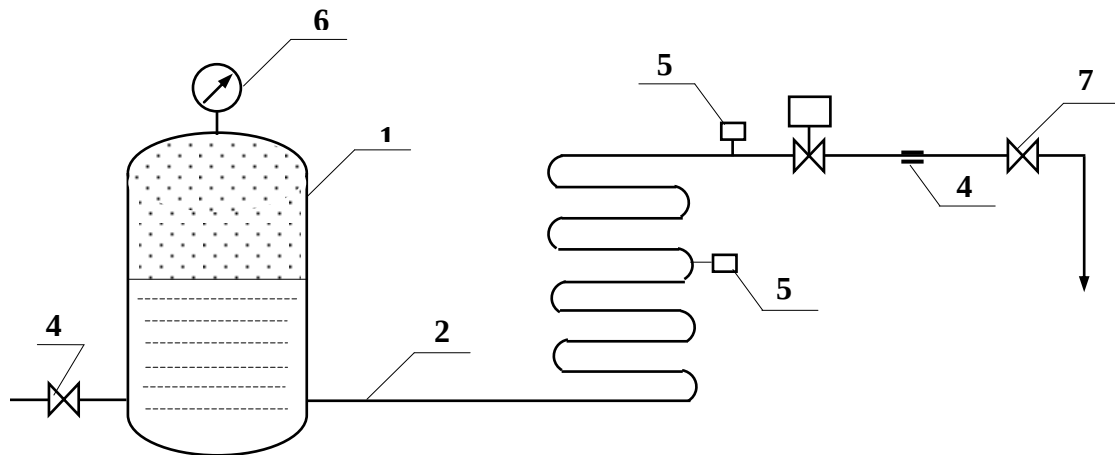


Wyznaczone maksymalne ciśnienie w rurociągu (p_{max}) i maksymalna szybkość obrotowa (n_{max}) w zależności od średnicy zaworu upustowego D_u dla różnych czasów zamykania kierownicy T_k .

BUDOWA STANOWISK (STOISK) LABORATORYJNYCH:

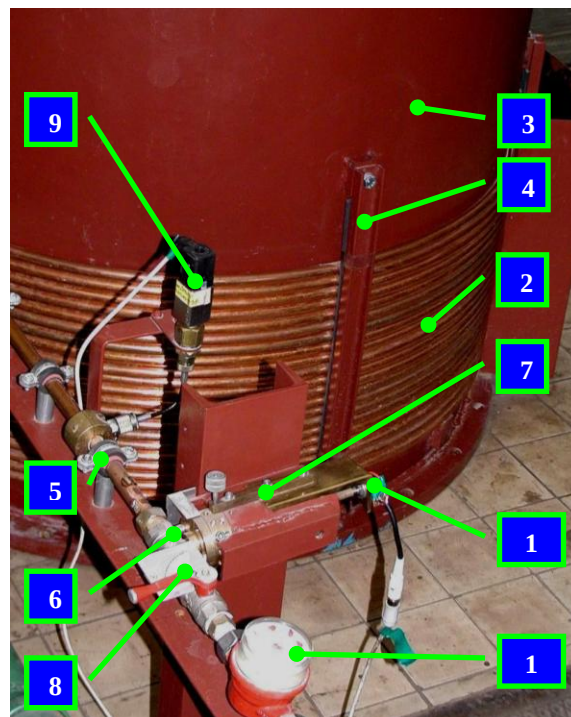
Przykład:

Małogabarytowe stanowisko do badania przebiegu uderzenia hydraulicznego wraz z wyposażeniem pomiarowym.



Schemat stanowiska do badania zjawiska uderzenia hydraulicznego.

1. Zbiornik wodno-powietrzny. 2. Długi rurociąg nawinięty na bęben, 3. Zawór szybkozamykający, 4. Zawór regulacyjny, 5. Przetworniki ciśnienia statycznego, 6. Manometr albo przetwornik ciśnienia z wyświetlaczem, 7. Przepływomierz elektromagnetyczny.



Widok fragmentu stanowiska doświadczalnego do badania propagacji fali ciśnienia w przewodzie zamkniętym

2 – rurociąg pomiarowy (miedziany), 3 – bęben stalowy, 4 – ceownik mocujący rurociąg, 5 – podpory i obejmy rurociągu pomiarowego, 6 – zawór odcinający (kulowy), 7 – sprężynowy napęd zaworu odcinającego, 8 – zawór regulacyjny, 9 – przetwornik ciśnienia, 10 – przepływomierz turbinkowy, 11 – przetwornik potencjometryczny do rejestracji zamykania zaworu odcinającego.