

Olszewski, Eugeniusz

Leonardo da Vinci jako prekursor nauk technicznych

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 14/4, 603-611

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.



Eugeniusz Olszewski

LEONARDO DA VINCI JAKO PREKURSOR NAUK TECHNICZNYCH *

Gdy w ostatniej ćwierci XIX w. opublikowana została duża część rękopisów Leonarda da Vinci, rozpoczęła się dyskusja nad wartością i znaczeniem jego naukowego i technicznego dorobku. Podziw dla ogromu tego dorobku, udostępnionego po czterech niemal wiekach zapomnienia, dla wszechstronności i głębi zainteresowań wielkiego Toskańczyka, skłaniał początkowo do oceny przesadnej, do przypisywania mu jeżeli nie autorstwa, to przynajmniej prekursorstwa wielu późniejszych odkryć naukowych — aż do Galileuszowych włącznie — a także do traktowania wszystkich prawie maszyn i urządzeń technicznych, które rysował czy szkicował w swych rękopisach, jako jego oryginalnych i genialnych wynalazków¹.

Do takiego stosunku do osiągnięć Leonarda przyczyniała się także słaba jeszcze przed kilkudziesięciu laty znajomość stanu nauk przyrodniczych i techniki późnego średniowiecza. Badania zatem nad niedocenianym poprzednio dorobkiem średniowiecza prowadziły do rewizji sądów, a nawet — z kolei — do przesadnego negowania oryginalności i prekursorstwa myśli naukowej i pomysłów technicznych Leonarda, do patrzenia nań omal jak na epigona średniowiecza².

Po tych wahaniach w jedną i drugą stronę osąd dorobku Leonarda zaczął się w połowie naszego stulecia stabilizować. W szczególności, wyważoną na ogół ocenę tego dorobku dały referaty przedstawione na odbytym w 1952 r. w Paryżu kolokwium *Leonardo da Vinci a doświadczenie naukowe XVI w.*³.

Za konkluzję np. referatu R. Dugasa *Leonardo da Vinci w historii mechaniki* można uważać słowa: „Wkład Leonarda do powstania mechaniki jako prawdziwej nauki wydaje się dość szczupły”⁴. Przekonującą zaś analizę dorobku technicznego Leonarda przeprowadził na tym kolokwium B.

* Pierwsza wersja tego artykułu była przez autora referowana na odbytym we Florencji i Vinci w dniach 23—26 VI 1969 sympozjum *Leonardo w nauce i technice*, zorganizowanym w 450-lecie zgonu Leonarda (por. w *Kronice zagranicznej* niniejszego numeru sprawozdanie z tego sympozjum).

¹ Takie spojrzenie na Leonarda przebiega jeszcze np. u F. M. Feldhausa, gdy przegląd wynalazków Toskańczyka kończy słowami: „Tak bogata, tak swoista i samoistna, jak jego spuścizna techniczna, nie jest żadna inna dziedzina jego działalności”; por.: F. M. Feldhaus, *Maszyny w dziejach ludzkości. Od czasów najdawniejszych do odrodzenia*. Warszawa 1958, s. 357.

² Tak np. — jak pisze A. Koyré — według P. Duhema Leonardo miałyby być „ostatnim wykwitem tradycji średniowiecznych, przede wszystkim paryskich, które pilnie i z nabożeństwem gromadziły”; por.: A. Koyré, *Rapport final*. W: *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVI^e siècle*. Paris 1953, ss. 237—238.

³ Materiały tego kolokwium zawiera publikacja cytowana w poprzednim piśmie.

⁴ R. Dugas, *Léonard de Vinci dans l'histoire de la mécanique*. Cytowana wyżej publikacja, s. 98.

Gille, który rozwinął ją później w książce *Les ingénieurs de la Renaissance*. Analiza ta doprowadza Gille'a do zaprzeczenia — być może, zbyt kategorycznego — by Leonardo miał uniwersalny talent wynalazczy, by w ogóle jego wynalazki techniczne miały większe znaczenie i by odznaczały się wysoką oryginalnością: „Florentyńczyk bynajmniej nie jest prekursorem w zakresie czysto technicznym; miał on te same zainteresowania, co jego poprzednicy, i dokonywał tych samych poszukiwań, które prowadzono od dawna, z nieuniknionymi jedynie odchyleniami”⁵.

Na czym wobec tego polega właściwa wielkość Leonarda? Dlaczego — pomimo tych ocen — można go uważać za jednego z największych geniuszy nauki i za pierwszego uczonego epoki nowożytnej?

Osiągnięta została ostatnio — jak się zdaje — daleko idąca zgodność w odpowiedziach na te pytania. Tak np. E. A. Moody pisze, iż dla Leonarda „wartość teorii polegała na możliwości jej oddziaływania na praktykę, a geniusz Leonarda przejawiał się w sposób najbardziej charakterystyczny w dziedzinie praktycznych zastosowań praw mechanicznych”, wobec tego zaś, choć „jego koncepcje naukowe odpowiadały jego czasom, jego koncepcja nauki odpowiadała przyszłej epoce”⁶. Analogiczną w istocie myśl wypowiada A. Koyré: geniusz Leonarda był geniuszem *d'un technologue bien plus que d'un technicien*⁷, przy czym trzeba pamiętać, że francuskie znaczenie terminu *technologie* bynajmniej nie odpowiada polskiemu „technologia” i należałoby go raczej przetłumaczyć jako „nauki techniczne”⁸. Podobnie określa zasługi Leonarda B. Gille: „Trzeba mu przyznać potrzebę myślenia racjonalnego, której poprzednio technicy nie odczuwali”; wniosek ten Gille tak precyzuje: „Postępując od jednych obserwacji do drugich, od obserwacji także do doświadczeń, Leonardo doszedł do możliwości ujmowania zagadnień czysto technicznych w postaci ogólnej. W ten zaś sposób przechodzi się do dalszego procesu myślowego — do rozumowania pozwalającego inżynierowi wiązać pewien wypadek szczególnie z problemem ogólnym. Wtedy zaś powstaje prawdziwa nauka inżynierska”⁹.

*

Autor niniejszego artykułu również stwierdzał przed dwoma laty: „Prekursorem nauk technicznych był Leonardo da Vinci, który pierwszy prowadził konsekwentne badania nad tworam i techniki”¹⁰. Celem artykułu nie jest zatem podważanie gruntującego się ujęcia zasług Leonarda, lecz jedynie próba ich sprecyzowania z punktu widzenia współczesnego nam ujęcia istoty i znaczenia nauk technicznych.

Nauki te należy wyraźnie odróżniać od wiedzy technicznej, stanowiącej uporządkowany zespół reguł celowego i sprawnego działania technicznego, tj. zespół odpowiedzi na pytania typu: jak należy działać, aby twory techniki spełniały stawiane im zadania. Nauki techniczne nato-

⁵ B. Gille, *Les ingénieurs de la Renaissance*. Paris 1964, ss. 156—157. Por. także recenzję tej książki w nrze 3/1965 „Kwartalnika”, ss. 385—387.

⁶ E. A. Moody, *Foreword*. W: I. B. Hart, *The Mechanical Investigations of Leonardo da Vinci*. Berkeley—Los Angeles 1963, ss. X—XI.

⁷ „Raczej technologia niż technika”. A. Koyré, *op. cit.*, s. 243.

⁸ Nadanie polskiej „technologii” znaczenia wzorowanego na francuskim proponuje J. Zieleniewski w artykule *Dlaczego tylko „cybernetyka i filozofia nauk technicznych”?* *Nieco uwag. „Zagadnienia Naukoznawstwa”*, nr 1/1969, s. 10.

⁹ B. Gille, *op. cit.*, ss. 182 i 174.

¹⁰ E. Olszewski, *Rozwój i pojęcie nauk technicznych. „Zagadnienia Naukoznawstwa”*, nr 2—4/1967, s. 79.

miast stanowią grupę nauk, które badają zjawiska i ustalają prawidłowości zachodzące w świecie tworów powstałych dzięki technicznej działalności gospodarczej człowieka oraz w toku procesów wywołanych w ramach tej działalności; nauki techniczne określają prócz tego warunki, jakim powinny odpowiadać twory i procesy techniki, aby spełniały stawiane im wymagania. Nauki te odpowiadają zatem na pytania typu: jaki jest świat techniki, oraz: jaki powinien być świat techniki, aby w optymalny sposób spełniał zadania stawiane mu przez człowieka¹¹.

W czasach Leonarda nauki techniczne jeszcze nie istniały, choćby dlatego, że aż do tych czasów nauka i technika rozwijały się niemal niezależnie od siebie, a na świat techniki nie patrzono oczami naukowca. Narastał natomiast zasób umiejętności technicznych, tj. przede wszystkim umiejętności praktycznego posługiwania się środkami pracy. Zasób ten, gromadzony i porządkowany w takich znakomitych dziełach, jak np. *De architectura* Witruwiusza czy *De re metallica* Georgiusa Agricoli (późniejszego o pół wieku od Leonarda), przekształcał się stopniowo w systematyczną wiedzę techniczną.

W rękopisach Leonarda spotyka się wiele odpowiedzi na pytania typu: jak należy wykonywać działania techniczne¹². Nie tak często jednak odpowiedzi na te pytania są na tyle systematyczne¹³, aby można było mówić o wielkim wkładzie Leonarda do wiedzy technicznej.

Jeżeli jednak aż do końca XVIII w. dzieła techniczne poprzestawały niemal z reguły na recepturze wskazującej, jak działać w określonych warunkach, to Leonardo niejednokrotnie idzie dalej. Interesuje go bowiem, dlaczego należy tak a tak działać, poszukuje zatem prawidłowości zachodzących w świecie tworów i procesów techniki, prowadząc w tym celu ich badania.

Spróbujmy wyróżnić kilka dróg, którymi biegnie myśl Leonarda, kilka typów zagadnień, które stara się rozwiązać.

Po pierwsze, bada Leonardo niekorzystne zjawiska zachodzące w pewnej grupie tworów techniki i wyciąga wnioski co do takich sposobów ich wykonywania, aby uniknąć błędnych rozwiązań. Przykładem mogą tu być rozważania o pęknięciach budynków; program tych badań tak jest sformułowany: „Najpierw napisz traktat o przyczynach powodujących uszkodzenia ścian, a następnie odrębny traktat o środkach chroniących przed tymi uszkodzeniami”¹⁴. Rozpoczyna więc Leonardo notować różne typy pęknięć ścian i docięka ich przyczyn, mając na widoku wyciągnięcie wniosków praktycznych, dostosowanych do określonych warunków. Podobnie postępuje, gdy zajmuje się łukami i sklepieniami, dając np. zalecenia, w jaki sposób zabezpieczyć te konstrukcje przed skutkami trzęsień ziemi.

¹¹ Por.: E. Olszewski, *Technika i Techniczne nauki*. W: *Wielka encyklopedia powszechna PWN*. T. 11. Warszawa 1968, ss. 432—433.

¹² Oto jeden z przykładów takiej wskazówki technicznej: „Uczyni olej z nasion gorczycy. A jeśli chcesz ułatwić sobie pracę, zmieszaj namoczone nasiona z olejem lnianym i umieść to wszystko pod prasą”. Cytowane według: Leonardo da Vinci, *Izbrannyje jestiestwiennonaucznyje proizwiedienija*. Moskwa 1955, s. 632. Odpowiedziami na pytania podobnego typu są również liczne w rękopisach Leonarda rysunki maszyn i urządzeń technicznych.

¹³ Taki charakter ma np. fragment odnalezionego przed paru laty w hiszpańskiej Bibliotece Narodowej kodeksu *Madryt II*, poświęcony sposobom wykonywania odlewów brązowych; por. informację o madryckim znalezisku na s. 756 niniejszego numeru, a także: L. Reti, *Die wiedergefundenen Leonardo-Manuskripte der Biblioteca Nacional in Madrid*. „Technikgeschichte”, nr 3/1967, ss. 222—225.

¹⁴ Leonardo da Vinci, *op. cit.*, s. 324.

Inaczej prowadzi badania Leonardo, gdy stawia sobie zadanie o wiele trudniejsze: opracowanie tworców techniki dotychczas nie znanych. Klasyycznym przykładem w tym zakresie są jego wieloletnie badania nad możliwościami skonstruowania maszyn latających. Droga postępowania wielkiego Toskańczyka całkowicie w tym wypadku odpowiada drodze charakterystycznej dla nauki, która dopiero w 1960 r. uformowała się na tyle, by otrzymać nazwę. Bionika — bo o niej tu mowa — „zajmuje się badaniem biologicznych procesów i metod celem zastosowania uzyskanej wiedzy do udoskonalenia istniejących i stworzenia zasadniczo nowych maszyn, urządzeń i układów”; jest to zatem „nauka o tworzeniu układów technicznych, których charakterystyki są zbliżone do charakterystyk żywych istot”¹⁵. Podobnie rozumuje Leonardo: „Ptak jest narzędziem działającym na podstawie prawa matematycznego, które to narzędzie człowiek jest zdolny stworzyć z wszystkimi jego ruchami”¹⁶. Maszyna latająca ma mieć charakterystykę zbliżoną do skrzydeł ptaków i nietoperzy, wiele wnikliwych obserwacji poświęca zatem Leonardo budowie tych skrzydeł i ich działaniu w czasie lotu zwierząt.

Działalność Leonarda nie odznaczała się — jak wiadomo — systematycznością. Postępuje on jednak systematycznie, gdy analizuje różnego typu maszyny, wyodrębniając w nich elementarne części występujące w konstrukcjach o różnym przeznaczeniu. Systematyzacja części maszyn służy następnie Leonardowi do poszukiwania nowych rozwiązań tych części, rozwiązań lepiej dostosowanych do określonych zadań. Analizuje on w ten sposób przekładnie zębate i pasowe, śruby, łańcuchy (ryc. 1), łożyska itp., rozważając ich działanie statyczne i kinematyczne, a zatem zajmując się m. in. zagadnieniami wchodzącymi obecnie do zakresu badawczego teorii mechanizmów. Rozważaniami takimi kierował przy tym dążenie do uzyskania optymalnej efektywności działania pewnego elementu: tak np. poszukiwał Leonardo nowych typów łożysk z myślą o zmniejszeniu w nich tarcia¹⁷.

Aby rozwiązywać zagadnienia związane z tarciem, Leonardo musiał prowadzić badania nad tym zjawiskiem, występującym wprawdzie także i w przyrodzie, ale nabierającym szczególnego znaczenia w tworcach i procesach techniki. Podobnie postępował Leonardo i w innych dziedzinach swych zainteresowań, kładąc w ten sposób podwaliny pod kilka co najmniej nauk technicznych: wytrzymałość materiałów, statykę budowli, hydraulikę, aeromechanikę¹⁸.

Dążąc do uogólnień, do wykrycia prawidłowości występujących w świecie techniki, Leonardo — zgodnie ze swym aforyzmem: „Mądrość jest córką doświadczenia”¹⁹ — punktu wyjścia szukał nie w średniowiecznych teoriach i koncepcjach mechaniki teoretycznej, lecz w doświadczeniu. Sta-

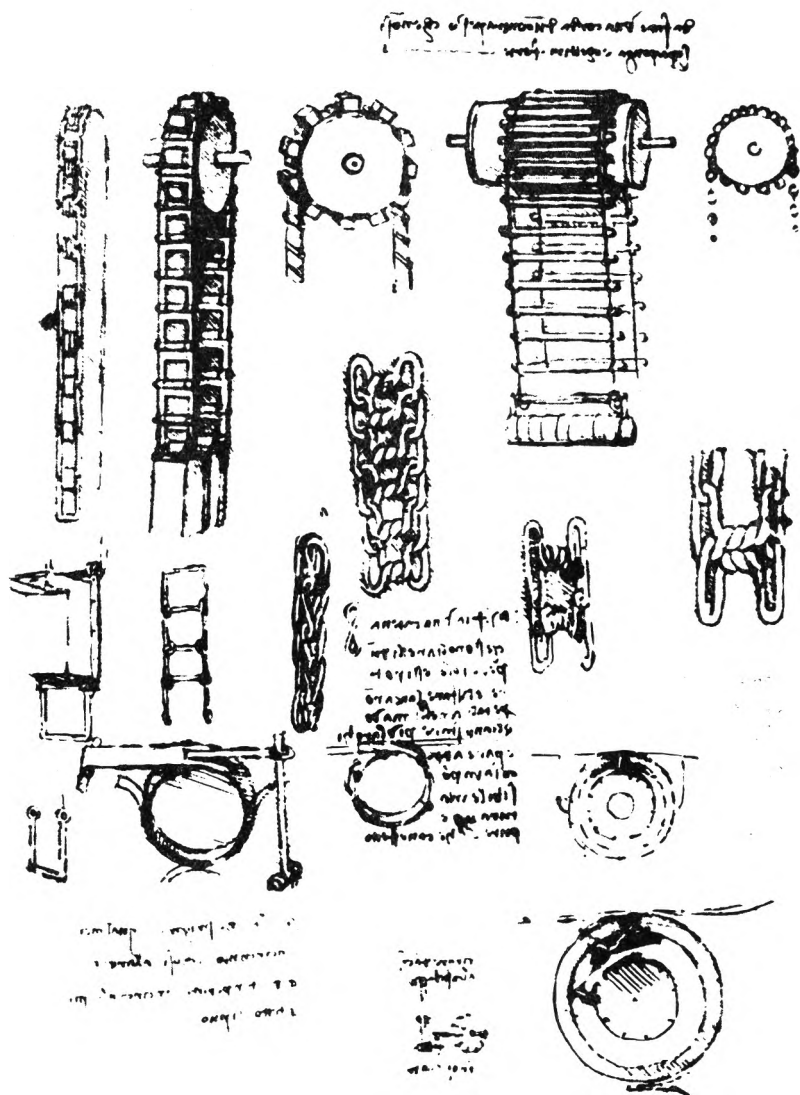
¹⁵ I. B. Litinieckij, *Istoriya bioniki. Jejo nastojaszczyje i buduszczzyje*. W: *Actes du XI^e Congrès International d'Histoire des Sciences. Varsovie — Toruń — Kielce — Cracovie 24 — 31 Août 1965*. T. 5. Wrocław — Varsovie — Cracovie 1968, s. 16. W tym komunikacie Leonardo nie został jednak wspomniany.

¹⁶ Leonardo da Vinci, *Pisma wybrane*. Wyd. 2. T. 1. Warszawa — Kraków 1930, s. 155.

¹⁷ Por. np.: L. Reti, *op. cit.*, ss. 196—201.

¹⁸ G. Sarton pisał o Leonardzie: „Można byłoby nazwać go nawet pionierem w zakresie hydrauliki i aerodynamiki (co oznacza, że mówiąc o nim, możemy w pełni poprawnie używać nazw tych nauk)”. G. Sarton, *Leonardo da Vinci (1452 — 1519)*. W: *Sarton on the History of Science*. Cambridge (Mass.) 1962, s. 133.

¹⁹ Leonardo da Vinci, *Pisma wybrane*, *ed. cit.*, s. 28.



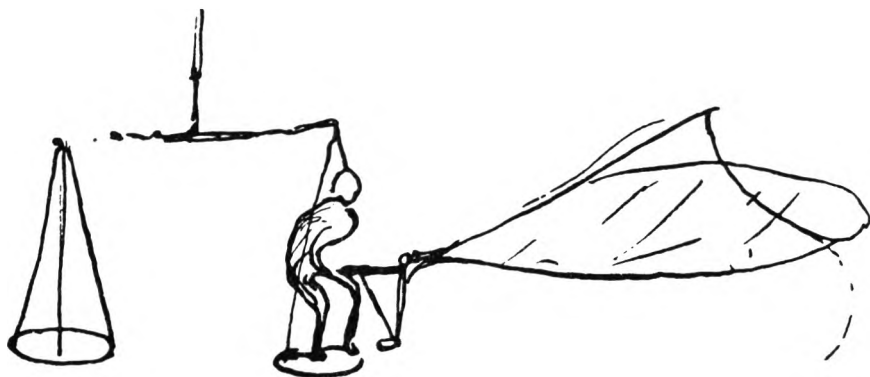
Ryc. 1. Przekładnie łańcuchowe. Rysunki Leonarda z kodeksu *Madryt I*. Według artykułu Retiego, cytowanego w przypisie 13

Рис. 1. Цепные передачи. Рисунки Леонардо да Винчи из кодекса *Madrid I*. По статье Рети, цитируемой в примечании 13

Fig. 1. Chain gears. Leonardo's drawings from the *Madrid I* codex. According to Reti's article quoted in footnote 13

rał się zatem mierzyć tarcie, badał wytrzymałość belek, słupów i lin, ustalał dynamiczną nośność sporządzonych przez siebie skrzydeł itp.

Oto przykładowy opis jednego z projektowanych, a może nawet i przeprowadzonych przez Leonarda doświadczeń ze skrzydłem maszyny latającej (ryc. 2): „Jeżeli chcesz określić ciężar, który to skrzydło może utrzymać, wejdź na jedną czaszę wagi, a na drugą połóż odważnik równy twojemu ciężarowi, tak aby obie czasze utrzymywały się w powietrzu na równym poziomie. Następnie naciśnij dźwignię skrzydła i przetnij



Ryc. 2. Pomiar siły nośnej skrzydła. Rysunek Leonarda. Według: F. Klemm, *A History of Western Technology*. Cambridge (Mass.) 1964

Рис. 2. Измерение несущей силы крыла. Рисунок Леонардо. По книге: F. Klemm, *A History of Western Technology*. Cambridge (Mass.) 1964

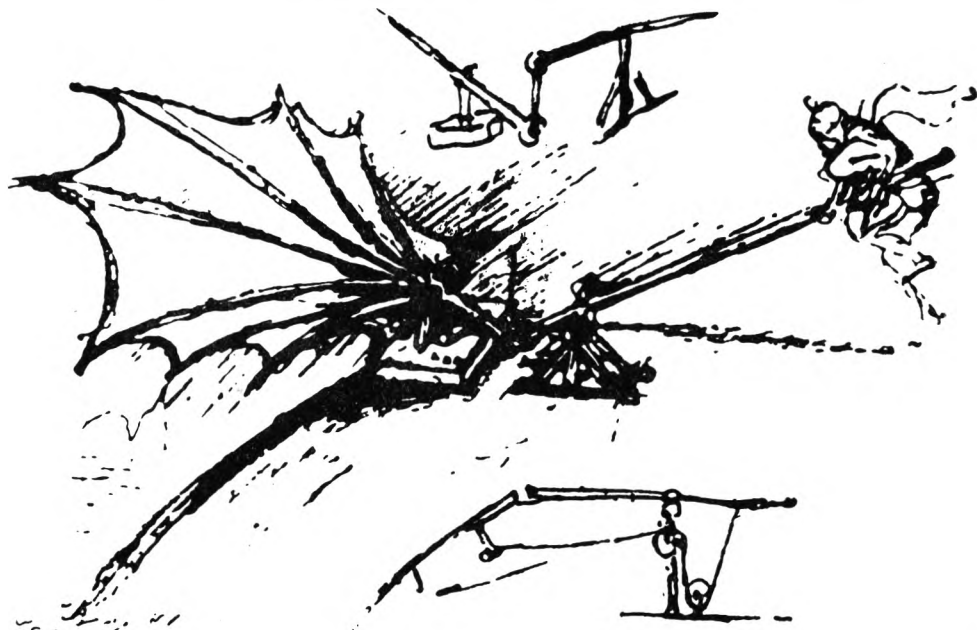
Fig. 2. Measuring the carrying force of a wing. Leonardo's drawing. After F. Klemm, *A History of Western Technology*. Cambridge (Mass.) 1964

sznur, na którym było ono podwieszone; ujrzyś wtedy, że skrzydło nagle opadnie. A jeśli opadało ono w ciągu dwu jednostek czasu, spowoduj, aby opadło w ciągu jednej, naciskając rękami jego dźwignię. Na przeciwległą zaś czaszę dodaj odważników, aby zrównoważyć działającą siłę. Ile ciężaru znajduje się na tej czaszy, tyle utrzyma skrzydło w czasie lotu, i tym więcej, im silniej prze ono na powietrze”²⁰. Inny sposób ustalenia siły nośnej skrzydła pokazuje ryc. 3.

Stosował zatem Leonardo nie tylko obserwacje i doświadczenia, ale i pomiary, a na podstawie ich wyników — nie znając powstałej dopiero później symboliki algebraicznej, a tym bardziej pojęcia funkcji — ustawał proporcje liczbowe. W ten sposób ustalił np. Leonardo, że wytrzymałość belki obciążonej pośrodku siłą skupioną jest odwrotnie proporcjonalna do jej długości (ryc. 4).

Prowadząc te badania, stosował, oczywiście, Leonardo założenia upraszczające, i to zarówno świadomie, jak i nieświadomie. Zdawał sobie przy tym sprawę, że zbyt daleko idące uproszczenia mogą zniekształcić wyniki. Tak np. zarzucał on starożytnym, iż popełniali błędy wynikające z uwa-

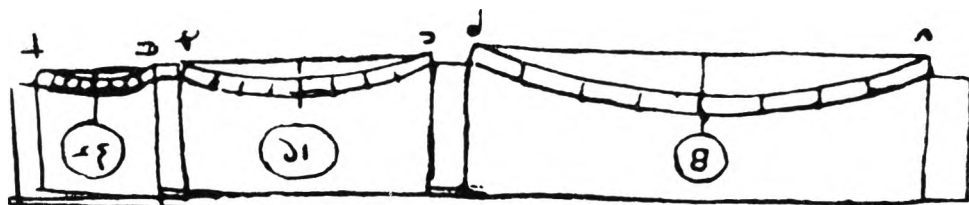
²⁰ Leonardo da Vinci, *Izbrannyje* [...], s. 603.



Ryc. 3. Inny sposób pomiaru siły nośnej. Rysunek Leonarda. Według wydania dzieł, cytowanego w przypisie 12

Рис. 3. Другой способ измерения несущей силы. Рисунок Леонардо. По изданию работ, цитируемому в примечании 12

Fig. 3. Another way of measuring the carrying force. Leonardo's drawing. After the edition of his works, quoted in footnote 12



Ryc. 4. Badania wytrzymałości i ugięć belek. Rysunek Leonarda. Według wydania dzieł, cytowanego w przypisie 12

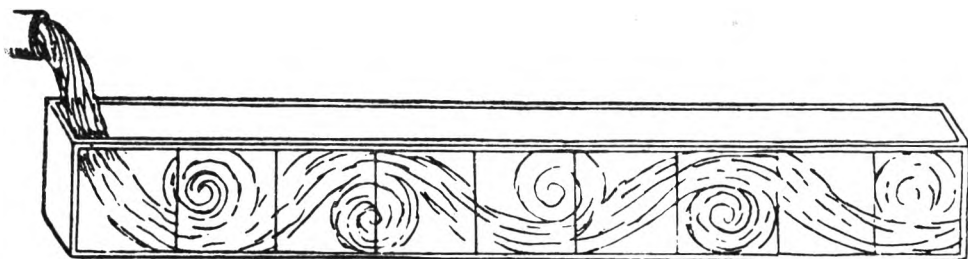
Рис. 4. Исследование прочности и изгиба балок. Рисунок Леонардо. По изданию работ, цитируемому в примечании 12

Fig. 4. Examining the resistance and bending of beams. Leonardo's drawing. After the edition of his works quoted in footnote 12

żania osi dźwigni za punkt lub linię matematyczną, choć w rzeczywistości oś ta jest ciałem fizycznym, a nie tworem matematycznym²¹.

W badaniach swych, np. hydraulicznych, prowadził Leonardo m. in. doświadczenia na modelach, konstruując w szczególności małe kanały drewniane, modelujące cieki wodne (ryc. 5). Nie uświadamiał sobie jednak tego, że podobieństwo geometryczne nie zapewnia podobieństwa mechanicznego, o czym wiedział już Witruwiusz, ale co ujął w postaci zależności matematycznej dopiero Galileusz²².

Ten i liczne inne błędy, które popełniał Leonardo, nie mogą zmniejszać w naszych oczach znaczenia jego badań. Ogólny bowiem ich kierunek, problematyka i metody uderzają nowoczesnością.



Ryc. 5. Model cieku wodnego do obserwacji strug wody, jedna ze ścianek jest szklana. Rysunek Leonarda. Według wydania dzieł, cytowanego w przypisie 12

Рис. 5. Модель водотока для наблюдений водяной струи. Одна из стенок модели стеклянная. Рисунок Леонардо. По изданию работ, цитируемому в примечании 12

Fig. 5. Model of a watercourse for observing the flow of water. One side is made of glass. Leonardo's drawing. After the edition of his works quoted in footnote 12

Nowoczesne u Leonarda — jak w sto lat później u Francisca Bacona — było przede wszystkim przekonanie, że cele poznawcze nauki łączyć się powinny z celami użytkowymi, technicznymi, że poszukując prawdy naukowej, trzeba myśleć także o jej zastosowaniach²³.

G. Sarton pisał: „Oryginalność Leonarda da Vinci polegała na tym, iż łączył on [...] aspiracje teoretyczne z chęcią rozwiązywania praktycznych, powszednich, przemysłowych zagadnień”²⁴. Takie właśnie nastawienie spowodowało, że Leonardo jako pierwszy spojrział oczami człowieka nauki na świat techniki, stając się dzięki temu prekursorem nauk technicznych i twórcą najbardziej ogólnych i podstawowych ich metod.

²¹ Por. np.: W. P. Zubow, *Leonardo da Vinci 1452 — 1519*. Moskwa — Leningrad 1961, s. 219.

²² Por.: tamże, ss. 142—146.

²³ W tym względzie nie można zgodzić się z Gille'em, który stanowisko takie określił jako „antynaukowe lub — ściślej — anaukowe”; por.: B. Gille, *op. cit.*, s. 182; por. też cytowaną w przypisie 5 recenzję książki Gille'a, s. 387.

²⁴ G. Sarton, *op. cit.*, s. 133.

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ — ПРЕДТЕЧА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Автор проводит черту между техническими знаниями и техническими науками. Технические знания, по мнению автора, это систематизированный комплекс правил целевой и правильной технической деятельности, тогда как технические науки служат изучению явлений и определяют закономерности, происходящие в мире творений, возникающих в результате технической хозяйственной деятельности человека, а также в ходе процессов, вызванных этой деятельностью. Кроме того, они определяют условия, каким должны отвечать эти творения техники и технические процессы, чтобы могли полностью удовлетворять выдвигаемым перед ними требованиям.

Леонардо да Винчи в своих рукописях приводил много рецептов технической деятельности, но зачастую он этим не удовлетворялся, так как он хотел знать, почему надо поступать так а не иначе, а следовательно, он занимался изучением творений и процессов техники, исследуя выступающие в них закономерности.

Так, например, он исследовал причины возникновения трещин в строениях, для того чтобы на этой основе определить способы предотвращения появления таких трещин. Он применял методы аналогичные бонике, исследуя полет птиц и летучих мышей, чтобы использовать эти методы при разработке проектов летательных аппаратов, принципы действия которых аналогичны механике действия крыльев у этих животных. Он систематизировал части машин, стремясь облегчить изобретение новых, более совершенных и лучше приспособленных к выполнению определенных задач видов таких деталей. Он занимался исследованием явления трения, изучал прочность балок, столбов и канатов, стараясь результаты этих исследований представить в цифровой форме.

Таким образом Леонардо да Винчи создал основы для развития по меньшей мере нескольких технических наук, в том числе таких как прочность материалов, статика строений, гидравлика и аэромеханика.

LEONARDO DA VINCI AS THE FORERUNNER OF ENGINEERING SCIENCES

The author distinguishes explicitly between technical knowledge and engineering sciences. The first is an orderly complex of rules concerning aimful and skilful technical activity; engineering sciences on the other hand examine phenomena and state regularities occurring in the world of products that were created thanks to the economic technical activity of man and during the processes caused by this activity, they also describe the conditions which should be fulfilled by the products and processes of technics if they are to meet their requirements.

Leonardo da Vinci, who gave many prescriptions of technical activity in his manuscripts, did not limit himself to this. He was also interested why one should act in such and such a way, he therefore also examined the processes and products of technics and tried to find regularities in them.

For example he studied the reasons for cracks in buildings in order to establish ways in which these cracks could be avoided. The methods he used in examining the flight of birds and bats were analogical to those of bionics; these studies helped to design flying machines that had to work similarly to the wings of these animals. He systematized parts of machines to make it easier to find new solutions to these parts, better adapted to definite purposes. He conducted experiments on the phenomenon of friction and on the strength of beams, columns and ropes, he also tried to put the results of his research into figures.

Thus Leonardo laid the foundations under at least a few engineering sciences: the strength of materials, the statics of buildings, hydraulics, aeromechanics.