

IX. MECHANIKA STOSOWANA W PIERWSZEJ POŁOWIE XIX W.

Mówiąc o rozwoju nauki o wytrzymałości tworzyw w drugiej połowie XVIII w., zaznaczyłem, że dzięki pomysłom Coulomba nauka ta stała się na prawdziwych podstawach i oczyściła się z mnóstwa błędów i niedorzeczności, niedopatrzonych w ciemnocie wieków średnich. Nie od razu wszakże umiano skorzystać ze słowa prawdy i pozbyć się nawyknień, wyrobionych przez długą rutynę, którą uświęciło tyle imion sławnych budowniczych, w każdym razie jednak obudziła się w ówczesnych uczonych pewna nieufność do dawnych prawideł i chęć sprawdzenia nowoodkrytych teoryj. Dowodem tego była najprzód książka wymienianego parokrotnie w poprzednim wykładzie lekarza angielskiego Tomasza Younga: *A course of natural philosophy and the mechanical Arts* z r. 1807, w której jest mowa po raz pierwszy o module sprężystości belek wyginanych; a następnie doświadczenia inżyniera marynarki Karola Dupin (1811) i inżyniera dróg i mostów Alfonsa Duleau (1813), przeprowadzone w duchu prawdziwie badawczym i naukowym. Badania Dupina odnosiły się do mocy i sprężystości drzewa, Duleau znów wykonał doświadczenia nad żelazem kutem. Z innych poszukiwań

zwracały na siebie uwagę doświadczenia Minarda i Desormes'a, robione w r. 1815, nad wytrzymałością drzew i metali na rozciąganie. Jeszcze ważniejszymi były doświadczenia angielskie Barlowa (1817), mające na celu oznaczenie mocy włókien w drzewie przeciw rozerwaniu w kierunku podłużnym i poprzecznym, tudzież oznaczenie włókien obojętnych i wygięcia belek prostych, w chwili złamania albo też przed złamaniem. Wyniki tych poszukiwań okazały się zgodnymi z temi, jakie otrzymali Dupin i Duleau. Barlow robił także doświadczenia nad belkami drewnianymi, sztucznie wygiętymi, tudzież składanymi z dwóch tarcic, związanych sznurem, a wkońcu dochodził mocy drutów przy nagłym ich szarpaniu. Do ważnych zdobyczy na polu doświadczalnym należą też prace inżyniera angielskiego Tomasza Tredgolda (1823), tyjące się wytrzymałości drutów i mocy prętów surowcowych przeciw złamaniu. Tredgold pierwszy zauważył, że żelazo lane pomimo swej twardości i ziarnistego ustroju może zmieniać swój kształt niepowrotnie, gdy tylko obciążenie przechodzi pewne granice, którą to własność samemu tylko żelazu kutemu przypisywano. Równocześnie, próbując mocy drutów żelaznych i sztab surowcowych, odkrył to ważne zjawisko, iż przyrost długości, sprawiony obciążeniem pręta, jest wprawdzie z początku proporcjonalny do obciążenia, lecz następnie rosnać zaczyna w daleko szybszym stosunku i nie znika już całkowicie po odjęciu ciężarów. Inne znów doświadczenia francuskie i Dufoura (1824) nad wytrzymałością drutów miedzianych i mosiężnych, wykazały, że przegrzewanie zmniejsza znacznie ciągliwość tych metali. Z doświadczeń pomniejszych wymienię doświadczenia Lagerhjelm'a, robione w Szwecji dla porównania tamtejszego żelaza z żelazem walcowanym angielskiem. W Warszawie porucznik artylerji Antoni Krauz, krakowianin, z pole-

cenia dyrektora materiału artylerji jenerała Bontemps wykonał w r. 1825/6 doświadczenia z wytrzymałością żelaza kutego, stali i drzewa i podał ich wyniki w pierwszym naszym czasopiśmie technicznym: *I z y s P o l s k a* z roku 1827. Odnosiły się one do drzew krajowych i żelaza sucheniowskiego.

We Francji przez długi czas pozostająca w zapomnieniu teoria sklepień Coulomba, przystosowaną została do potrzeb praktyki przez inż. Audoy (1820), stwierdzoną doświadczeniami inż. Bastarda (1822), wreszcie rozwiniętą analitycznie w r. 1823 przez inżynierów Lamego i Clapeyrona. Poisson i Cauchy zakładali wtedy podstawy teorii sprężystości; istotnym wszakże twórcą tej nowej nauki był wymieniany w poprzednim wykładzie Ludwik Navier. W r. 1821 przedstawił on Akademii rozprawę: *Mémoire sur les lois de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques*, stanowiącą punkt wyjścia dla prac Poissona i Cauchyego. Opierając się na tem, że ciało sprężyste składa się z cząstek, a między dwiema cząstkami sąsiednimi działają siły, proporcjonalne do zmiany wzajemnej odległości cząstek, wyprowadził Navier równania równowagi dla każdego punktu wewnętrznego, a także równania dla cząstek na powierzchni ciała, wyrażające tak zwane warunki krańcowe. Nie mniejszą jego zasługą było związanie zasad teorii sprężystości z nauką o wytrzymałości tworzyw, z której uczynił istotną podstawę dzisiejszej techniki.

Zajmując się dotąd głównie wytrzymałością na złamanie, mniej zwracano uwagi na sprężystość belek wyginanych. Wprawdzie Young w początku stulecia wprowadził już do nauki tak zwany moduł sprężystości i podał dokładne wzory na wygięcie, ale stosowało się to tylko do przecięć symetrycznych względem linii poziomej włókien obo-

jętnych. Dopiero Navier w swoich wykładach z r. 1824 określił znaczenie wytrzymałości na złamanie wobec wygięcia i rozwiązał wiele zadań, nieporuszonych jeszcze z powodu nieznanego rozkładu nateżeń w różnych częściach przecięć poprzecznych. Najważniejsze z tych zadań dotyczyły belek, leżących na kilku podporach, i łuków. Teorji belek prostych, leżących na kilku podporach, dał Navier pierwsze podstawy. Zająwszy się teorją łuków, spostrzegł, że zadania, tyczące się wszystkich krzywych płaskich, dają się sprowadzić do kwadratury, gdy tylko wygięcie jest małe. Dopełnił tę teorją Barré de Saint Venant, podając w swem wykładzie mechaniki z r. 1837 wyrażenie poprawne parcia poziomego, jaki wywiera łuk paraboliczny, albo kołowy, obciążony, w samym środku — i to z uwzględnieniem nie tylko kurczenia się osi łuku, ale także ślizgania się włókien jednych po drugich. Co do sklepień, przyjmując teorję, polegającą na obracaniu się zworników około krawędzi, Navier tak wyraził swój pogląd: „Zworniki kamienne nie są w istocie ciałami zupełnie twardymi, a więc ich krawędzie geometryczne nie mogą znosić całego ciśnienia jednej części sklepienia na drugą. Przy szukaniu nateżeń w różnych częściach bryły trzeba by mieć wzgląd na sprężystość materji i badać dokładnie skutki, wywołane działaniem danego układu sił; ale że zadanie to nie jest jeszcze rozwiązane, trzeba się uciec do przypuszczeń, mających niejaki podobieństwo do prawdy. Dlatego przyjmujemy, że zworniki kluczowe nie wywierają na siebie żadnego ciśnienia w krawędzi dolnej i że w stosudze pęknięcia, która, jak wiadomo, leży blisko podpór, ciśnienie jest także równe zeru w całej krawędzi górnej.“ Pogląd ten mimo widocznego braku podstawy przyjęty został przez ogół ówczesnych budowniczych.

W swych wykładach z r. 1833 podał Navier opis kilku doświadczeń nad rozciąganiem żelaza, miedzi i ołowiu, tudzież wyniki prób ze sztabami żelaznymi przy budowie mostu Inwalidów w Paryżu. Równocześnie podobne doświadczenia prowadził słynny wynalazca zapraw cementowych, inż. dr. i m. Ludwik Vicat (1781—1861) i podał ich opis w r. 1834. Vicat, nie zadowolniając się mierzeniem chwilowego przyrostu długości, pozawieszał na drutach żelaznych ciężary, większe od jednej czwartej lub jednej trzeciej obciążenia, odpowiadającego zerwaniu, — i, zostawiwszy je w tym stanie przez lat kilka, stwierdził nie tylko stopniowe wydłużanie się drutów pod wpływem czasu, lecz zauważył zarazem nieproporcjonalność wydłużeń, skoro tylko obciążenie przechodzi pewne granice, zależne od wymiarów i rodzaju drutu.

Teorię skręcenia, która nie postąpiła naprzód od czasów Coulomba i nie godziła się już z wynikami doświadczeń, zajął się Cauchy i ogłosił w r. 1829 nową teorię, opartą na przypuszczeniu, że natężenia wewnętrzne dają się wyrazić przez szeregi zbieżne potęg całkowitych z dwóch rzędnych. Przypuszczenie to nie było matematycznie ścisłe w znaczeniu ogólnem, wszakże rozprawa Cauchyego określiła prawdziwe granice wzorów Coulomba i przyczyniła się znakomicie do rozwoju teorii skręcenia.

Rozwijająca się podówczas budowa mostów żelaznych wymagała dokładnych wiadomości o przymiotach i wadach materiałów budowlanych i wciąż mnożyły się doświadczenia, na czele których stanęły prace Fairbairna i Hodgkinsona w Anglii. Konstruktor pierwszego okrętu z żelaza, fabrykant maszyn w Manchester, Sir William Fairbairn (1789—1874), robił już oddawna doświadczenia nad wytrzymałością tworzyw. Dla powiększenia ich zakresu zaprosił do współpracownictwa profesora maszynoznawstwa Eatona Hodgkinsona (1789—1861), znanego

z wielu prac a zwłaszcza z opisu doświadczeń, przedsięwziętych w r. 1830 dla zbadania najlepszego kształtu belek surowcowych. W r. 1837 ukazały się rozprawy Fairbairna i Hodgkinsona zawierające opis ich wspólnych doświadczeń, które dostarczyły danych praktycznych, dotyczących rozmaitych gatunków surowca. Hodgkinson podjął następnie doświadczenia nad wytrzymałością słupów z żelaza lanego; zbadał zgniatanie krótkich graniastosłupów z drzewa i żelaza i różne sposoby ich rozpadania się, pękanie słupów żelaznych w sposób pośredni pomiędzy zgnieceniem a złamaniem i podał wzór doświadczalny na ich wytrzymałość. Równocześnie profesor berlińskiej Akademji Budowlanej, znany wynalazca alkoholometru Adolf Brix (1798—1870) wyczerpał kwestję mocy i sprężystości drutów, używanych do mostów wiszących.

Podczas chwilowej przerwy w rozwoju doświadczeń angielskich podjęte zostały prace we Francji nad teorią parcia ziemi i stałości sklepień. Pierwsza z tych teoryj, wytworzona przez Coulomba, odnosiła się do brył ziemnych, zakończonych u góry powierzchnią poziomą, przechodzącą przez szczyt muru, a tem samem nie wystarczała do obliczenia stałości wałów, pokrytych ziemią do pewnej wysokości. Poncelet, chcąc właśnie ocenić wpływ tego rodzaju nasypów na stałość murów fortecznych, rozebrał w r. 1840 przypadek najogólniejszy. Teorią sklepień zajęli się w tym czasie: inż. dr. i m. Edward Mery (1805—1866) i w Anglii Henryk Moseley (1801—1872). Wpadli oni na myśl szczęśliwą połączenia w jedną linję ciągłą wszystkich punktów przyłożenia ciśnień wypadkowych i utworzenia tym sposobem metody wykreślnej, któraby obejmowała w sobie wszystkie warunki równowagi każdej części sklepienia. Moseley pierwszy o tem wspomniał w swem piśmie z r. 1833, ale rękopis Meryego, wydany w r. 1840, datowany był w r. 1827 i zawierał zu-

pełne rozwinięcie tego przedmiotu. Rzut oka na krzywą ciśnień wystarcza do ocenienia stanu równowagi tak pod względem wywrotności i ślizgowatości zworników, jakoteż pod względem wytrzymałości kamienia. Pomysł Meryego stosował się nie tylko do samych sklepień, ale także do murów podporowych i podwalowych, których teoria wobec ulepszeń, zrobionych przez Moseleya w roku 1843, a polegających na uwzględnieniu tarcia ziemi, istotnie potrzebowała uprzystępnienia w kierunku praktycznym. W zastosowaniu jednak do sklepień metoda Mery'ego nie była jeszcze doskonałą, gdyż wymagała znajomości dwóch krańcowych punktów krzywej ciśnień, punktów, nie dających się wyznaczyć teoretycznie w braku dostatecznych wiadomości o odkształcaniu się brył murywanych. Poprzestawano więc na przypuszczeniach. We Francji przyjmowano według Naviera, że parcie wypadkowe przechodzi przez $\frac{1}{3}$ łożyska oporowego, licząc od podniebienia, i że spotyka przecięcie kluczowe w jednej trzeciej jego wysokości, licząc od grzbietu; w Niemczech zaś trzymano się więcej Hagena, który w rozprawie z roku 1844 przeprowadzał krzywą ciśnień przez środek klucza i przez środek łożyska oporowego.

W dalszym ciągu prac doświadczalnych nad wytrzymałością metali, wykonane były w Paryżu niezwykle ściśle doświadczenia, przez naturalizowanego we Francji fizyka wiedeńskiego Wilhelma Wertheima (1815—1861). W Anglii, w r. 1847, wypadek załamania się belki z żelaza lanego, w moście pod drogą żelazną, spowodował wyznaczenie przez rząd specjalnej komisji, złożonej z najwybitniejszych inżynierów, dla zbadania warunków, w jakich żelazo i surowiec stosowane być mogą w budowie mostów. Komisja ogłosiła w r. 1849 sprawozdanie, podpisane przez Renniego, Hodgkinsona i innych, zawierające szczegółowe opisy doświadczeń i orzeczenia powołanych biegłych,

zwłaszcza co się tyczy szkodliwego wpływu drgania na wytrzymałość żelaza. Równocześnie Fairbairn, uproszony przez Roberta Stephensona, wykończył niemniej ważne doświadczenia, nad wytrzymałością żelaza walcowanego, przygotowanego do budowy słynnego mostu Britannia, nad cieśninę Menay. Ogłoszone w r. 1850 doświadczenia te polegały głównie na łamaniu różnych rur z blachy żelaznej, kładzionych poziomo i obciążanych we środku między podporami. Przekrój eliptyczny, skierowany większą osią ku górze okazał się korzystniejszym od kołowego, a przekrój prostokątny, mający większą wysokość od szerokości, jeszcze lepszym. Ponieważ złamanie następowało zawsze wskutek zgniecenia albo raczej zupełnego pofałdowania się pasa górnego, postanowiono pas ten zastąpić szeregiem rur czworograniastych, mocno do siebie przynitowanych i sporządzono w tym celu model w jednej szóstej naturalnej wielkości. Teraz już pękał nie pas górny, ale dolny, ze zbytniego wysiłku, co skłoniło Stephensona do przyjęcia jednakiej konstrukcji obu pasów, w belkach rurowych mostu Britannia.

Mówiąc o rozwoju mechaniki stosowanej w epoce Lagrange'a, podnosiłem prace ojców hydrauliki: Bossuta i Dubuata. Obok nich stanął w początku XIX w. istotny twórca nauki o ruchu wody w rurach i kanałach, dyrektor szkoły dróg i mostów po de Chezym, baron Gaspard Riche de Prony. W swem dziele: *Recherches physico-mathematiques sur la théorie du mouvement des eaux courantes* z r. 1804, podjąwszy z jednej strony ideje Coulomb'a, a z drugiej idąc, pod względem dążności do prostoty we wzorach, za przykładem de Chezy'ego i opierając się na wynikach doświadczeń, jakie zostawili: Couplet, Bossut i Dubuat, doszedł do postawienia wzorów, powtarzanych do dziś w podręcznikach inżynierskich. Sprawdzeniem i popra-

wieniem współczynników tych wzorów, zajmował się w r. 1814 dyrektor budownictwa w Berlinie Jan Albert Eitelwein, przyjmując za podstawę większą liczbę doświadczeń a mianowicie, oprócz tych, któremi posługiwał się de Prony, doświadczenia: Woltmanna (1791), Brüningsa (1798) wreszcie członka deputacji budowlanej w Berlinie Funka (1808). Otrzymane przez Eitelweina wyniki, sprawdzone znów zostały przez de Prony'ego, który do całego zebranego materiału dołączył jeszcze doświadczenia hydraulików włoskich i ostateczne rezultaty podał w swoim *Recueil de cinq tables* z r. 1825, stanowiącym przez długi szereg lat jedyny podręcznik dla obliczeń hydraulicznych.

Nad ulepszeniem wzorów de Prony'ego dla biegu wody w rurach pracowali następnie we Francji, d'Aubuisson, Saint Venant i Dupuit. Na podstawie wyników doświadczeń, wykonanych wspólnie z inż. Castel'em w Tuluzie, podał d'Aubuisson nowe wartości współczynników tych wzorów, w swym podręczniku hydrauliki z r. 1840. Saint Venant zmienił dwuwyrazowy wzór de Prony'ego na jednowyrazowy, z potęgą ułamkową prędkości i ogłosił w swoich *Formules et tables* z r. 1851. Dupuit, autor cennych *Études pratiques et théoriques* z r. 1848, proponował wzór jednowyrazowy z prędkością w kwadracie i wzór ten utrzymuje się dotąd z powodu swej prostoty. W Niemczech pracowali nad tym przedmiotem Weisbach (1840) i Hagen (1850). Nową podstawę doświadczalną prac nad biegiem wody w rurach wytworzył inżynier wodociągów w Dijon Henryk Darcy (1803—1858), przystępując w r. 1849 do wykonania doświadczeń, w których zmieniane były: materiał rur, ich średnice, napory i prędkości. Doświadczenia te, wykonane w Paryżu w liczbie 198 a ukończone w roku 1851, wykazały wpływ na wydatek rur osadu, tworzącego

się na ich ścianach, i doprowadziły do wzorów, przez długie lata używanych, ze współczynnikami odmiennymi dla rur nowych i dla pokrytych osadem. Nad przechodzeniem wody przez zasuwy, krany, klapy i przepustniki wykonał doświadczenia Weisbach, dochodząc do wzorów, podawanych do dziś w podręcznikach technicznych.

Tymczasem wzory na bieg wody w kanałach, podane przez de Chezygo, de Pronyego i Eitelweina, pozostawały niezmienione. We Włoszech wzór de Chezygo otrzymał nazwę wzoru Tadini'ego, który go podał w swej pracy: *Del movimento e della misura delle acque correnti* z r. 1816. Później Weisbach wprowadził w użycie w Niemczech wzór dający podobne wyniki. Wzór Dubuata, dający prędkość średnią w funkcji prędkości na powierzchni, poprawiany był przez de Pronyego, lecz nie został doprowadzony do pożądanej ogólności. Rozkład prędkości na pionowej badali następnie, podając nowe wzory: Defontaine (1833), Sonnet (1843) i Dupuit (1848).

Okolo r. 1827 Bélanger i Poncelet we Francji a Masetti we Włoszech doszli odmiennymi drogami do wyprowadzenia zasadniczego równania ruchu zmiennego wody bieżącej. Później Coriolis (1836) uzupełnił tę teorię przez wprowadzenie zmiany prędkości na przecięciu poprzecznym prądu. W dalszym ciągu zajmowali się tym przedmiotem Dupuit i Saint Venant. Przypadek ruchu zmiennego w kanałach odkrytych zaobserwował po raz pierwszy, profesor matematyki w Turynie Giorgio Bidone (1820).

Wyływ przez różnego rodzaju otwory i przystawki badali w początku ubiegłego stulecia: we Francji Hachette (1805), w Niemczech Eitelwein (1814), we Włoszech Bidone (1824). Największy szereg doświadczeń w tym dziale wykonali Poncelet i Lesbros w Metz, w latach 1827—1834. Doświadczenia nad wyływem przez przewody większych wymiarów przeprowadzili Castel i d'Aubuis-

son (1840) w Tuluzie. Nad całym tym przedmiotem pracować wtedy zaczął Juljusz Weisbach (1806—1871) we Freibergu a wyniki prac ogłosił w swem dziele *Ingénieur-Mechanik*, którego tom pierwszy ukazał się w r. 1846. Wpływ przez przewał był jeszcze badany przez francuskiego artylerzystę, następcę Lesbrosa w Metz kapitana Boileau (1845).

Ruchem gazów zajmował się w swem dziele Dubuat, następnie pracowali nad tym przedmiotem wymieniani już: Lagerhjelm, Piotr Girard, Tomasz Young i d'Aubuisson a nadto w Niemczech profesor getyngeski Jan Schmidt (1828) i radca górniczy brunświcki Fryderyk Koch (1833). Teorią ruchu gazów, opartą na twierdzeniu Bernoulliego, podał Navier (1830). Całkowanie równania różniczkowego, obrazującego ruch strugi gazowej, nastroczało pewne trudności, gdyż gęstość gazu, będąca funkcją dwóch zmiennych: temperatury i ciśnienia, nie mogła być uważana za stałą. To też Navier, wprowadzając przypuszczenie jednostajnego rozprężania się gazu przy niezmienniej temperaturze według prawa Mariotte'a a wbrew zasadom nieznanej wtedy jeszcze teorii mechanicznej ciepła, usunął wszystkie trudności i ułatwił całkowanie równania ruchu. Prace Saint-Venanta, Wantzela i Pesqueura we Francji dowiodły, że w zastosowaniach uważać można gaz jako ciecz o stałej gęstości. Ułatwiło to rozwiązywanie kwestyj, napotykaných w praktyce, ale nie posunęło naprzód teorii ruchu gazów.

Kwestją uderzenia żyły wodnej o ciała stałe zajmowali się: Coriolis i Navier, a od r. 1846 Weisbach, którego wywody powtarzane są do dziś w podręcznikach. Opór przy ruchu statków badał w Anglii jeszcze w XVIII w. Beaufoy, a praca jego *Nautical and hydraulic experiments* ogłoszoną została dopiero w r. 1837. Nad oporem przy ruchu ciał stałych w powietrzu praco-

wali we Francji Thibaut i Duchemin. Poważne doświadczenia nad tym przedmiotem wykonali w latach 1835—1839 w Metz oficerowie artylerji: Piobert, Morin i Didion.

Mówiąc o maszynach wodnych drugiej połowy XVIII wieku, wymieniałem ulepszenie śruby Archimedesesa, próbowane przez Eitelweina w Moskwie. Niemożność budowania takiej śruby, dostatecznie długiej, aby podnosiła wodę na potrzebną wysokość, zmuszała do rozkładania pracy na szereg krótkich śrub, podnoszących wodę stopniowo do coraz wyżej ustawionych zbiorników. Niedogodność tę usiłował usunąć wspomniany w początkowych dziejach maszyny parowej margrabia Worcester, proponując złożenie śruby z dwóch części o różnych średnicach, lecz dopiero francuski inżynier dróg i mostów Pattu urzeczywistnił ten projekt w r. 1815.

W maszynach ślupowodnych udoskonalenia, polegające na użyciu regulatorów tłokowych, wprowadził inżynier badeński von Reichenbach (1772—1826), budując takie maszyny między Rosenheim a Berchtesgaden w Bawarii. Według rad Reichenbacha francuski inżynier dróg i mostów Juncker wystawił w r. 1831 w Huelgoat w Bretanii maszynę ślupowodną o pojedynczem działaniu. W tym też czasie obok nowych typów kół wodnych, jak podsiębierne Ponceleta i śródbierne Sagebiena, wchodzić zaczęły w życie koła o oddziaływaniu, które już w połowie XVIII w. Segner nazywał turbinami, a których teorię podał Euler wraz ze szkicem schematycznym turbiny osiowej. W r. 1824 francuski inżynier górniczy Burdin projektował podobną maszynę, którą wtedy nazywano „turbina o oddziaływaniu“, a w parę lat potem uczeń Burdina, Fournayron, zajął się budową turbin promieniowych odśrodkowych, noszących dotąd jego imię. Poncelet przedstawił Akademji w r. 1828 swą rozprawę o skutkach mechanicznych turbiny Fournayrona,

a teorię tę, opartą na zasadzie równoległości strug, uzupełnił w r. 1843 Combes, wprowadzając otrzymane przez d'Aubuissona i Weisbacha współczynniki oporu. Combes pierwszy wydobyl z zapomnienia prace Eulera o turbinach i wziął pod uwagę szkodliwość uderzeń przy wchodzeniu wody na łopatki. Badania Ponceleta i Combes'a rozwinął w r. 1844 Redtenbacher (1810—1863) dyrektor Politechniki w Carlsruhe. Dzieła Redtenbachera o kołach wodnych i o turbinach oddały ważne usługi konstruktorom tych maszyn; niezależnie wszakże od zawartych tam wskazówek naukowych projektowany był cały szereg nowych typów, jak turbiny Fontaine'a i Jonvala (1837) będące udoskonaleniem turbiny Eulera, oraz turbina dośrodkowa inżyniera amerykańskiego Francis'a. A gdy już wymieniam turbinę Fontaine'a, dodać muszę, że wśród doświadczeń, wykonanych nad tym silnikiem we Francji, przytaczane są doświadczenia inż. Wincentego Sławęckiego, dawnego ucznia pierwszej politechniki polskiej przed 1830 r., który po rewolucji kończył Szkołę Centralną paryską. U nas o wytrzymałości tworzyw i o hydraulice podał wiele ścisłych wiadomości ks. Rafał Skolimowski we wspomnianym Kursie Szkoły Wojskowej Aplikacyjnej. Wydana w r. 1836 w Warszawie Nauka o ruchu i sile pływów przez N. Boquillon w dobrym przekładzie z angielskiego, dokonanym przez wspomnianego już Antoniego Krauza, jest pierwszą książką polską, traktującą wyłącznie o hydraulice.