

ca skoku i wtedy mogłoby zajść, przy zwiększonym ciśnieniu, uszkodzenie akumulatora /rozsadzenie cylindra, rozerwanie przewodów, wysunięcie nurnika i t.d./. Aby tego uniknąć, stosuje się sygnalizacja, wzywająca do zatrzymania pomp, kiedy nurnik dochodzi już do granicy skoku. Gdyby, jednak, mimo to ostrzeżenie pomp nie zatrzymano, nurnik podnosi się jeszcze więcej i wtedy szpona 10 zawadza o wystający ksiuk 11 i podnosi zawór 12; wówczas nadmiar dopływającej wody zostaje odprowadzony do spustu 13, tak długo, dopóki pompy nie zostaną zatrzymane, lub dopóki nie będzie puszczona większa liczba mechanizmów.

Akumulatory są budowane na ciśnienie do 50 atm. Trafiają się i większe do 300, nawet do 1000 atmosfer ciśnienia. Znając ciśnienie, przy którym ma akumulator pracować możemy określić, jaki ciężar powinien być zawieszony w koszu 5.

HYDRODYNAMIKA.

120. Dotychczas badaliśmy zachowanie się cieczy znajdującej się w spoczynku. Wyniki otrzymane w hydrostatyce odpowiadają ściśle temu, co obserwujemy w rzeczywistości. Pochodzi to stąd, że, jakkolwiek



nasze rozważania dotyczyły cieczy doskonałej, to różnica wyraźna między cieczą doskonałą a rzeczywistą ujawnia się dopiero podczas ruchu, kiedy występuje działanie lepkości. Ponieważ podczas spoczynku lepkość nie ma możliwości wystąpienia, dlatego też nic dziwnego, że wyniki hydrostatyki, oparte na badaniu cieczy doskonałej, znajdują zupełnie dokładne potwierdzenie w cieczach rzeczywistych.

Zupełnie inaczej się przedstawia sprawa, kiedy zaczniemy badać ciecze lub gazy, b ę d ą c e w r u c h u , co właśnie jest treścią badania w h y d r o d y n a m i c e .

Badania te są bardzo złożone. Do dziś wiele zagadnień jest zupełnie nie rozwiązanych, raz ze względu na trudność ujęcia zależności między właściwościami cieczy rzeczywistej, a jakimiś, bliżej nie określonymi parametrami, następnie wobec trudności natury matematycznej, trudności do dziś nie zawsze opanowanych.

Powyższe trudności nakazują przy badaniu ruchu cieczy rzeczywistych wprowadzanie różnych uproszczeń, któreby ułatwiły rozważanie tych zagadnień.

Jedno z pierwszych założeń, jakie robimy, przy

stępując do badania cieczy, czy też gazu, w ruchu, polega na tym, że rozpatrywać będziemy ciecze i gazy doskonale.

Co prawda, takie założenie nie pozwala na to, aby wyniki oparte na nim, znalazły bezpośrednio potwierdzenie i zastosowanie w praktyce. Jest to zupełnie zrozumiałe.

Dlatego też, pragnąc z wyników powyższych korzystać do celów praktycznych, wypadnie wyniki te poprawić, porównywując je z rezultatami rzeczywistymi, przez wprowadzenie różnych współczynników praktycznych, dostosowanych do poszczególnych przypadków.

Powyższą drogą idąc, możemy dla bardzo trudnych nieraz zagadnień znaleźć proste i prędkie rozwiązanie, przydatne do wymagań praktycznych. Wypadnie tylko być bardzo ostrożnym przy rozszerzaniu zakresu zastosowalności otrzymanych rezultatów.

121. Przystępując do badania cieczy, będącej w ruchu, zajmiemy się na początku kilkoma określeniami, z którymi spotykać się będziemy w hydraulice /hydrodynamice praktycznej/.

Niech będzie jakiegokolwiek naczynie, w którym

ciecz płynie. Obierzmy dowolny punkt w naczyniu. Przez ten punkt w obranym momencie przepływa cząstka cieczy. Za chwilę ta cząstka znajdzie się w sąsiednim bardzo bliskim do poprzedniego punkcie. Zauważmy ten punkt. Sledźmy cząstkę dalej. W następnym momencie cząstka ta przejdzie na nowe miejsce i t.d. Połączmy w myśli punkty powyższe; otrzymamy t.zw. l i n i ę p r ą d u . Styczne do linii prądu będą kierunkami prędkości w różnych miejscach.

Obserwując jedną, dwie i więcej linii prądu, przekonamy się, że mogą tu zajść dwa przypadki.- Jeden - kiedy linia prądu jest stałą, niezmienną linią w przestrzeni. Wtedy cząstki, które wchodzić będą na obserwowaną linię prądu, stale wzdłuż niej będą płynąć, nie zmieniając wartości i kierunku prędkości i przyspieszeń. Kolejne cząstki podlegać będą takim samym, jak pierwsza cząstka, ciśnieniom, mimo iż w różnych miejscach linii prądu mogą być prędkości, przyspieszenia i ciśnienia różne. To samo dotyczy jakiegokolwiek innej linii prądu. Powiemy, że elementy ruchu zależą tylko od współrzędnych punktu, a nie od czasu. Analitycznie to się zaznaczy tym,

że pochodne cząstkowe elementów ruchu: prędkości, przyspieszenia, ciśnienia względem czasu są zerami dla wszystkich punktów przestrzeni, wypełnionej płynącą cieczą. Ruch taki nazwiemy *ruchem trwałym*.

Ruch, który powyższymi warunkami nie czyni zadość, nazwiemy *ruchem nietrwałym*. Przy istnieniu ruchu nietrwałego linie prądu będą się co chwila zmieniać, zmieniając też miejsce w przestrzeni; elementy ruchu w obranym punkcie będą się zmieniać z biegiem czasu; będą więc funkcjami nie tylko współrzędnych punktu, lecz i czasu. Pochodne cząstkowe prędkości, przyspieszenia, ciśnienia względem czasu teraz już zerami nie będą.

W technice ruch trwały jest obserwowany bardzo często. Ruch nietrwały zazwyczaj istnieje czas krótki, przechodząc szybko w ruch trwały.

Wyobraźmy sobie w sąsiedztwie dowolnego punktu wewnątrz poruszającej się cieczy bardzo mały element pola df , prostopadły do kierunku prędkości w tym miejscu.

Przez każdy punkt obwodu pólka df poprowadźmy

linię prądu. W ten sposób utworzy się t.zw. elementarna struga cieczy, jakby cienka rurka, napełniona płynącą cieczą. Jeśli przez środek ciężkości półka αf poprowadzimy linię prądu, otrzymamy oś strugi. Przekrojem strugi będzie pole jej przecięcia płaszczyzną prostopadłą do osi strugi w danym miejscu.

Ciecz doskonała, znajdująca się w ruchu, może być uważana, jako złożona ze strug elementarnych, z których jedna na drugą wywiera ciśnienie normalne.

Jeżeli mamy do czynienia z ruchem trwałym, wówczas strugi elementarne są stałe. Przy ruchu nietrwałym kształt strug ciągle się zmienia.

Cząstki cieczy nie mogą przepływać z jednej strugi do sąsiedniej.

Przyjmijmy, następnie, że ciecz całkowicie wypełnia przestrzeń, w której się porusza; wtedy stąd wynika, że struga nie może się ani zaczynać ani kończyć wewnątrz cieczy, chyba, że struga tworzy jakgdyby pierścień zamknięty.

W y d a t e k d a n e j s t r u g i e l e m e n t a r n e j n i e u l e g a z m i a n i e

i w każdym przekroju danej strugi wydatek w jednostce czasu jest równy iloczynowi z prędkości przez pole przekroju strugi. Jest to warunek ciągłości cieczy.

116. W cieczy, będącej w ruchu, możemy wyobrazić sobie element dowolnej powierzchni. Jeśli ciecz z jednej strony tego elementu odrzucimy i zechcemy, aby pozostała ciecz poruszała się jak poprzednio, musimy zastąpić działanie cieczy odrzuconej odpowiednią siłą. Otrzymujemy zatem, że podczas ruchu cieczy winno istnieć ciśnienie, podobnie jak to mieliśmy w cieczy będącej w spoczynku.

Treść wewnętrzna ciśnienia w tym i tamtym przypadku jest jedna i ta sama. Mogą tu być tylko różnice co do wartości i nieraz kierunku ciśnienia. Dlatego też należy odróżniać ciśnienie podczas spoczynku cieczy, t.zw. ciśnienie hydrostatyczne od ciśnienia cieczy podczas ruchu, od t.zw. ciśnienia hydrodynamicznego.

Podobnie jak ciśnienie hydrostatyczne, podawane w kg/cm^2 , mierzyliśmy wysokością słupa tej czy innej cieczy, tak samo możemy ciśnienie hydrodynamiczne wyrażać w kg/cm^2 albo mierzyć je wysokością słupa cieczy. Wysokość pierwszą nazywają często wysokością ciśnienia hydrostatycznego, drugą - wysokością ciśnienia hydrodynamicznego.

123. Ruch ciągły cieczy możemy rozważać w dwójaki sposób. Pierwszy sposób polega na tym, że obieramy pewną cząstkę cieczy i śledzimy ją podczas jej ruchu, badając tor, prędkość, przyspieszenie, ciśnienie w każdym miejscu na torze cząstki. Tę metodę stosował Lagrange /1736 - 1813/. Drugi sposób polega na tym: obieramy pewien stały punkt w przestrzeni, w której ruch cieczy zachodzi, i badamy prędkości, przyspieszenia, ciśnienia, które posiadają różne cząstki, kolejno przybywające do obranego punktu. Tę metodę stosował Euler /1707 - 1783/.

Stosując pierwszą lub drugą metodę, otrzymamy ogólne równania ruchu cieczy, na zasadzie których możemy dowodzić różnych twierdzeń i poznawać różne

szczegóły ruchu cieczy.

Wyniki stąd otrzymane, jednak, na ogół w życiu praktycznym znajdują ograniczone zastosowanie. Natomiast jest jedno ważne twierdzenie, które otrzymuje się z równań ogólnych ruchu i które ma szerokie zastosowanie w praktycznych zagadnieniach hydraulicznych. Twierdzenie to musimy poznać. Postaramy się sprawę wyłożyć metodą prostszą, idąc za Danielem Bernoulli'm bez korzystania z ogólnych równań ruchu cieczy.

124. T w i e r d z e n i e D a n i e l a B e r n o u l l i ' e g o /1700 - 1782/.

Niech ciecz ciężka doskonała będzie w pewnym naczyniu w ruchu. Niech to będzie ruch ciągły i trwały. Obierzmy wewnątrz płynącej cieczy przy dowolnym punkcie pole elementarne prostopadłe do prędkości w tym miejscu. Przez wszystkie punkty obwodu tego pola poprowadźmy linie prądu. W ten sposób utworzy się powierzchnia, otaczająca strugę cieczy. Weźmy pod rozważanie część strugi, zawartej między dowolnymi dwoma przekrojami I i II o polach df_1 i df_2 /rys.74/. Po czasie bardzo małym