

# Grigorjan, Aszot

---

## Rozwój mechaniki w Rosji w XVIII i w pierwszej połowie XIX wieku

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 14/4, 613-628

---

1969

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Aszot Grigorjan

## ROZWÓJ MECHANIKI W ROSJI W XVIII I W PIERWSZEJ POŁOWIE XIX WIEKU \*

W czasach Piotra I nauczanie mechaniki w państwowych szkołach technicznych i wojskowych ograniczało się w Rosji do elementów statyki, niezbędnych do zrozumienia działania maszyn prostych. Do tego też celu dostosowany był pierwszy drukowany podręcznik rosyjski *Nauka statyczna czyli mechanika* z 1722 r.<sup>1</sup>, napisany przez wybitnego działacza oświatowego G. G. Skorniakowa-Pisariewa (?—ok. 1745), który przez wiele lat pracował w Akademii Morskiej.

Z tego niewielkiego dziełka, liczącego zaledwie 36 stron, lecz zawierającego 21 rysunków, uczniowie mogli — na podstawie szczegółowo wyjaśnionych przykładów liczbowych — poznać praktyczne zastosowanie maszyn prostych: dźwigni, klina, bloków itd. Dowodów autor nie podawał, ograniczając teoretyczny materiał książki do krótko omówionych definicji. Termin „mechanika” rozumiał on bowiem jako „praktykę sztuki statycznej”, wywodząc takie jego pojmowanie ze starożytnej Grecji. Skorniakow-Pisariew zamierzał wprawdzie przygotować obszerniejszy podręcznik, ale zamiaru tego nie zrealizował.

### PRACE Z ZAKRESU MECHANIKI W PETERSBURSKIEJ AKADEMII NAUK

Mechanika — podobnie jak matematyka — weszła w Rosji na drogę szybkiego rozwoju po utworzeniu w 1725 r. w Petersburgu Akademii Nauk. Już zatem w parę lat po wydaniu podręcznika Skorniakowa-Pisariewa rozpoczęto badania, obejmujące pełny zakres mechaniki analitycznej.

Prace nad mechaniką rychło uzyskały w Petersburskiej Akademii wielki rozmach i członkowie jej wnieśli poważny wkład do mechaniki punktu i ciała sztywnego, hydro- i aeromechaniki, do teorii sprężystości i wytrzymałości materiałów, do teorii okrętu i teorii maszyn oraz do balistyki. Jednocześnie w badaniach naukowymi współdziałali oni w szerzeniu wykształcenia w zakresie mechaniki, nauczając w gimnazjum i uniwersytecie przy Akademii Nauk oraz w różnych petersburskich szkołach specjalnych. Rozwój badań scharakteryzować może liczba 360 artykułów z zakresu mechaniki, ogłoszonych w wydawnictwach Akademii w ciągu setki lat (do 1830 r.), przy czym w liczbie tej nie uwzględniono odrębnie opublikowanych dużych monografii i podręczników, których także było немало. Autorem największej liczby rozpraw z zakresu mechaniki był Leon-

\* Artykuł, nadesłany z Moskwy przez znanego już czytelnikom „Kwartalnika” autora (por. np. w nrze 3/1967 artykuł *Podstawowe idee mechaniki Heinricha Hertza*), prof. A. T. Grigorjana, członka Komitetu Redakcyjnego „Organonu”, tłumaczył Eugeniusz Olszewski. (Przypis redakcji).

<sup>1</sup> G. G. Skorniakow-Pisariew, *Nauka statyczeskaja ili miechanika*. Sankt-Pietierburg 1722.

hard Euler (1707—1783), który ogłosił ich 155, drugie zaś miejsce miał Daniel Bernoulli (1700—1782), autor 35 rozpraw.

W ciągu pierwszego dwudziestolecia istnienia Petersburskiej Akademii Nauk uwagę jej członków — podobnie jak innych ówczesnych uczonych europejskich — przyciągało zagadnienie miary siły. Problemowi temu poświęcone były w szczególności prace J. Hermanna (1678—1733), który podtrzymywał i rozwijał poglądy szkoły Leibniza na to zagadnienie. W wydawnictwach Akademii Hermann ogłosił sporo artykułów z zakresu mechaniki, dotyczących w szczególności ruchu ciał w ośrodku stawiającym opór oraz ruchu wahadła.

#### PRACE EULERA NAD MECHANIKĄ PUNKTU I CIAŁA SZTYWNEGO

Mechanika — wraz z matematyką — stanowiła główny teren twórczości Eulera. Już w pierwszych latach pobytu w Petersburgu opracował on program wielkiego, szerokiego cyklu badań w zakresie mechaniki. Program ten znalazł się później w dwutomowym dziele *Mechanika czyli nauka o ruchu analitycznie wyłożona*<sup>2</sup>.

*Mechanika* Eulera zawiera podstawy dynamiki punktu, mechanikę rozumiał on bowiem jako naukę o ruchu, w odróżnieniu od nauki o równowadze sił, czyli statyki. Charakterystyczną cechą tego dzieła było szerokie zastosowanie nowej wówczas metody: analizy matematycznej, opartej na rachunku różniczkowym i całkowym, co znalazło wyraz już w tytule i zostało specjalnie podkreślone w przedmowie. Krótko omówiwszy podstawowe w zakresie mechaniki prace z przełomu wieków XVII i XVIII, Euler zwracał tu uwagę na szczególne trudności wynikające dla czytelnika ze stosowania syntetyczno-geometrycznego sposobu wykładu, użytego np. w 1687 r. przez Newtona w *Matematycznych zasadach filozofii przyrody*, a w 1716 r. — przez Hermanna w *Phoronomii*.

Euler natomiast stworzył zasadniczo nowe metody badania zagadnień mechaniki, opracował jej matematyczny aparat i błyskotliwie zastosował go do rozwiązywania mnóstwa trudnych zadań. Dzięki niemu mechanika zaczęła posiłkować się geometrią różniczkową, równaniami różniczkowymi i rachunkiem wariacyjnym. Podczas gdy metoda syntetyczno-geometryczna nie pozwalała na ogólność rozwiązań i wymagała z reguły specjalnych konstrukcji myślowych dla poszczególnych zagadnień, metoda Eulera, rozwinięta także przez jego następców, miała charakter jednolity i odpowiadający przedmiotowi badań.

W 8 lat po ukazaniu się *Mechaniki* Euler wzbogacił naukę pierwszym ścisłym sformułowaniem zasady najmniejszego działania. Zgodnie z tą zasadą dla każdego układu fizycznego istnieje pewna wielkość, zwana działaniem, która przy rzeczywiście odbywającym się ruchu osiąga najmniejszą wartość. Pierwsza koncepcja tej zasady powstała przy badaniach optycznych: P. Fermat wyprowadził w 1662 r. prawo załamania światła na podstawie zasady najkrótszego czasu. Myśl tę przejął Johann Bernoulli (ojciec Daniela), a w latach 1744 — 1746 zastosował ją w mechanice P. L. Maupertuis. W jego ujęciu, gdy w naturze przebiega pewna zmiana, niezbędna dla niej wielkość działania jest możliwie najmniejsza. Zasadę tę udowadniał Maupertuis za pomocą przesłanek metafizycznych i teologicznych.

<sup>2</sup> L. Euler, *Mechanica sive motus scientia analytice exposita*. Petropoli 1736.

Matematyczny sens zasady Maupertuisa był bardzo ograniczony: w wypadku ruchu mechanicznego działaniem było dla niego wyrażenie  $mvs$ , tj. iloczyn masy, prędkości i drogi przebytej przez ciało. Jednocześnie, w 1744 r., Euler, pracując nad zagadnieniami rachunku wariacyjnego, doszedł do własnego sformułowania zasady najmniejszego działania. Zgodnie z tym sformułowaniem dla punktu materialnego poruszającego się pod wpływem sił centralnych najmniejszą wartość osiąga całka

$$\int m v ds = \int m v^2 dt$$

tj. — jak pisze Euler — „suma wszystkich sił żywych”. W latach 1746—1749 Euler napisał kilka rozpraw o postaci równowagi giętkiej nici; w pracach tych zasada najmniejszego działania znalazła zastosowanie dla wypadku występowania sił sprężystych. Dalszy postęp w tym zakresie związany jest z nazwiskiem J. L. Lagrange’a.

Dzieło *Teoria ruchu ciał sztywnych*<sup>3</sup>, ogłoszone w 1765 r., poprzedził Euler obszernym wstępem, ujmującym w 6 rozdziałach wykład dynamiki punktu, co pozwalało czytelnikowi nie wracać do *Mechaniki* opublikowanej niemal przed 30 laty. Do wykładu tego autor wprowadził pewne udoskonolenia; w szczególności równanie ruchu punktu zostało przedstawione w rzutach na nieruchomy układ prostokątnych współrzędnych (a nie na układ ruchomy, związany z torem ruchu, tj. na styczną, binormalną i główną normalną, jak to było w *Mechanice*).

Poza wstępem *Teoria ruchu ciał sztywnych* składa się z 19 rozdziałów, przy czym wykład jest oparty na zasadzie d’Alemberta, sformułowanej w 1743 r. Zatrzymawszy się krótko na ruchu postępowym ciała sztywnego i wprowadziwszy pojęcie środka bezwładności, Euler rozpatruje obrót dokoła nieruchomej osi i dokoła nieruchomego punktu, formułując równania rzutów chwilowej kątovej prędkości i kątowego przyspieszenia na osie współrzędnych, przy czym wykorzystane są tzw. kąty Eulera (wprowadzone przez niego po raz pierwszy w 1748 r.). Po wyłożeniu następnie pojęć i własności momentów bezwładności autor przechodzi do właściwej dynamiki ciała sztywnego, wyprowadzając równania różniczkowe obrotu ciała ciężkiego dokoła jego nieruchomego środka ciężkości (gdy nie działają żadne siły zewnętrzne) i rozwiązując te równania dla najprostszego wypadku szczególnego. W ten sposób powstało głośne i tak ważne dla teorii giroskopu zagadnienie obrotu ciała sztywnego dokoła nieruchomego punktu; stało się ono później przedmiotem badań Lagrange’a, a następnie S. W. Kowalewskiej i wielu innych uczonych.

#### PRACE D. BERNOULLEGO I EULERA NAD MECHANIKĄ CIECZY I GAZÓW

Mechanika cieczy i gazów została w przeważającej mierze opracowana dopiero w połowie XVIII w., głównie dzięki Danielowi Bernoullemu i Eulerowi.

Bernoulli przebywał w Rosji w latach 1725 — 1733, pracując intensywnie nad matematyką i mechaniką. Powróciwszy do Bazylei, zachował on do końca życia ściśle kontakty z Petersburską Akademią, która powołała go na członka honorowego (zagranicznego) z roczną pensją 200 rubli. Wyra-

<sup>3</sup> Tenże, *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum* [...]. Rostochii—Gryphiswaldiae 1765.

zem tych kontaktów było opublikowanie przez niego większości swoich rozpraw naukowych (50 na 75) w wydawnictwach Akademii.

Głównym dziełem D. Bernoullego jest *Hydrodynamika czyli uwagi o siłach i ruchach cieczy*<sup>4</sup>. Na początku tego obszernego, złożonego z 13 części dzieła autor wyjaśnia, że pod terminem „hydrodynamika” rozumie on całość mechaniki cieczy, a zatem zarówno hydrostatykę, tj. naukę o równowadze cieczy w spoczynku, jak i hydraulikę, tj. naukę o ruchu cieczy, dwa te działy są bowiem ze sobą ściśle związane.

Monografia Bernoullego ma niezwykle bogatą treść. Opiera się ona z jednej strony na jego licznych doświadczeniach, a z drugiej — na pochodzącej od Leibniza zasadzie zachowania sił żywych. Pod inną nazwą pojawia się w *Hydrodynamice* pojęcie pracy, a — przy porównywaniu zalet różnych maszyn — pojęcie współczynnika sprawności. Zostały tu wyłożone podstawy kinetycznej teorii gazów i wyprowadzone prawo Boyle'a-Mariotte'a jako szczególny wypadek ogólniejszej zależności, w której wzięto pod uwagę objętość zajmowaną przez cząsteczki powietrza. Tu również rozwiązane zostało ważne zagadnienie określania ciśnienia  $p$  w doskonałej cieczy nieściśliwej o przepływie ustalonym i stałej gęstości  $S$ , poruszającej się z prędkością  $v$ . Otrzymane w ten sposób równanie Bernoullego:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{S} + gh = \text{const}$$

(gdzie  $g$  oznacza przyspieszenie ziemskie, a  $h$  — wysokość ponad pewien poziom) zyskało — po uwzględnieniu także sił lepkości — bardzo szerokie zastosowanie w zagadnieniach hydrotechniki, stanowiąc także jedną z podstaw dynamiki gazów.

Następny etap rozwoju hydrodynamiki związany jest z nazwiskiem Eulera, który rozpoczął nad nią prace już w ciągu pierwszych lat pobytu w Petersburgu, pod wpływem swego przyjaciela D. Bernoullego. W połowie zaś lat trzydziestych Euler podjął opracowanie obszernego dzieła o teorii okrętu. W związku z tym w jego korespondencji z D. Bernoullem, jego ojcem i innymi uczonymi nieraz występowały zagadnienia stateczności ciał pływających.

Zainteresowania teoretycznymi zagadnieniami okrętu, występujące już w starożytności — np. u Archimedesa — wzrosły silnie w czasach nowożytnych. Gdy zatem Rosja uzyskała dużą flotę i stała się potężnym państwem morskim, zainteresowania te powstały i w Petersburskiej Akademii, na której zlecenie zajął się tymi zagadnieniami Euler. Dzieło jego, ukończone w 1743 r., ukazało się w 6 lat później pod tytułem *Nauka morska czyli traktat o budowie okrętów i kierowaniu nimi*<sup>5</sup>. W pierwszym z 2 tomów dzieła wyłożona jest teoria równowagi i stateczności ciał pływających, a w drugim — teoria ta znajduje zastosowanie do analizy zagadnień związanych z konstrukcją i ładunkiem okrętów. Praca ta stanowi wybitną pozycję w rozwoju zarówno teorii stateczności i niewielkich drgań, jak i budowy okrętów.

W latach czterdziestych Euler niejednokrotnie wracał do zagadnień hydro- i aeromechaniki, w szczególności gdy pracował nad balistyką. Po

<sup>4</sup> D. Bernoulli, *Hydrodynamica sive de viribus et motibus fluidorum commentarii*. Argentorati 1738.

<sup>5</sup> L. Euler, *Scientia navalis seu tractatus de construendis et dirigendis navibus*. Petropoli 1749.

raz pierwszy zajął się on problemami balistycznymi w latach 1727 — 1728 w związku z doświadczeniami D. Bernoullego nad ruchem kulistego pocisku wyrzuconego w kierunku pionowym. Następnie w *Mechanice* rozpatrywał Euler zagadnienie ruchu ciał w ośrodku stawiającym opór o wielkości proporcjonalnej do pewnej potęgi prędkości. Przebywając zaś w Berlinie, przetłumaczył on z angielskiego na niemiecki książkę B. Robinsa *New Principles of Gunnery* z 1742 r. i wydał ten przekład wraz z obszernymi, przekraczającymi objętością tekst Robinsa uzupełnieniami, zawierającymi wyniki własnych badań z zakresu zewnętrznej i wewnętrznej balistyki <sup>6</sup>.

Z zagadnieniami mechaniki cieczy Euler spotkał się znów w 1749 r., gdy był konsultantem prac przy budowie kanału łączącego Hawelę z Odrą, a następnie, gdy zainteresował go wynalazek silnika wodnego, dokonany przez J. A. Segnera i znany obecnie jako koło Segnera. Euler wprowadził do tego wynalazku poważne udoskonalenia; dzięki nim silnik ten stał się pierwowzorem turbin wodnych, które rozpoczęto konstruować dopiero po trzech ćwierciach wieku. Rozprawą *Pełniejsza teoria maszyn wprowadzanych w ruch reakcją wody* <sup>7</sup> Euler położył podwaliny teorii i metod obliczania turbin wodnych.

Kilka większych prac z zakresu hydrodynamiki napisał Euler w latach pięćdziesiątych. Jedną z nich: *Zasady ruchu cieczy*, opublikowana w pracach Petersburskiej Akademii <sup>8</sup>, zawiera wykład podstaw hydro- i aerostatyki oraz wyprowadzenie równania ciągłości dla cieczy o stałej gęstości.

Trzy inne rozprawy Eulera: *Ogólne zasady stanu równowagi cieczy*, *Ogólne zasady ruchu cieczy* i *Ciąg dalszy badań nad teorią ruchu cieczy*, które ukazały się w pracach Berlińskiej Akademii <sup>9</sup>, tworzą łącznie podstawowy wykład hydrodynamiki. W szczególności, w drugiej z tych prac wyprowadzone zostały cząstkowe równania różniczkowe ruchu cieczy niesściśliwej, a w trzeciej — rozważone niektóre zagadnienia ruchu cieczy i gazów w rurkach o małym przekroju i dowolnym kształcie. Opracowanie tych zagadnień zostało umożliwione dzięki stworzeniu przez Eulera metod rozwiązywania cząstkowych równań różniczkowych. Jedno z takich równań występuje obecnie w teorii ruchu gazu z okołodźwiękowymi i ponaddźwiękowymi prędkościami.

#### ZAGADNIENIA MECHANIKI CIAŁ SPRĘŻYSTYCH I GIĘTKICH

Empiryczne reguły, zapewniające wytrzymałość i bezpieczeństwo konstrukcji, były znane już w starożytności i w średniowieczu. Jednakże dopiero Leonardo da Vinci i Galileusz zapoczątkowali naukę o wytrzymałości materiałów, a R. Hooke, przeprowadzwszy wiele doświadczeń, odkrył w 1678 r. podstawowe prawo liniowej zależności pomiędzy siłą a odkształ-

<sup>6</sup> Tenze, *Neue Grundsätze der Artillerie* [...]. Berlin 1745.

<sup>7</sup> Tenze, *Théorie plus complète des machines qui sont mises en mouvement par la réaction de l'eau*. „Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres”, t. 10 (1754), Berlin 1756.

<sup>8</sup> Tenze, *Principia motus fluidorum*. „Novi Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae”; t. 6 (1756—1757), Petropoli 1761.

<sup>9</sup> Tenze, *Principes généraux de l'état d'équilibre des fluides*; tenze, *Principes généraux du mouvement des fluides*; tenze, *Continuation des recherches sur la théorie du mouvement des fluides*. „Histoire de l'Académie [...]”, t. 11 (1755), Berlin 1757.

ceniem przy rozciąganiu sprężyn, strun i cienkich prętów, kładąc w ten sposób podwaliny teorii sprężystości.

W 1691 r. Jakob Bernoulli (brat Johanna) rozpoczął badania nad odkształconą osią belki. Niektóre z jego założeń i wywodów nie były ściśle, jednakże dokonał on znacznych postępów, a w szczególności wyprowadził różniczkowe równanie osi odkształconej, wykazując, że krzywizna jej jest proporcjonalna do momentu gnącego w danym punkcie. Twierdzenie to wykorzystali następnie inni uczeni, a m. in. i Euler.

Zagadnieniu temu poświęcił Euler obszerny aneks do dzieła *Metoda znajdowania linii krzywych* [...] <sup>10</sup>. Praca ta powstała jako oddźwięk na uwagę zawartą w liście D. Bernoullego do Eulera z 22 X 1742, gdzie Bernoulli zaproponował zastosowanie metody izoperymetrycznej, tj. sprowadzenie zagadnienia do określania minimum pewnej całki. Zgodnie z tą koncepcją Euler wyprowadził w nowy sposób różniczkowe równanie Jakoba Bernoullego i rozwiązał je przy różnych warunkach brzegowych. W innym rozdziale tego samego aneksu Euler rozpatrzył wyboczenie pręta pod działaniem osiowej siły ściskającej, otrzymując wyrażenie na obciążenie krytyczne, którego przekroczenie powoduje wyboczenie; wyrażenie to znaleźć można obecnie we wszystkich podręcznikach wytrzymałości materiałów i kalendarzach technicznych <sup>11</sup>.

Następnie zajął się Euler drganiami prętów, począwszy od pionowego pręta prostego sztywno zamocowanego u góry. Zagadnienie to sprowadził Euler do całkowania zwykłego liniowego i jednorodnego równania różniczkowego czwartego stopnia. W zakończeniu aneksu rozważał Euler zadania na drgania prętów przy innych podparciach końców.

Badania D. Bernoullego nad drganiami prętów zostały przedstawione w dwu jego artykułach: *Fizyczne-geometryczne rozważania o drganiach i dźwięczeniu prętów* oraz *Mechaniczno-geometryczne badania nad różnorodnymi dźwiękami, wydawanymi w różny sposób przez pręty sprężyste* [...] <sup>12</sup>, napisanych z początkiem lat czterdziestych, lecz ogłoszonych dopiero w 1751 r. Bernoulli wyprowadził tu liniowe różniczkowe równanie czwartego stopnia dla harmonicznym drgań pręta poziomego, podał ogólne rozwiązanie tego równania, rozpatrzył pewną liczbę wypadków szczególnych przy różnych warunkach brzegowych, odpowiadających zamocowanym, podpartym i swobodnym końcom, oraz wyprowadził wyrażenia na częstotliwość drgań. Rozważania teoretyczne zestawiał Bernoulli z wynikami doświadczeń z cienkimi długimi prętami. Drugi artykuł poświęcony był akustycznemu aspektowi zagadnienia.

Wcześniej jeszcze, bo w latach trzydziestych, napisał D. Bernoulli dwie ważne, ściśle ze sobą związane prace na temat drgających układów: *Twierdzenia o drganiach ciał połączonych giętką nicią i podwieszonych pionowo do łańcucha* oraz *Dowody twierdzeń o drganiach ciał połączonych giętko*

<sup>10</sup> Tenze, *Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes, sive solutio problemati isoperimetrici latissimo sensu accepti*. Lausannae—Genevae 1744.

<sup>11</sup> Por. w tej sprawie m. in.: W. Wierzbicki, *Wkład Feliksa Jasińskiego do nauki światowej*. „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”, nr 3/1956, s. 481. (Przypis tłumacza).

<sup>12</sup> D. Bernoulli, *De vibrationibus et sono laminae considerationes physico-geometricae cum classicarum commentis; tenze, De sonis multifariis quos laminae elasticae diversime decedunt disquisitiones mechanico-geometricae experimentis acuticis illustratae et confirmatae*. „Novi Commentarii [...]”, t. 2 (1749), Petropoli 1751.

ką nicią i podwieszonych pionowo do łańcucha<sup>13</sup>. Rozważone tu zostały drgania nieciąglych układów obciążen, powiązanych pionowo podwieszonymi nieważkimi giętkimi nićmi, a — jako wypadek szczególny — także i drgania o niewielkiej amplitudzie jednorodnego ważkiego giętkiego łańcucha (liny).

Specjalne znaczenie miały prace Eulera i D. Bernoullego nad drganiami o niewielkiej amplitudzie struny zamocowanej na końcach. Rozwiązali oni również niektóre trudne zadania o niewielkich drganiach powietrza w rurach; zagadnieniami tymi zajmował się później Lagrange.

#### NAUCZANIE MECHANIKI

Była już mowa o pierwszym rosyjskim podręczniku mechaniki Skorniakowa-Pisariewa. Po powołaniu Petersburskiej Akademii, uniwersytetu przy niej, a następnie innych szkół, nauczanie mechaniki osiągnęło wyższy poziom, przede wszystkim dzięki pracownikom i wychowankom Akademii, a później także i Uniwersytetu Moskiewskiego.

Dla nauczania i popularyzacji mechaniki duże zasługi położył G. W. Kraft (1701—1754), autor wydanego w 1738 r. po niemiecku *Krótkiego wprowadzenia do wiedzy o prostych maszynach i ich układach*<sup>14</sup>. Podręcznik ten był jednocześnie wydany w przekładzie rosyjskim<sup>15</sup>, dokonany przez wychowanka i adiunkta Akademii W. J. Adodurowa (1709—1780). Również drugi, wydany po dwu latach, łaciński podręcznik Krafta *Krótki opis najważniejszych fizycznych doświadczeń na użytek moich słuchaczy*<sup>16</sup> poświęcony był przede wszystkim mechanice, w szczególności ruchowi ciał bez oporów oraz w ośrodku stawiającym opór, a także maszynom prostym.

Przez wiele lat wykład matematyki i mechaniki w akademickim uniwersytecie prowadził S. K. Kotielnikow (1723—1806), autor dwu artykułów z zakresu mechaniki<sup>17</sup> oraz podręcznika *Księga zawierająca w sobie wiedzę o równowadze i ruchu ciał*<sup>18</sup>. W podręczniku tym Kotielnikow pod wieloma względami wzorował się na Eulerze, korzystając z jego podstawowych definicji i aksjomatów. Książka jest poświęcona przede wszystkim statyce i maszynom prostym: mówi o tym 12 z 14 rozdziałów. W dowodach twierdzeń o równowadze autor opiera się na zasadzie przesunięć wirtualnych. Dużo uwagi poświęca on równowadze giętkich nici, przy czym wykorzystuje rachunek różniczkowy i całkowity.

<sup>13</sup> Tenze, *Theoremata de oscillationibus corporum filo flexili connexorum et catenae verticaliter suspensae*. „Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae”, t. 6 (1732—1733), Petropoli 1739; tenże, *Demonstrationes theorematum suorum de oscillationibus corporum filo flexili connexorum et catenae verticaliter suspensae*. Tamże, t. 7 (1734—1735), Petropoli 1740.

<sup>14</sup> G. W. Kraft, *Kurze Einleitung zur Kenntniss der Maschinen und die Zusammensetzung derselben*. St. Petersburg 1738.

<sup>15</sup> *Kratkoje rukowodstwo k poznaniu prostych i složnych maszyn socziniennoje dla upotriebienija rossijskogo junoszewstwa*. Sankt-Pietierburg 1738.

<sup>16</sup> G. W. Kraft, *Experimentorum phisicorum praecipuorum brevis descriptio in usum auditorum suorum*. Petropoli 1740. Por. także przekład rosyjski: *Naczertanije otkrytoego prochozdienija opytnych fiziki, priepodawajemych pri impieratorskoj SPb. Akadiemii nauk w polzu jeje lubitielej*. Sankt-Pietierburg 1779.

<sup>17</sup> S. K. Kotielnikow, *O rawnowiesii sił, priłożennych k tietam*; tenże, *O podchodiaszczem podwiesie strielki nakłonienija*. „Novi Commentarii [...]”, t. 8 (1760—1761), Petropoli 1763.

<sup>18</sup> Tenże, *Kniga, sodierzaszczaja w siebie uczenije o rawnowiesii i dwizenii tiet*. Sankt-Pietierburg 1774.



Dziesięć lat przed podręcznikiem Kotelnikowa ukazały się *Mechaniczne propozycje* innego wychowanka Akademii Nauk, J. P. Kozielskiego (ok. 1728 — ok. 1794)<sup>19</sup>, wykładowcy mechaniki i matematyki w Artyle-ryjskim i Inżynieryjnym Korpusie Kadetów. Podręcznik ten obejmował zarówno statykę, jak i dynamikę. Pierwsze pięć rozdziałów poświęcono zagadnieniom teoretycznym, a m.in. ruchowi wahadeł, zderzeniom itd., trzy następne — maszynom, przy czym specjalną uwagę zwrócono na tarcie.

Podręczniki Kotelnikowa i Kozielskiego przeznaczone były dla szkół wyższych. Do potrzeb szkół średnich natomiast dostosowany był *Podręcznik mechaniki*<sup>20</sup>, przełożony z niemieckiego przez M. J. Gołównina (1756—1790), który poddał oryginalny tekst pewnym przeróbkom.

#### MECHANIKA NA PRZEŁOMIE WIEKÓW XVIII I XIX

Na przełomie wieków XVIII i XIX do Akademii Nauk wybrano dwu uczonych, którzy odegrali wyraźną rolę w rozwoju mechaniki w Rosji; byli to: S. J. Gurjew (1766—1813) i W. I. Wiskowatow (1779—1812).

Gurjewa interesowały zarówno w matematyce, jak i w mechanice przede wszystkim ogólne, podstawowe zagadnienia. Charakterystyczny jest zatem dla niego artykuł *Ogólna zasada równowagi oraz zastosowanie tej zasady do maszyn*<sup>21</sup>. Gurjew podkreśla tu znaczenie ogólnych podstaw nauk matematycznych, związane z rozszerzeniem ich zakresu, oraz zwraca uwagę na niekorzystną pod tym względem sytuację w nauce o równowadze.

Gurjew zajmował się również i szczegółowymi zagadnieniami mecha-niki, np. działaniem przyrządu Atwooda. W artykule zaś *O obecnym stanie rozwoju zagadnienia oporu cieczy*<sup>22</sup> wskazywał na to, że niedawne francuskie badania teoretyczne nie odpowiadały rzeczywistym warunkom ruchu okrętu, i nastawał na konieczność przeprowadzenia nowych doświadczeń. Już po śmierci Gurjewa ukazała się pierwsza część jego podręcznika *Podstawy mechaniki* [...] <sup>23</sup>, przeznaczonego dla oficerów Korpu-su Inżynieryjnego. Z cechującą autora szczegółowością i precyzją została tu wyłożona statyka wraz z problemem równowagi giętkiej nieważkiej nici. Podręcznik ten pozostał nie zakończony.

Za radą Gurjewa W. I. Wiskowatow przełożył książkę francuskiego uczonego Ch. Bossuta (1730—1814) *Traité élémentaire de mécanique et dynamique*<sup>24</sup>, dołączając do wykładu statyki i dynamiki wiele wyjaśnień i uzupełnień.

W Uniwersytecie Moskiewskim mechanika była wykładana w ramach kursu matematyki stosowanej; wykład ten prowadził wychowanek uni-wersytetu w Getyndze I. A. Rost (1726—1791), a następnie jego uczeń, wychowanek Uniwersytetu Moskiewskiego M. I. Pankiewicz (1757—1812), który w 1788 r. obronił tu rozprawę magisterską *O ważniejszych maszy-*

<sup>19</sup> J. P. Kozielski, *Miechaniczieskije przedłożeniija*. Sankt-Pietierburg 1764.

<sup>20</sup> *Rukowodstwo k miechanikie*. Sankt-Pietierburg 1785.

<sup>21</sup> S. J. Gurjew, *Obszczaje prawo równowiestija, s priloženijem onogo k ma-szynam*. „Technologiczeskij Żurnał”, nr 1—2/1806.

<sup>22</sup> Tenże, *O nyniesznjem sostojanii woprosa o soprotiwlenii żydkich tiel*. Tam-że, nr 4/1804.

<sup>23</sup> Tenże, *Osnowanij miechaniki czast 1, sodierzaszczaja teoriju onoj* [...]. Sankt-Pietierburg 1815.

<sup>24</sup> *Osnowanija miechaniki*. Sankt-Pietierburg 1806.

nach wodnych. W początkach XIX w. Pankiewicz nieco rozszerzył program mechaniki, w czym naśladował go jego uczeń i następca F. I. Czumakow (1782—1837), który pracował na uniwersytecie do 1832 r. Jednakże zasadnicze zmiany w nauczaniu mechaniki na Uniwersytecie Moskiewskim wiążą się dopiero z nazwiskiem N. D. Braszmana.

Działalność petersburskich i moskiewskich uczonych miała w drugiej połowie XVIII i w początkach XIX w. poważne znaczenie dla upowszechniania wiedzy w zakresie mechaniki. Po śmierci natomiast Eulera w 1783 r. poziom badań naukowych w Akademii Nauk w zakresie mechaniki i matematyki obniżył się. Ponowny rozwój teoretycznych badań nad zagadnieniami mechaniki był w Rosji bezpośrednio związany z postępami kształcenia w pierwszych dziesięcioleciach XIX w., a także z ówczesnymi światowymi osiągnięciami w wielu działach mechaniki.

#### PRACE OSTROGRADSKIEGO Z ZAKRESU MECHANIKI

Charakterystyczne cechy mechaniki pierwszej połowy i środka XIX w. odzwierciedliły się w twórczości M. W. Ostrogradskiego (1801—1861), któremu nauka światowa zawdzięcza poważne osiągnięcia w zakresie całkowania równań mechaniki analitycznej oraz opracowania zasad statyki i dynamiki.

Liczne prace Ostrogradskiego z dziedziny mechaniki można podzielić — za N. J. Żukowskim — na trzy grupy: związane z zasadą przesunięć wirtualnych, związane z różniczkowymi równaniami mechaniki, dotyczące szczegółowych zagadnień mechaniki.

Najważniejsze są osiągnięcia Ostrogradskiego w zakresie uogólnienia podstawowych zasad i metod mechaniki. Wniósł on w szczególności istotny wkład w rozwój zasad wariacyjnych.

Na wzór Lagrange'a, który traktował mechanikę jako klasę zagadnień rachunku wariacyjnego, Ostrogradski badał problemy mechaniki analitycznej w najogólniejszej postaci. Ogólne zaś stawianie problemów prowadziło z kolei do rozwijania rachunku wariacyjnego. Tak np. praca Ostrogradskiego *O równaniach różniczkowych odnoszących się do zagadnienia izoperymetrów*<sup>25</sup> należy w równej mierze do mechaniki, jak i do rachunku wariacyjnego. Dzięki takiemu podejściu badania Ostrogradskiego w zakresie mechaniki wzbogaciły, rozwinęły i pogłębiły pojmowanie zasad wariacyjnych z matematycznego przede wszystkim punktu widzenia.

W wymienionej rozprawie Ostrogradski rozważał zadanie wariacyjne, w którym funkcja podcałkowa jest zależna od dowolnej liczby nie znanych funkcji i ich różniczek dowolnych stopni, i dowodził, że zadanie takie można sprowadzić do całkowania kanonicznych równań ruchu Hamiltona. Równania te można przy tym uważać za taką formę, w którą dają się przekształcić dowolne równania otrzymywane w zadaniach wariacyjnych, przekształcanie zaś to nie wymaga żadnych innych operacji prócz różniczkowania i działań algebraicznych.

Prócz tego uogólnienia zagadnień dynamiki zawdzięczamy Ostrogradskiemu osłabienie ograniczeń na więzy, które poprzednio uważano zawsze za ustalone. Ze względu na to istotne uogólnienie całkowo-wariacyjna

<sup>25</sup> M. W. Ostrogradsky, *Mémoire sur les équations différentielles, relatives au problème des isopérimètres*. „Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg. Sciences Mathématiques et Physiques”, t. 4, 1850.

zasada, sformułowana w 1834 r. przez W. R. Hamiltona, słusznie jest nazywana zasadą Hamiltona—Ostrogradskiego.

Ostrogradski opublikował również rozprawę, zawierającą ważne wyniki w zakresie matematycznej teorii równań ruchu: *O całkach ogólnych równań dynamiki*<sup>26</sup>. Pokazał on tu, że w ogólnym wypadku, gdy więzy i funkcja sił zależą od czasu, równania ruchu także mogą być przekształcone na postać hamiltonowską; wypadkiem tym nie zajął się ani Hamilton, ani C. G. Jacobi.

Jednym z ważnych zagadnień mechaniki jest całkowanie równań ruchu, otrzymywanych na podstawie zasady wariacyjnej. Opracowania teorii całkowania równań kanonicznych dokonali: Hamilton, Jacobi i Ostrogradski, przy czym wkład Ostrogradskiego jest tu istotny. W badaniach nad równaniami dynamiki Ostrogradski podał bowiem ich kanoniczną formę i twierdzenia o funkcji charakterystycznej, przyjmując zależność więzów od czasu. Samodzielnie w stosunku do Hamiltona i Jacobiego dowiódł on, że zadanie określenia całek równań kanonicznych jest równoważne znajdowaniu całki ogólnej pewnego różniczkowego równania cząstkowego. Wszystkie zaś poszukiwane całki równań kanonicznych można znaleźć drogą różniczkowania całki ogólnej równania o pochodnych cząstkowych.

Ważnym dla rozwoju mechaniki osiągnięciem było wprowadzenie tzw. nawiasu Poissona: francuski uczony udowodnił, że pewne (zawarte w tym nawiasie) wyrażenie nie zależy od czasu. Ostrogradski nie tylko uznawał tę zasługę S. D. Poissona, lecz dodawał, że trzeba mu również przypisać dużą część wniosków wyprowadzonych przez różnych uczonych z jego zasad. Wiele z tych wniosków wyprowadził sam Ostrogradski, który uważał niezależność nawiasu Poissona od czasu za jedno z podstawowych praw dynamiki. Ponieważ zaś nawias ten jest także niezmienny w stosunku do przekształceń kanonicznych, można za jego pomocą wyrazić równania ruchu.

Nawias Poissona gra jeszcze większą rolę w mechanice kwantowej: P. Dirac dla sformułowania równań ruchu mikroukładu wprowadził wyrażenia o własnościach analogicznych do własności nawiasu Poissona. Tak zatem dopiero obecnie można właściwie ocenić matematyczną intuicję Ostrogradskiego. Prace jego stały się przy tym źródłem i przykładem dalszych badań nad wyjaśnieniem podstaw zasad wariacyjnych mechaniki.

Spśród innych prac Ostrogradskiego w dziedzinie mechaniki godna uwagi jest jego rozprawa o zasadzie przesunięć wirtualnych: *Ogólne rozważania o momentach sił*<sup>27</sup>, która znacznie poszerzyła zakres zastosowania tej zasady, obejmując nim także więzy wyzwalające (nie utrzymujące). W pracach zaś: *O chwilowych przesunięciach układów podległych zmiennym warunkom* oraz *O zasadzie wirtualnych prędkości i o sile bezwładności*<sup>28</sup>, Ostrogradski dał ścisły wywód wyrażenia, określającego zasadę przesunięć wirtualnych dla więzów nieustalonych. Badania Ostro-

<sup>26</sup> Tenże, *Sur les intégrales des équations générales de la dynamique*. „Bulletin de la Classe Physico-Mathématique de l'Académie des Sciences de St.-Petersbourg”, nr 3/1850.

<sup>27</sup> Tenże, *Considérations générales sur les moments des forces*. „Mémoires [...]”, t. 1, 1835—1838.

<sup>28</sup> Tenże, *Mémoire sur les déplacements instantanés des systèmes assujettis à des conditions variables*. Tamże; tenże, *Sur le principe des vitesses virtuelles et sur la force d'inertie*. „Bulletin Scientifique de l'Académie des Sciences de St.-Petersbourg”, nr 1—3/1842.

gradskiego nad zasadą przesunięć wirtualnych stanowią bezpośrednio przedłużenie prac Lagrange'a i uogólnienie jego koncepcji.

Lagrange w *Mechanice analitycznej* pozostawił nie rozwiązane pewne interesujące zagadnienie teorii zderzeń; tylko szczególny jego wypadek był badany przez Lazare'a Carnota. W *Rozprawie o ogólnej teorii zderzeń*<sup>29</sup> Ostrogradski zbadał zderzenie układów przy założeniu, że powstałe w chwili zderzenia więzy zachowują się i później. Uczony rosyjski rozszerzył w ten sposób zasadę przesunięć wirtualnych na zjawisko zderzenia niesprężystego i wyprowadził podstawowe wyrażenie analitycznej teorii zderzeń, z którego łatwo można wywieść kilka twierdzeń i rozwiązanie wspomnianego zagadnienia, a także uogólnienie pewnego twierdzenia L. Carnota.

Ostrogradski pozostawił nie tylko ogólne prace teoretyczne o szerokich horyzontach, rozwiązywał on także konkretne szczególne zadania mechaniki, powstające w technicznej praktyce jego czasów. Do tej trzeciej — według klasyfikacji Żukowskiego — grupy prac Ostrogradskiego należą m.in. prace z zakresu hydrodynamiki i hydrostatyki, teorii ciężenia, teorii sprężystości i balistyki.

Pewnym problemem hydrodynamicznym zajął się Ostrogradski w pracy *O równaniu rozchodzenia się ciepła wewnątrz cieczy*<sup>30</sup>, a pewnym problemem hydrostatycznym — w pracy *O szczególnym wypadku równowagi cieczy nieściśliwych*<sup>31</sup>, w której za pomocą uogólnionego przez siebie twierdzenia Greena przekształcił różne spotykane w hydrostatyce całki powierzchniowe na objętościowe.

Teorii ciężenia poświęcona jest praca *Notatka o całej spotykanej przy obliczaniu ciężenia brył sferoidalnych*<sup>32</sup>, w której Ostrogradski podał w 1831 r. bardziej doskonale wyprowadzenie równania Poissona, charakteryzującego ciężenie pewnego punktu materialnego położonego wewnątrz sferoidy lub na jej powierzchni. Ostrogradski opierał się przy tym na nowej koncepcji całki, opracowanej przez A. Cauchy'ego, który w tymże 1831 r. ogłosił swój wywód równania Poissona, stwierdzając, że możliwość takiego wywodu została mu wskazana przez Ostrogradskiego. W drugiej pracy *Notatka o niektórych wyrażeniach dotyczących wzajemnego przyciągania kuli i sferoidy*<sup>33</sup> podany został prosty analityczny dowód twierdzenia o przyciąganiu sferoid.

Dwie prace poświęcił Ostrogradski w latach trzydziestych teorii sprężystości; prace te mają niemal jednakowe tytuły: *O całkowaniu różniczkowych równań cząstkowych dotyczących niewielkich drgań sprężystego ośrodka* oraz *Rozprawa o całkowaniu różniczkowych równań cząstkowych, dotyczących niewielkich drgań ciał sprężystych*<sup>34</sup>. Gdy Ostrogradski pisał

<sup>29</sup> Tenże, *Mémoire sur la théorie générale de la percussion*. „Mémoires [...]”, t. 6, 1857.

<sup>30</sup> Tenże, *Sur l'équation relative à la propagation de la chaleur dans l'intérieur des liquides*. Tamże, t. 1, 1835—1838.

<sup>31</sup> Tenże, *Sur un cas singulier de l'équilibre des fluides incompressibles*. Tamże.

<sup>32</sup> Tenże, *Note sur une intégrale qui se rencontre dans le calcul de l'attraction des sphéroïdes*. „Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg. Sciences Mathématiques, Physiques et Naturelles”, t. 1, 1831.

<sup>33</sup> Tenże, *Note sur quelques formules relatives à l'attraction mutuelle d'une sphère et d'un sphéroïde*. „Bulletin Scientifique [...]”, nr 24/1838.

<sup>34</sup> Tenże, *Sur l'intégration des équations à différences partielles relatives aux petites vibrations d'un milieu élastique*. „Mémoires [...] Sciences Mathématiques, Physiques et Naturelles”, t. 1, 1831; tenże, *Mémoire sur l'intégration des équations à différences partielles relatives aux petites vibrations des corps élastiques*. Tamże, t. 2, 1833.

te prace, głównym zadaniem w teorii sprężystości było zastosowanie ogólnych równań różniczkowych równowagi i ruchu ciał sprężystych, wypracowanych przez L. Naviera, do konkretnych wypadków, dla których analiza mogła być doprowadzona do końca. Ostrogradski dał przemyślane rozwiązanie postawionych w wymienionych pracach zagadnień, uogólniając przy tym podany przez Cauchy'ego sposób całkowania jednego liniowego równania różniczkowego o pochodnych cząstkowych ze stałymi współczynnikami na układy takich równań.

Badania nad balistyką były podjęte przez Ostrogradskiego na zlecenie rosyjskich władz artyleryjskich. Wynikiem stały się dwie prace: *Notatka o ruchu pocisków kulistych w ośrodku stawiającym opór* oraz *Rozprawa o ruchu pocisków kulistych w powietrzu*<sup>35</sup>. Ostrogradski zbadał tu aktualne dla ówczesnej artylerii zagadnienie ruchu środka ciężkości oraz obrotu takiego pocisku kulistego, którego środek ciężkości nie pokrywa się ze środkiem geometrycznym. Prace jego stanowiły istotny krok naprzód w porównaniu z nieco wcześniejszymi pracami Poissona, który badał ruch pocisków kulistych w założeniu, że te dwa punkty pokrywają się. Wzory Poissona stanowią zatem wypadek szczególny wzorów Ostrogradskiego.

#### UCZNIOWIE OSTROGRADSKIEGO

Ostrogradski nie tylko pozostawił po sobie wiele cennych prac, które wzbogaciły rosyjską i światową naukę, oddał on prócz tego wielkie usługi nauce ojczystej, wychowując całą plejadę wybitnych rosyjskich uczonych.

Wielu z nich wyróżniło się w zakresie mechaniki stosowanej i innych nauk technicznych oraz w technice: I. A. Wyszniegradski (1831—1895) w kilku klasycznych pracach położył fundamenty teorii automatycznej regulacji; N. P. Pietrow (1836—1920) stworzył hydrodynamiczną teorię smarowania oraz przeprowadził cenne badania z zakresu teorii mechanizmów i teorii ruchu pojazdów; G. J. Pauker (1822—1889) był znakomitym inżynierem i teoretykiem budownictwa; również P. I. Sobko (1819—1870) wyróżnił się w budownictwie, a w szczególności w mostownictwie; D. I. Żurawski (1821—1891) był autorem poważnych prac z wytrzymałości materiałów i wybitnym konstruktorem mostów.

Przez długi czas wszystkie oryginalne rosyjskie podręczniki i prace naukowe w zakresie mechaniki nosiły na sobie piętno koncepcji analitycznych i metod Ostrogradskiego. Dotyczy to np. takich podręczników, jak *Teoria równowagi ciał sztywnych i ciekłych* N. D. Braszmana, *Kurs praktycznej mechaniki* N. F. Jastrzembskiego, *Elementarna mechanika* I. A. Wyszniegradskiego, *Teoretyczna mechanika* O. I. Somowa<sup>36</sup> itd.

Badania Ostrogradskiego były kontynuowane przez rosyjskich uczonych w różnych kierunkach. Tak np. prace nad zasadą przesunięć wirtualnych prowadzili: D. K. Bobylew (1842—1917) i G. K. Susłow (1857—1935), a nad zasadą najmniejszego działania — F. A. Słudski (1841—1897), M. I. Tałyzin (1819—1869), O. I. Somow (1815—1876), G. K. Susłow, W. P.

<sup>35</sup> Tenże, *Note sur le mouvement des projectiles sphériques dans un milieu résistant*; tenże, *Mémoire sur le mouvement des projectiles sphériques dans l'air*. „Bulletin Scientifique [...]”, nry 5/1841 i 9/1841.

<sup>36</sup> N. D. Braszman, *Teorija rawnowiesija tiel twierdych i żydkich. Statika i gidrostatika*. Moskwa 1837; N. F. Jastrzembski, *Kurs praktičeskoj miechaniki*. Sankt-Pietierburg 1838; I. A. Wyszniegradski, *Elementarnaja miechanika*. Sankt-Pietierburg 1860; O. I. Somow, *Racjonalnaja miechanika*. T. 1—2. Sankt-Pietierburg 1872—1877.

Jermakow (1845—1922), N. J. Zukowski (1847—1921) i in. Do prac zaś Ostrogradskiego nad balistyką nawiązywały badania P. L. Czebyszewa (1821—1894) oraz wielu wybitnych rosyjskich balistyków, a m.in. N. W. Majewskiego (1832—1892) i N. A. Zabudskiego (1853—1917).

#### POCZĄTKI BADAŃ NAD MECHANIKĄ W UNIWERSYTECIE MOSKIEWSKIM

Podczas gdy w Petersburgu rozwijała się działalność naukowa Ostrogradskiego, nauczanie mechaniki na Uniwersytecie Moskiewskim podniosło się już na taki poziom, który pozwolił moskiewskim mechanikom przystąpić do oryginalnych badań. Rozwijali oni w szczególności koncepcje Ostrogradskiego w mechanice stosowanej, prowadząc badania, które miały wiele punktów styczności z badaniami w zakresie mechaniki teoretycznej.

Tendencje te odzwierciedliły się najlepiej w twórczości N. D. Braszmana (1796—1866). Urodzony w miasteczku Rousinov koło Brna na Morawach, otrzymał on wykształcenie wyższe na uniwersytecie i na politechnice w Wiedniu, po czym w 1824 r. przyjechał do Rosji, gdzie pracował na Uniwersytecie Kazańskim, wykładając tam matematykę i mechanikę. W 1834 r. został zaproszony na Uniwersytet Moskiewski, na katedrę matematyki stosowanej, tj. mechaniki.

Spśród prac Braszmana (na które wyraźny wpływ wywarł Ostrogradski) największe znaczenie w zakresie mechaniki ma — poza wymienioną już *Teorią równowagi ciał sztywnych i ciekłych*, nagrodzoną w 1838 r. na wniosek Ostrogradskiego przez Akademię Nauk nagrodą im. P. N. Demidowa<sup>37</sup> — *Mechanika teoretyczna*<sup>38</sup>.

W czerwcu 1842 r. na kongresie Brytyjskiego Stowarzyszenia Popierania Rozwoju Nauki<sup>39</sup> w Manchesterze, w którym brało udział wielu najwybitniejszych uczonych zachodnioeuropejskich, Braszman wygłosił referat *O siłach cząsteczkowych*. Referat ten wywarł bardzo korzystne wrażenie: w podsumowaniu kongresu wybitny astronom John Herschel powiedział m.in.: „jest wśród nas uczoney z Rosji, który przedstawił niezwykle ważną rozprawę. Niedawno jeszcze uważalibyśmy rozprawę matematyczną w języku rosyjskim za zjawisko niezwykle, ale nauka idzie naprzód, a osiągnięcia Rosji są zdumiewające”<sup>40</sup>.

W *Teorii równowagi ciał* Braszmana wiele uwagi poświęcono zagadnieniu stateczności ciał pływających. Rozdział poświęcony temu aktualnemu wówczas zagadnieniu, którym i przedtem zajmowało się wielu uczonych, począwszy od Archimedesusa, stał się bodźcem do prac kilku moskiewskich mechaników.

Jednym z nich był A. J. Dawidow (1823—1885). W 1848 r., w trzy lata po ukończeniu Uniwersytetu Moskiewskiego, Dawidow obronił tam rozprawę magisterską na temat wybrany niewątpliwie pod wpływem Braszmana: *Teoria równowagi ciał zanurzonych w cieczy*<sup>41</sup>. Podjąwszy wykłady w Uniwersytecie Moskiewskim, Dawidow w roku następnym obronił

<sup>37</sup> Nagrody, ufundowane w 1831 r. przez wielkiego przemysłowca P. N. Demidowa i przyznawane do 1865 r. przez Petersburską Akademię Nauk, były najważniejszymi w tym czasie rosyjskimi nagrodami naukowymi. (Przypis tłumacza).

<sup>38</sup> N. D. Braszman, *Teorietyczeskaja miechanika*. T. 1. Moskwa 1859.

<sup>39</sup> The British Association for the Advancement of Science.

<sup>40</sup> „Matematyczny Sbornik”, t. 1, 1866, s. XVI.

<sup>41</sup> A. J. Dawidow, *Teorija rawnowiesija tiel, pogruzennych w žydkost*. Moskwa 1848.

rozprawę doktorską<sup>42</sup> na temat: *Teoria zjawisk włoskowatych*<sup>43</sup>, a wkrótce potem otrzymał nominację profesorską.

Łącznie z Braszmanem Dawidow może być uważany za twórcę moskiewskiej szkoły mechaniki analitycznej. Wybitny przedstawiciel tej szkoły N. J. Żukowski pisał: „Szerokość analizy Ostrogradskiego odzwierciedliła się w pracach Dawidowa, za które otrzymał on nagrodę Demidowa. Mój szanowny nauczyciel F. A. Słudski (uczeń Braszmana i Dawidowa) był także nosicielem idei Lagrange’a i Ostrogradskiego. Na wykładach wspominał on często Ostrogradskiego i ze szczególnym zadowoleniem wykladał w jego duchu rozdziały o ujemnych momentach i o zasadzie najmniejszego działania”<sup>44</sup>.

Do zagadnienia równowagi ciał pływających, któremu Dawidow poświęcił swą pierwszą rozprawę, wielki wkład wniósł — jak o tym była mowa — Euler, a w pierwszej połowie XIX w. — francuscy uczeni: Ch. Dupin, J. M. Duhamel i Poisson. Nie wyczerpali oni jednak zagadnienia, Dawidow zaś uzyskał nowe ważne wyniki. Poza rozprawą magisterską poświęcił on temu problemowi dwie jeszcze prace: *O położeniach równowagi prostego trójkątnego graniastostupa, którego podstawa jest w całości zanurzona w cieczy* oraz *O największej liczbie pól równowagi zanurzonego w cieczy jednorodnego graniastostupa trójkątnego*<sup>45</sup>. W odróżnieniu np. od Dupina, który używał metody geometrycznej, Dawidow stosował w tych pracach metody mechaniki analitycznej.

Mechanicy Uniwersytetu Moskiewskiego z dużą uwagą śledzili takie potrzeby przemysłu i zagadnienia techniczne, które wymagały zastosowania mechaniki. W szczególności Braszman poświęcał w swoich wykładach wiele czasu na analizę konstrukcji i działania maszyn i mechanizmów. Zagadnieniami tymi starał się on zainteresować studentów i młodych naukowców, podsuwając im problemy i tematy do rozpraw. Tak np. A. S. Jerszow (1818—1867) obronił w 1844 r. rozprawę na stopień magistra czystej i stosowanej mechaniki na temat *O wodzie jako czynniku poruszającym*<sup>46</sup>, inny zaś uczeń Braszmana, późniejszy profesor Uniwersytetu Kijowskiego I. I. Rachmaninow (1826—1896), uzyskał stopień magistra za rozprawę *Teoria pionowych kół wodnych*<sup>47</sup>, za którą na wniosek Czebyszewa przyznano mu nagrodę Demidowa.

Od 1844 r. na wniosek Braszmana do programu uniwersyteckiego zostały włączone: praktyczna mechanika i geometria wykreślna, które zaczął wykładać jako docent A. S. Jerszow (od 1853 r. był on profesorem). Choć Jerszow nie dokonał większych odkryć naukowych, odegrał dużą rolę w rozwoju mechaniki w Rosji jako wychowawca młodzieży. Jedną z jego zasług była organizacja w Moskwie Wyższej Szkoły Technicznej.

W pedagogicznej działalności Braszmana i Jerszowa dostrzec można źródła owego głębokiego zainteresowania teoretycznym badaniem zagad-

<sup>42</sup> Stopień doktora odpowiadał w XIX w. w Rosji naszej obecnej habilitacji, a stopień magistra — naszemu obecnemu doktoratowi. (Przypis tłumacza).

<sup>43</sup> A. J. Dawidow, *Teoria kapillarnych jawień*. Moskwa 1851.

<sup>44</sup> N. J. Żukowski, *Sobranije sočinienij*. T. 7. Moskwa—Leningrad 1950, s. 222.

<sup>45</sup> A. J. Dawidow, *O położeniach równowagi prostej trójkątnej graniastostupa, którego podstawa jest w całości zanurzona w cieczy*. Moskwa 1849; tenże, *O największej liczbie pól równowagi zanurzonego w cieczy jednorodnego graniastostupa trójkątnej*. Moskwa 1854.

<sup>46</sup> A. S. Jerszow, *O wodzie, jak dwigatiele*. Moskwa 1844.

<sup>47</sup> I. I. Rachmaninow, *Teoria wiertkalnych wodnianych koles*. Moskwa 1852.

nień praktyki, w tym także i przemysłowej, które charakteryzowało twórczość wielkiego wychowanka Uniwersytetu Moskiewskiego Czebyszewa. Jak zaś wiadomo, wślawił się on nie tylko osiągnięciami w różnych gałęziach matematyki, ale też jako twórca rosyjskiej szkoły teorii maszyn i mechanizmów.

#### РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ В РОССИИ В XVIII ВЕКЕ И В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX ВЕКА

Механика вступает в России на путь быстрого развития с открытием Академии наук в Петербурге (1725 г.). Петербургские академики внесли значительный вклад в механику точки и твердого тела, аэро- и гидродинамику, в небесную механику, теорию упругости, сопротивление материалов, в теорию корабля и теорию машин.

Примерно за 100 лет (с 1725 по 1830) в изданиях академии было опубликовано 360 работ по механике. Наибольшее число работ по механике приходится на долю гениального Л. Эйлера (1707—1783) — 155. Механика, наряду с математикой, была главной областью творчества Л. Эйлера. В Петербурге он создал новые методы исследования проблем механики, разработал ее математический аппарат и с блеском применил его ко множеству трудных задач. Д. Бернулли (1700—1782) также имеет огромные заслуги в развитии механики в России. В трудах Петербургской академии Бернулли опубликовал свыше 50 работ по механике.

Для преподавания и популяризации механики в России многое сделали Г. В. Крафт (1701—1754), В. Е. Адоуров (1709—1780), Я. П. Козельский (1728—1794), М. Е. Головин (1756—1790), С. Е. Гурьев (1766—1813) и другие.

Однако со смертью Л. Эйлера уровень научных исследований по механике в Петербургской академии наук значительно понизился. Новый подъем теоретических исследований по механике в России был обусловлен прогрессом университетского образования в первые десятилетия XIX в., вместе с тем он тесно связан с успехами в ряде областей механики за рубежом и с творчеством М. В. Остроградского (1801—1861). Он является основоположником аналитической механики в России. Наиболее фундаментальные исследования Остроградского относятся к обобщению основных принципов и методов механики. Он внес также существенный вклад в развитие вариационных принципов механики.

Многие ученики Остроградского стали крупными учеными и прославились в области прикладной механики, технических наук и техники. И. А. Вышнеградский (1831—1895) в ряде классических работ положил основания теории автоматического регулирования; Н. П. Петров (1836—1920) создал гидродинамическую теорию смазки и провел ценные исследования по теории механизмов и по теории движения поездов; Г. Е. Паукер (1822—1889) стал крупным инженером и теоретиком в области строительного дела; Д. И. Журавский (1821—1891) был выдающимся конструктором мостов и автором важных работ по сопротивлению материалов и т. д.

В первой половине XIX в. начинается развитие механики в Московском университете. Здесь прежде всего следует отметить серьезные труды Н. Д. Брашмана (1796—1866), А. Ю. Давидова (1823—1885), А. С. Ершова (1818—1867) и др.

#### THE DEVELOPMENT OF MECHANICS IN RUSSIA IN THE 18TH CENTURY AND IN THE FIRST HALF OF THE 19TH CENTURY

At the same moment when the Academy of Sciences was founded in St. Petersburg (1725), mechanics in Russia began to develop rapidly. The academicians from St. Petersburg did a lot for mechanics of a point and solid body, for aero- and hydrodynamics, for the theory of ship and machines.



In about 100 years (from 1725 to 1830) 360 papers on mechanics appeared in the Academy's publications. Most of these papers on mechanics were the work of the great L. Euler (1707—1783), he wrote as many as 155. Besides mathematics, mechanics was the main field of Euler's interest and work. In St. Petersburg he created new methods of examining the problems of mechanics, he worked on a new mathematical apparatus for doing so and used it with success in solving many difficult problems. D. Bernoulli (1700—1782) contributed a lot to the development of mechanics in Russia. Over 50 papers of his on mechanics appeared in the publications of the Academy in St. Petersburg.

G. W. Kraft (1701—1754), W. E. Adodurov (1709—1780), J. P. Kozielsky (1728—1794), M. E. Golovin (1756—1790), S. E. Guriev (1766—1813) as well as others did a lot in the field of teaching and popularizing mechanics in Russia.

However, with the death of L. Euler the level of scientific research in the field of mechanics dropped noticeably in the St. Petersburg Academy. A new development of theoretical research in the field of mechanics in Russia depended on the advancement of university education in the first decades of the 19th century; it depended also on the success achieved in many fields of mechanics abroad.

The development of mechanics in Russia in the first half of the 19th century was closely connected with the work of M. W. Ostrogradsky (1801—1861). He was the founder of analytic mechanics in Russia. The most important research conducted by Ostrogradsky concerns the generalisation of the basic principles and methods of mechanics. He also contributed a great deal to the development of variational principles of mechanics.

Many students of Ostrogradsky became great scientists and gained fame in the field of applied mechanics, engineering sciences and engineering. I. A. Vyshniegradsky (1831—1895) created the foundation of the theory of automatic regulation in a number of classical papers; N. P. Pietrov (1836—1920) created the hydrodynamic theory of lubrication and conducted precious research in the field of the theory of mechanisms and the theory of the movement of trains; G. E. Pauker (1822—1889) became a great engineer and theoretician in the field of building; D. J. Zuravsky (1821—1891) was an outstanding bridge constructor and the author of important works in the field of strenght of materials etc.

In the first half of the 19th century the development of mechanics was inaugurated at the University in Moscow. Here one should above all mention the important works by N. D. Brashman (1796—1866), A. J. Davidov (1823—1885) and A. S. Yershov (1818—1867).