

Bondecka-Krzykowska, Izabela

Pierwsze maszyny liczące na ziemiach polskich

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 54/3-4, 235-254

2009

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.



Izabela Bondecka-Krzykowska

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza

Poznań

PIERWSZE MASZYNY LICZĄCE NA ZIEMIACH POLSKICH*

Dzieje mechanicznych obliczeń są długie i bogate. Pierwsze maszyny liczące, często nazywane obecnie arytmetrami, powstały w XVII w. Już w 1623 r., nieznanym niemieckim wynalazcą Wilhelm Schickard skonstruował maszynę, która miała pomóc jego przyjacielowi, wielkiemu astronomowi Keplerowi, w dokonywaniu obliczeń astronomicznych. Jednak wynalazek ten pozostał niezauważony przez ponad 300 lat a za pierwszą maszynę liczącą uważano *Pascalinę*, maszynę służącą do mechanicznego dodawania i odejmowania, zbudowaną w r. 1645 przez Blaise'a Pascala. Zarówno maszyna Schickarda, jak i maszyna Pascala służyły przede wszystkim do mechanicznego dodawania i odejmowania. Służyć mogły dodatkowo także jako pomoc przy mnożeniu, bądź to przez umieszczenie walców Nepera (jak to miało miejsce w przypadku maszyny Schickarda), bądź to jedynie przez sprowadzenie mnożenia do wielokrotnego dodawania. Natomiast pierwszą maszyną wykonującą mnożenie w sposób automatyczny była maszyna zbudowana w 1694 r. (na podstawie sporządzonego 21 lat wcześniej planu) przez G.W. Leibniza.

W sposób naturalny pojawia się pytanie: czy istniały polskie arytmetry, a jeśli tak, to kiedy powstały i kto był ich twórcą? Okazuje się, że w dziejach maszyn liczących nie brak również polskiego epizodu. Celem tego artykułu jest

* Praca napisana przy wsparciu finansowym Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (subsydium prof. Romana Murawskiego).

przedstawienie osiągnięć wynalazców zamieszkujących ziemie polskie związanych z mechanizacją obliczeń.

1. GEVNA JACOBSON

Najprawdopodobniej najstarsza znana konstrukcja maszyny liczącej na ziemiach polskich to dzieło Gevna Jacobsona – zegarmistrza i mechanika z Nieświeża na Litwie. Niewiele wiadomo o jej konstruktorze ponad to, że prawdopodobnie przed rokiem 1770 wykonał on maszynę służącą do dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia. Jacobson mógł przebywać na dworze księcia Michała Radziwiłła¹, znanego mecenasa kultury, który chętnie gościł u siebie naukowców i wynalazców.

Maszyna ma kształt bogato zdobionej mosiężnej szkatułki o wymiarach 34cm × 21,8cm × 3,4cm. Na maszynie wykonano wiele inskrypcji, m.in. głoszącą, że jej „twórcą i wykonawcą jest Gevna Jacobson” oraz napis w języku polskim i niemieckim: „Machina Mechaniczna do rachunku”.

Maszyna była zbudowana z kół zębatach służących do dodawania, odejmowania i przenoszenia rzędów dziesiętnych, podobnie jak w maszynie Schickarda. Można na niej było wykonywać działania na liczbach dziewięciocyfrowych. Maszynę zaprojektowano głównie do dodawania i odejmowania, ale jej twórca sugerował możliwość jej użycia przy mnożeniu i dzieleniu, o czym świadczy wygrawerowana na pokrywie tabliczka mnożenia.

Oczywiście każde mnożenie można zastąpić wielokrotnym dodawaniem. Na przykład, aby pomnożyć liczbę m przez 573 należy 573 razy dodać do siebie liczbę m . Istnieje również krótszy sposób: wystarczy pomnożyć liczbę m przez cyfrę setek (5), następnie przez cyfrę dziesiątek (7) oraz przez cyfrę jedności (3). Następnie wszystkie otrzymane w ten sposób iloczyny częściowe należy do siebie dodać. Mnożenie przez poszczególne cyfry (5, 7 i 3) może odbywać się przez wielokrotne dodawanie, ale otrzymanie każdego z iloczynów częściowych nigdy nie wymaga więcej niż 9 operacji dodawania (w naszym przypadku wystarcza kolejno 5, 7 i 3 dodawania). W podobny sposób można zastąpić dzielenie przez wielokrotne odejmowanie dzielnika od dzielnej. Ponieważ maszyna wykonywała dodawanie i odejmowanie, mogła więc służyć również do mnożenia i dzielenia, tak jak to było w przypadku maszyny Schickarda.

Poza wieloma podobieństwami do znanych już wtedy konstrukcji, Jacobson wprowadził w swojej maszynie pewne ulepszenia. Zawierała ona dodatkowy mechanizm do obliczania liczby odejmowań dzielnika od dzielnej, czyli maszyna sama podawała wynik dzielenia. Mechanizm ten jest dowodem niezwykłej pomysłowości i talentu konstrukcyjnego jej twórcy. Ponadto maszyna pozwalała na zapisywanie wyników częściowych obliczeń oraz posiadała ciekawe urządzenie do wprowadzania danych w postaci specjalnych klawiszy.

Maszyna Jacobsona znajduje się obecnie w Muzeum Nauki Łomonosowa w Sankt Petersburgu. Do dziś można przekonać się, że działa niezawodnie. Była bardzo praktycznym i zapewne chętnie wykorzystywanym narzędziem do wykonywania obliczeń, o czym mogą świadczyć znajdujące się na maszynie ślady jej intensywnego używania.

Przenieśmy się teraz do Warszawy, tam bowiem żyli i działali trzej twórcy maszyn liczących owego czasu: Abraham Stern, Chaim Zelig Słonimski i Abraham Staffel.

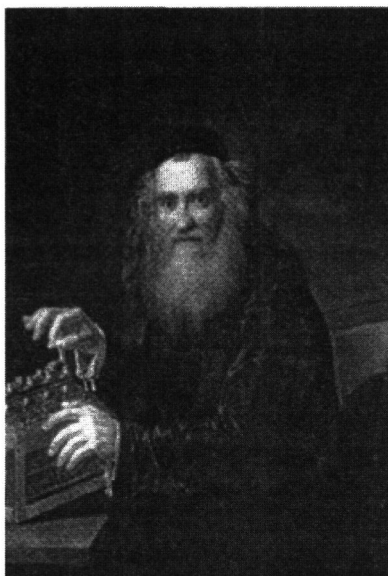
2. ABRAHAM STERN

Abraham Stern (1769–1842) urodził się w ubogiej rodzinie żydowskiej w Hrubieszowie. Początkowo „terminował” u miejscowego zegarmistrza, jednak za namową i dzięki pomocy Stanisława Staszica przeniósł się na naukę do Warszawy. Staszic wspierał jego prace nad licznymi wynalazkami². Stern przedstawił projekty: żniwiarki, dalmierza, „wózka topograficznego” ciągniętego przez konie, młockarni, piły tartacznej, „mechanizmu ochraniającego powóz i osoby w nim jadące przed skutkami ponoszenia spłoszonych koni”³ oraz trzech maszyn liczących.

Stern interesował się nie tylko techniką, ale również pisał wiersze i uchodził za znawcę literatury hebrajskiej. W latach 1826–1835 był rektorem Warszawskiej Szkoły Rabinów⁴. Przez wiele lat mieszkał i pracował przy ulicy Królewskiej w Warszawie, gdzie zmarł 2 lutego 1842 r.

Największą sławę i uznanie przyniosły Sternowi maszyny liczące. Pierwszą z nich przedstawił do oceny Warszawskiemu Królewskiemu Towarzystwu Przyjaciół Nauk w grudniu 1812 r.⁵ Towarzystwo wysoko oceniło maszynę Sterna podkreślając jej niezawodność i łatwość obsługi. Recenzenci zasugerowali jednak uproszczenie maszyny. W recenzji (ze stycznia 1813 r.) znaleźć można następujący opis arytmometru Sterna⁶:

„Machina ta ma kształt skrzyneczki czyli równoległościanu. Znajdują się w niej na wierzchu trzy rzędy z cyferblatami złożone. Każdy cyferblat podzielony jest na dziesięć części, dla umieszczenia naokoło brzegu onego wszystkich jedności i zera. Pierwszy cyferblat po prawej ręce stanowi jedności, drugi dziesiątki, trzeci – sta itd. Każdy cyferblat będąc poziennie osadzony, obraca się naokoło swej osi. Cyferblaty te pokryte są blaszkami z okienkami, w pewnych odstępach nad cyferblatami, na które to okienka żądane cyfry nakręcają się, we wszystkich innych zera zostawiając. Dwa rzędy takich cyferblatów stanowią zagadnienie, a trzeci – wypadek wskazuje. Średni rząd cyferblatów, na którym najwięcej zależy i przy którym korba do obracania jest umieszczona, w półokręgu tylko ma jedności umieszczone, pod którymi sztyfty ruchome, na dół i do góry iść mogące, danymi są. Te sztyfty początkiem są całej sztuki, albowiem tyle onych wypadnie na dół, jaką cyfrę pod okienko podsunie się [...]”⁷



Ryc. 1. Antoni Blank, Portret Abrahama Sterna, 1823,
Muzeum Narodowe w Poznaniu.

Cztery lata później, w styczniu 1817 r. Stern przedstawił Towarzystwu kolejną maszynę, która służyła do wyciągania pierwiastków, w kwietniu tego samego roku trzecią, będącą „połączeniem” dwu poprzednich, która wykonywała pięć działań. Kazimierz Trzęsicki w [18] podaje, że była to pierwsza na świecie maszyna pięciodziałaniowa.

Ponieważ nie zachował się żaden wizerunek tej maszyny, ograniczymy się do streszczenia opisu przedstawionego przez samego konstruktora na posiedzeniu Warszawskiego Królewskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk w dniu 30 kwietnia 1817 r.⁸

Maszyna miała kształt prostopadłościanu z pięcioma rzędami kółek. Dwa pierwsze rzędy składały się z 13 kółek. Kółka rzędu pierwszego miały tarcze z wrytymi na nich cyframi, które było widać pojedynczo przez otwory. Każde kółko odpowiadało jednemu rzędowi wielkości poczynając od jedności, przez dziesiątki, setki, tysiące itd. Kółka rzędu drugiego nie miały tarcz i były tylko elementem mechanizmu. Dwa kolejne rzędy kółek umieszczone zostały „w oddzielney osadzie w kształcie wózka”⁹, który porusza się dzięki walcom i – podobnie jak koła rzędu pierwszego – miały tarcze liczbowe widziane przez otwory. Pierwszy rząd na wózku składał się z 7 kół, a drugi z 8. Na osiach 7 kółek znajdowały się składane korbki i dlatego ten rząd kół Stern nazywał korbowym. „Prócz tych korb, znajduje się na średniej korbie składaney, iedna jeszcze korba

główna, którą wsadzać i odejmować można.”¹⁰ Powyżej wózka konstruktor umieścił jeszcze jeden rząd siedmiu kółek z cyframi widocznymi przez otwory. Oprócz opisanych wcześniej rzędów kółek na wierzchu maszyny znajdowały się jeszcze dwa rzędy kółek z widocznymi przez otwory cyframi rzymskimi. „Jeden z tych rzędów, ma swe miejsce, powyżej otworów liczbowych zwyczajnych, rzędu skrajnego górnego, a drugi wyżej otworów liczbowych zwyczajnych rzędu skrajnego dolnego.”

W swoim wystąpieniu Stern opisał również szczegółowo sposób używania maszyny.

Aby przygotować maszynę do wykonywania czterech podstawowych działań, należało – używając rękojeści znajdującej się na wózku – ustawić go w takiej pozycji, aby w otworze znajdującym się z lewej strony wózka pojawiło się słowo *Species*. Następnie dwie rękojeści znajdujące się po bokach maszyny przesuwano się w górę, jeśli chcieliśmy wykonywać dodawanie i mnożenie (przez otwór widoczny był wtedy napis *Additio-Multiplicatio*) lub w dół, by wykonywać odejmowanie i dzielenie (w okienku pojawiał się napis *Substractio-Divisio*).

Aby dodać lub odjąć dwie liczby, pierwszą z nich umieszczano w górnym skrajnym rzędzie kółek, a drugą w pierwszym rzędzie kół znajdującym się na wózku. Działanie wykonywane było za pomocą głównej korby, umieszczonej na środku wózka. Maszyna miała wbudowany „hamulec”, dzięki któremu niemożliwe było przekręcenie korby zbyt daleko. Wynik pojawiał się w górnym skrajnym rzędzie zastępując pierwszą z dodawanych liczb. Dzięki temu można było dodawać ciągi liczb bez konieczności wprowadzania wyników częściowych (podczas obliczeń dotychczasowa suma znajdowała się zawsze w pierwszym od góry rzędzie). Maszyna miała również licznik wskazujący ile liczb dotychczas dodano, co pozwalało na kontynuowanie dodawania ciągu liczb bez pomyłki dodania którejś dwa razy lub pominięcia jej.

Aby pomnożyć dwie liczby należało jedną z nich umieścić na „rzędzie korbowym” wózka, a drugą na samym dole maszyny, natomiast w rzędzie skrajnym górnym powinny pojawić się same zera. „Potym posuwa się wózek z prawej ku lewej stronie, rękojeścią na lewej stronie wózka znajdującą się, aż do końca maszyny. Opuściwszy rękojeść, wózek sam nazad powraca, i stanie na miejscu z natury zagadnienia wypadającym. W tem miejscu zaczyna się obrót korbą główną, w ciągu obrotu wózek sam od iedney do drugiej liczby ku prawej stronie, aż do końca maszyny nazad posuwa się; tamże działanie dopóty trwa, dopóki głos dzwonka nie ostrzeże o ukończonym działaniu.”¹¹ Wtedy iloczyn pojawiał się w górnym skrajnym rzędzie. Autor w swym wystąpieniu stwierdza, że jego maszyna ma pewną wyższość nad mnożeniem sposobem pisemnym, pozwala bowiem na obliczanie sumy dowolnej liczby iloczynów bez konieczności oddzielnego dodawania obliczonych wcześniej iloczynów. Wystarczy wykonywać poszczególne mnożenia (zakończenie operacji mnożenia dwóch

liczb sygnalizowane jest za pomocą dzwonka) bez „zerowania” po każdym działaniu skrajnego górnego rzędu kół. Wtedy ostateczny wynik, czyli suma wszystkich iloczynów, znajdzie się z skrajnym górnym rzędzie.

Aby podzielić dwie liczby, umieszczano się dzielną w rzędzie górnym, a dzielnik w „rzędzie korbowym” na wózku oraz „zerowało” się skrajny dolny rząd. Następnie należało tak przesunąć w lewo wózek, aby dzielnik znalazł się pod dzielną. Wtedy kręciło się korbą tak długo, aż dzielna nie stała się mniejsza niż dzielnik. „Natenczas przyciska się palcem kłapa w wózku na prawej stronie znajdująca się; wózek przez to posuwa się sam ku prawej stronie, gdzie dalsze działanie aż do końca roboty podobny sposobem odbywa się.”¹² Działanie kończyło się, gdy dzielnik w wózku przesunął się w prawo poza dzielną („minął” dzielną). Wtedy iloraz znajdował się w skrajnym dolnym rzędzie. Jeśli dzielenie wykonało się bez reszty, to w skrajnym górnym rzędzie znajdowały się same zera, w przeciwnym wypadku licznik ułamka umieszczony był na kółkach pierwszego rzędu (skrajnego górnego), a mianownik na rzędzie korbowym na wózku¹³.

Ciekawa była również metoda obliczania pierwiastków z liczb. Aby wyciągnąć pierwiastek kwadratowy z liczby należało za pomocą rękojeści znajdującej się po prawej stronie maszyny przesunąć tak wózek maszyny w prawo, aby w okienku na wózku słowo *Species* zmieniło się na *Radius*. „Otwory liczbowe drugiego rzędu wózka, przeto odkrywają się, a machina stała się usposobioną do wyciągania pierwiastków.”¹⁴ Ponadto trzeba było tak ustawić rodzaj wykonywanego działania przesuwając dwie rękojeści znajdujące się po bokach maszyny w górę, aby przez otwór widoczny był napis *Extractio* oraz zdjąć główną korbę maszyny z wózka. W rzędzie górnym ustawiało się liczbę, z której chcemy obliczyć pierwiastek oraz „zerowało się” oba rzędy kół na wózku tak, aby w pierwszym rzędzie znalazły się same zera, a w drugim tylko na miejscu jednościcyfra 1 (w pozostałych zera). Przy otworach w górnym skrajnym rzędzie umieszczone zostały co dwa kółka liczbowe specjalne znaki, dzielące wprowadzoną liczbę na „przedziały”. Te same znaki znajdowały się na korbkach na wózku, czyli każdym dwóm kółkom w pierwszym rzędzie odpowiadała jedna korbka, np. pierwsza korba z prawej strony odpowiada jednościom i dziesiątkom, druga setkom i tysiącom itd. Ostatni znak przy wprowadzonej liczbie wskazywał od której korby rozpocząć działanie. Na przykład, jeśli liczba, z której chcemy wyciągnąć pierwiastek to 144, wtedy rozpoczynamy działanie od korby drugiej. Wskazaną w ten sposób korbę rozkładało się a wózek przesunęło się w lewo tak, by korba znalazła się pod ostatnim (od lewej) znakiem wprowadzonej liczby. Obrót korbą odbywał się tak długo aż liczba w rzędzie górnym nie okazała się mniejsza lub równa liczbie znajdującej się przy korbie na drugim rzędzie wózka. Potem zamykało się tę korbę i otwierało korbę na prawo od niej a po naciśnięciu palcem na kłapę po prawej stronie wózka, wózek

przesuwał się w prawo aż rozłożona korba zatrzymała się przy znaku poprzedniego przedziału. Działanie powtarzało się aż do ostatniego przedziału. Po zakończeniu działania, jeżeli wprowadzona na początku liczba była kwadratem, to miejsce tej liczby zajmowały zera, a wynik pojawiał się na rządzie korbowym wózka. W przeciwnym przypadku „oprócz pierwiastku całkowitego, wypada jeszcze ułamek, a mianowicie, licznik na rządzie skrajnym górnym, a mianownik w rządzie drugim w wózku”¹⁵.

Maszyny tej można było używać również do przybliżonego obliczania pierwiastków kwadratowych. Na przykład, aby obliczyć pierwiastek z liczby 7 z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku, należało wypełnić zerami dwa „przedziały”, czyli 4 kółka, a liczbę 7 stawić na piątym kółku pierwszego rzędu. Maszyna zaopatrzona była we wskazówkę, która pozwalała zaznaczyć „przecinek”, aby zapamiętać ile cyfr w wyniku reprezentuje ułamek. Działanie rozpoczynano od trzeciej od prawej korby i wykonywano zgodnie z zamieszczonym powyżej opisem. Po wykonaniu działania jako wynik pojawiał się ciąg cyfr 2 6 4. Używając ustawionej wskazówki odczytujemy wynik 2,64. „Oprócz tego jeszcze znajdzie się na rządzie skrajnym na górnym, liczba 304 iako licznik, a na rządzie drugim w wózku 529 iako mianownik zwyczajnego ułamku iedności dziesiątney pierwszego porządku.”¹⁶

Stern zaprojektował w swojej maszynie również sposób na sprawdzenie wyników. Do tego celu służyły rzędy kółek oznaczone znakami rzymskimi. Omówimy zasadę tego sprawdzenia na przykładzie mnożenia (podobnie postępuje się w przypadku dzielenia). Ponieważ podczas wykonywania działania znikają kolejne cyfry czynnika zamieniając się na zera, więc dla zapamiętania tego czynnika ustawiamy go w rządzie oznaczonym cyframi rzymskimi ponad rzędem skrajnym dolnym. Po ukończeniu działania iloczyn znajduje się w rządzie skrajnym górnym, a na dole znajdują się zera. Zatem zera przesuwają się na 9 na tylu miejscach na ilu znajdują się zapamiętane cyfry czynnika z wyjątkiem skrajnej prawej cyfry, która pozostaje zerem. Dla przeprowadzenia próby przesuwamy wózek w lewo aż do ostatniej cyfry 9, „obrót odbywa się tu dopóty” w miejscu 9 nie pojawi się ta sama cyfra co w rządzie oznaczonym cyframi rzymskimi. Po naciśnięciu klapy wózek przesuwamy się o jedno miejsce w prawo i powtarzamy postępowanie aż w dolnym rządzie ukaże się czynnik, który zniknął w trakcie obliczeń. Jeżeli w wyniku tego sprawdzenia w rządzie skrajnym górnym pokaże się tyle zer, ile jest cyfr znaczących w skrajnym dolnym rządzie, a cyfry występujące po zerach są takie same jak cyfry na wózku, to otrzymany wynik jest poprawny. W przypadku dzielenia postępuje się podobnie tyle tylko, że do zapamiętania cyfr dzielnej, które zmieniają się w czasie obliczeń, używa się kółek oznaczonych cyframi rzymskimi znajdujących się powyżej cyfr dzielnej.

Stern spotykał się z licznymi dowodami uznania. W dniu 9 lutego 1817 r. został członkiem-korespondentem Warszawskiego Królewskiego Towarzystwa

Przyjaciół Nauk. Pomimo niechęci części członków Towarzystwa do przyjęcia do ich grona starozakonnego¹⁷, 4 lutego 1821 r. został on członkiem przybranym, a 3 stycznia 1830 r. członkiem czynnym. Stern był pierwszym członkiem tego Towarzystwa wyznania mojżeszowego.

Wynalazki Sterna, w tym maszyny liczące, nigdy nie weszły do produkcji, być może ze względu na ich złożoną budowę wymagającą dużej precyzji wykonania. Jednak już sam Stern zauważył, że: „[...] żaden wynalazek, by na pozór żadnego użytku nie przynoszący lekce ważonym być nie powinien. Bo często zdarza się, że ci, którzy pierwsi wpadli na jaką ważną prawdę w przyrodzeniu, nie dojrzeli od razu stosunków jej z innymi, ani też potrafili wyrachować mnóstwa korzyści, która z niej późna dopiero potomność wyciągnęła.”¹⁸.

Słowa wypowiedziane przez Sterna sprawdziły się w przypadku jego maszyn liczących. W 1844 r. znany szwedzki producent arytmometrów Willgodt T. Odhner zapoznał się z pomysłami Sterna i wykorzystał je później w swoich konstrukcjach.

3. CHAIM ZELIG SŁONIMSKI

Kontynuatorem prac Sterna był jego zięć Chaim Zelig Słonimski (1810–1904). Urodził się on 31 marca 1810 r. w Białymstoku w ubogiej rodzinie Jakuba – uczonego hebraisty, który zajmował się domokrażnym handlem. W rodzinnym mieście Chaim otrzymał wykształcenie religijne. Jako samouk studiował prace z zakresu nauk ścisłych (interesował się szczególnie matematyką i astronomią). W wieku 17 lat ożenił się i zamieszkał ze swoją żoną w Zabłudowie. Żona Słonimskiego, Reize Riva, zarabiała na utrzymanie rodziny prowadząc w Zabłudowie mały sklepik. W tym czasie Chaim na poddaszu domu teścia studiował samodzielnie książki filozoficzne, astronomiczne i matematyczne. W 1831 r. rozwiódł się i powrócił do Białegostoku. W 1842 r. poślubił Sarę, najmłodszą córkę Abrahama Sterna i osiadł w Warszawie. W 1861 r. został inspektorem Szkoły Rabinów w Żytomierzu i jednocześnie cenzorem druków hebrajskich. W 1862 r. założył czasopismo w języku hebrajskim „Jutrzenka”, dla którego pisał artykuły popularnonaukowe prezentując społeczności żydowskiej między innymi najnowsze osiągnięcia techniki¹⁹. Zmarł 15 maja 1904 r. w Warszawie.

Słonimski był człowiekiem o wszechstronnych zainteresowaniach. Napisał w języku hebrajskim książkę *Podstawy wiedzy* zawierającą podstawowe informacje z zakresu matematyki czystej i stosowanej²⁰. W r. 1834 opublikowana została jej pierwsza część dotycząca arytmetyki. Rok później opublikowano jego książkę *Kometa*, w której w przystępny sposób objaśnił m.in. prawa Keplera oraz opisał komety Halleya. Sukces tej książki skłonił go do napisania wydanej w roku 1838 pracy z astronomii pt. *Dzieje nieba*. Oprócz zagadnień



Ryc. 2. Ch. Z. Słoniński, autor nieznany, Wikipedia.

z zakresu matematyki, astronomii i fizyki, Słonińskiego interesowały również obliczenia związane z kalendarzem hebrajskim. Napisał też biografię von Humboldta, którego poznał w Berlinie w 1844 r.²¹

Chaim Zelig Słoniński był, podobnie jak jego teść A. Stern, wszechstronnym wynalazcą. Stworzył między innymi technologię cynowania naczyń żelaznych, a w 1856 r. wynalazł „urządzenie elektromechaniczne do przesyłania czterech telegramów na jednym drucie”²². Zaprojektował również dwie maszyny liczące.

Już w roku 1840 wymyślił pierwszą maszynę ułatwiającą dodawanie i odejmowanie. Swoją drugą maszynę wykonującą mnożenie przedstawił w sierpniu 1844 r. Berlińskiej Akademii Nauk. 4 kwietnia 1845 r. został członkiem Cesarzowskiej Akademii Nauk. Podczas seminarium w Sankt Petersburgu zaprezentował zasadę działania maszyny, opartą na odkrytym przez siebie twierdzeniu z zakresu teorii liczb²³.

TWIERDZENIE SŁONIMSKIEGO

„Niech Z będzie dowolną liczbą, i oznaczymy cyfry tej liczby, licząc od prawej do lewej przez $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$. Jeśli za liczbę Z napiszemy jej wielokrotności

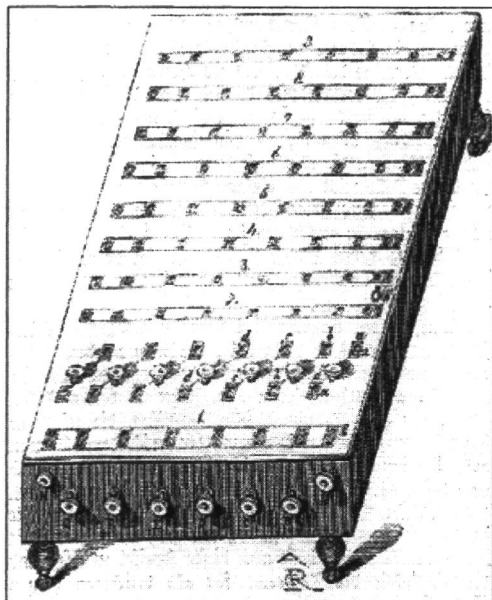
2Z, 3Z, 4Z, 5Z, 6Z, 7Z, 8Z i 9Z, w taki sposób, że jedności, dziesiątki, setki itd. będą w pionowych liniach, jasne jest, że ostatnia linia pionowa, ta która przechodzi przez ostatnią cyfrę z_1 liczby Z, będzie zawierać drugie cyfry iloczynów $2z_1, 3z_1, 4z_1, 5z_1, 6z_1, 7z_1, 8z_1, i 9z_1$. Ale tak nie będzie dla wszystkich pozostałych (innych) pionowych linii. Ta np. (linia), która przechodzi przez z_{23} , nie będzie zawierać ciągu drugich cyfr iloczynów $2z_{e3}, 3z_{e3}, 4z_{e3}, 5z_{e3}, 6z_{e3}, 7z_{e3}, 8z_{e3}, i 9z_{e3}$. Aby otrzymać cyfry tej linii, należy dorzucić (dodać) do ciągu drugich cyfr wielokrotności z_e ciąg *dopełniający* (uzupełniający), który będzie zależeć od cyfr, które następują po z_e w liczbie Z. Otóż, jakie bądź będą ostatnie cyfry, istnieje tylko dwadzieścia osiem różnych ciągów dopełniających, i dorzucając (dodając) do ciągu drugich cyfr wielokrotności z_{e3} te z 28 ciągów dopełniających, które odpowiadają cyfrom, które w liczbie Z następują po z_{e3} , otrzymamy cyfry linii pionowej, która przechodzi przez z_{e3} .²⁴

W oparciu o to twierdzenie Słomski ułożył tablicę składającą się z 280 kolumn, w każdej kolumnie znajdowało się 9 cyfr. Tablica ta stała się podstawą zbudowanego przez niego urządzenia.

Maszyna Słomskiego to pudełko o wymiarach 40cm × 33cm × 5cm. Cyfry wspomnianej powyżej tabeli zostały wygrawerowane na walcach, które stanowiły główną część maszyny. Walce te mogły obracać się wokół własnej osi oraz wzdłuż niej. Obok nich znajdowały się dwa mniejsze walce. Główne walce poruszane były wzdłuż własnej osi za pomocą specjalnej dźwigni, którą przekręcało się odpowiednie śruby znajdujące się na obudowie. Na obudowie znajdowały się również pokrętła do nastawiania mnożnika oraz 11 rzędów okienek. Gdy w pierwszym od dołu rzędzie ustawiono mnożną, wtedy w rzędzie drugim i trzecim pojawiały się liczby i litery, które stanowiły kod mówiący operatorowi, którą śrubę należy obrócić, aby otrzymać wynik. Po wykonaniu obrotu w okienkach rzędów od czwartego do jedenastego pojawiały się wyniki będące iloczynami mnożnika przez kolejne liczby naturalne poczynając od 2, tzn. w rzędzie 4 znajdował się iloczyn mnożnika przez 2, w rzędzie 5 iloczyn mnożnika przez 3 itd. Dzięki temu można było obliczyć iloczyn mnożnika przez dowolną liczbę, oczywiście używając do tego celu kartki i ołówka.

Sposób korzystania z maszyn nie był prosty, a samą konstrukcję można uznać za prymitywną. Podstawowa zasługa jej twórcy to sformułowanie i zastosowanie twierdzenia, na którym opierała się konstrukcja maszyny, a które było wykorzystywane również przez innych twórców.

Ocena maszyny Słomskiego sporządzona przez akademików Fussa i Bunjankowskiego była bardzo pozytywna. Podkreślali oni, że konstrukcja maszyny jest, inaczej niż to bywa zazwyczaj w przypadku arytmometrów, oparta na solidnych podstawach teoretycznych. Ponadto prostota jej konstrukcji powodowała, że maszyna była tania, w przeciwieństwie do innych wykonujących te same działania maszyn liczących z tego okresu. W listopadzie 1845 r.



Ryc. 3. Maszyna Słomkowskiego,
rycina zamieszczona w „Illustrierte Zeitung”, 1845, Vol. 5, No. 110, s. 91.

Słomkowski otrzymał dziesięcioletni patent na swój wynalazek oraz nagrodę Carskiej Akademii Nauk drugiego stopnia. Niestety, maszyna Słomkowskiego nie zachowała się do naszych czasów.

4. IZRAEL STAFFEL

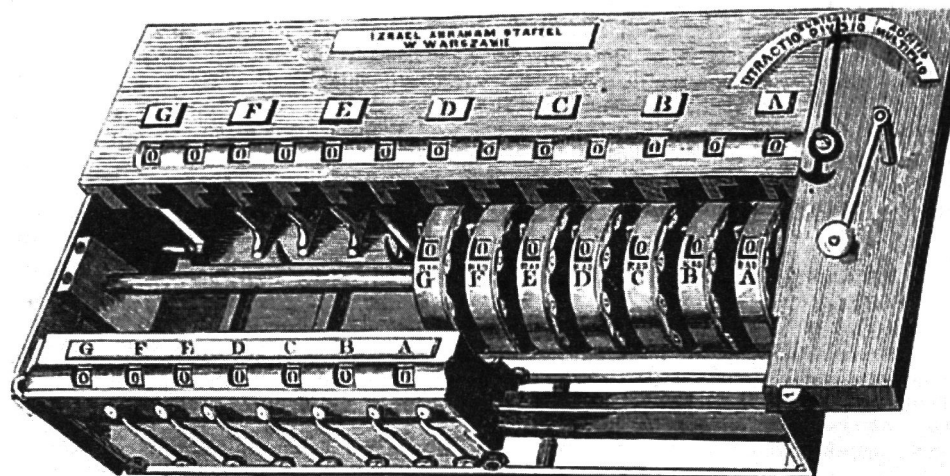
Konstrukтором maszyn liczących był również warszawski zegarmistrz Abraham Izrael Staffel (1814–1885). Urodził się w Warszawie w ubogiej rodzinie żydowskiej. Edukację szkolną zakończył na poziomie szkoły elementarnej wyznania mojżeszowego i został oddany na praktykę do zegarmistrza. Samodzielnie nauczył się języka polskiego, co umożliwiło mu czytanie polskich książek naukowych i technicznych. W wieku 19 lat otrzymał koncesję i otworzył własny warsztat przy ulicy Marszałkowskiej w Warszawie a po kilku latach przeniósł jego siedzibę na ulicę Grzybowską, gdzie pracował do końca życia. Chociaż był zdolnym zegarmistrzem jego warsztat nie prosperował najlepiej. Przez całe życie Staffel, pomimo międzynarodowego uznania dla swych wynalazków, borykał się z problemami finansowymi. Zmarł w ubóstwie, po długiej chorobie, w 1885 r.



Ryc. 4. Izrael Abraham Staffel,
podług fot. Brandla, rycina zam. w „Kłosach”, t. 40, nr. 1041, 1885, s.386.

Staffel jest autorem wielu bardzo ciekawych wynalazków. Zaprojektował on między innymi „przyrząd, kontrolujący kursa dorożek, czas ich trwania, oraz godziny w których się odbyły, co wszystko najmujący dorożkę sam bezwiednie przy wsiadaniu i wysiadaniu dokładnie oznacza”²⁵. W 1851 r. na wystawie w Londynie zaprezentował probierz. Urządzenie to, działające w oparciu o prawo Archimedesesa, pozwalało na oznaczanie składu ilościowego metali w stopach. Mogło być ono wykorzystywane, na przykład, do badania próby metali szlachetnych, czy też sprawdzania autentyczności monet i medali. Staffel zaprojektował również: przyrząd do niszczenia szarańczy, wiatrowskaz (mierzący również siłę wiatru), urządzenie do drukowania dwukolorowych znaczków bez konieczności zmiany prasy oraz urządzenie zabezpieczające przed fałszowaniem podpisów, liczb i telegrafów. Zbudował też szereg wentylatorów, a właściwie systemów wentylacyjnych składających się z cylindra oraz zamontowanego w nim specjalnego wentylatora. Jego „przyrządy do odświeżania powietrza” zostały zainstalowane w kilku budynkach, m.in. w szpitalu Św. Ducha i w Zamku Królewskim w Warszawie oraz w pałacu w Skierniewicach. W 1856 r. skonstruował maszynę „zapobiegającą fałszowaniu biletów bankowych i innych papierów publicznych”. Pracował też nad wiatrakami pracującym w pozycji poziomej oraz wykonał zegar horyzontalny. Był konstruktorem „nader dowcipnej kolei podziemnej idącej z kuchni do pokoju jadalnego”²⁶.

Abraham Staffel skonstruował serię maszyn liczących. W roku 1845 po raz pierwszy przedstawił swoją maszynę liczącą na wystawie przemysłowej w Warszawie. Wykonywała ona cztery podstawowe działania oraz podnosiła do potęgi i wyciągała pierwiastki kwadratowe. Ponieważ żaden egzemplarz maszyny nie zachował się do naszych czasów, o jej budowie i działaniu możemy wnioskować tylko z rycin i opisów, jakie pojawiały się w ówczesnej prasie oraz w sprawozdaniach z wystaw.



Machina rachunkowa I. A. Staffla w Warszawie.

Ryc. 5. Machina rachunkowa I.A. Staffla w Warszawie,
Rycina zamieszczona w „Tygodniku Ilustrowanym”,
t. VII, nr 192, Warszawa 30 maja 1863

Mechanizm maszyny Staffela umieszczony został w skrzynce o wymiarach 20cali \times 10cali \times 8cali. Na maszynie znajdowały się trzy rzędy okienek: na górze umieszczono 13 okienek, w których ukazywały się cyfry wyniku, poniżej znajdował się walec z osadzonymi na nim siedmioma krążkami (cyldrami), na których znajdowały się okienka do ustawiania liczb, a w dolnej części maszyny znajdowało się 7 okienek, które służyły do ustawiania cyfr mnożnika lub też do pokazywania wyniku dzielenia. Maszyna zaopatrzona była również w korbkę oraz wskazówkę do ustawiania działań, obok której znajdowały się napisy *extractio*, *subtractio/divisio* oraz *additio/multiplio*.

Była to bardzo, jak na owe czasy, nowoczesna konstrukcja. Pozwalała ona bowiem nie tylko wykonywać szereg prostych działań, ale również obliczała bardziej skomplikowane wyrażenia postaci²⁷:

$$\frac{a + b + c - d - e + (g \times h) - m^2}{n}$$

Obliczenie powyższego wyrażenia powinno rozpocząć się od umieszczenia liczby a na krążkach walca (środkowej części maszyny) oraz przekręcenia wskazówki działań na pole *subtractio/divisio*. Po obrocie korbką na walcu umieszcza się liczbę b (wskazówka działań pozostaje bez zmian), a po kolejnym obrocie korby na walcu ustawia się liczbę c . Wtedy obrót korbki spowoduje pojawienie się w górnym rzędzie okienek sumy liczb $a+b+c$. Następnie należy przesunąć wskazówkę działań na pole *subtractio/divisio* i umieszczając kolejno liczby d i e na walcach kręcić korbką w stronę przeciwną niż w przypadku dodawania. Częściowy wynik naszego wyrażenia pojawi się wtedy w pierwszym rzędzie okienek. Teraz przesuwamy wskazówkę działań na pole *subtractio/divisio* i przystępujemy do obliczenia iloczynu znajdującego się w nawiasie wyrażenia. W tym celu liczbę g ustawia się na walcu, a liczbę h w dolnym rzędzie (siedmiu) okienek. Następnie należy kręcić korbką tak długo, aż w dolnych okienkach maszyny (tam gdzie umieszczono liczbę h) nie pojawi się ciąg zer. Wtedy w okienku wynikowym ukaze się wynik działania $a + b + c - d - e + (g \times h)$. Dalej, po ustawieniu wskazówki na pole *subtractio/divisio* obliczamy iloczyn $m \times m$ (podobnie jak iloczyn $g \times h$) i otrzymujemy wynik będący rozwiązaniem licznika naszego wyrażenia. Teraz wystarczy tylko wykonać dzielenie przez n , rozpoczynając od umieszczenia liczby n na walcu oraz ustawieniu samych zer w dolnym rzędzie okienek (wskazówka działań nadal znajduje się w polu *subtractio/divisio*). Po przekręceniu korbką w dolnym rzędzie zera zmienią się na szukany iloraz (wynik końcowy naszego obliczenia), a w górnym rzędzie okienek pozostanie liczba będąca wartością licznika naszego wyrażenia.

Maszyna pozwalała również na wyciąganie pierwiastków kwadratowych z liczb. W tym celu należało w górnym rzędzie okienek umieścić liczbę, której pierwiastek chcemy obliczyć, na walcu ustawić zera, w dolnym rzędzie zera i jedną jednostkę (tzn. liczbę jeden umieścić w skrajnym prawym oknie, a w pozostałych zera), natomiast wskazówkę działań umieścić w polu *extactio*²⁸. Po stosownych działaniach „*walcem, prostokątem dolnym*²⁹ i *zasuwkami przy tychże, którego opis przekraczały zakres pobieżnego artykułu*” na walcu ukazuje się wynik. Autor artykułu opisującego maszynę w „Tygodniku Ilustrowanym” pisze, że „*postępowanie z maszyną w wyciąganiu pierwiastków nie przedstawia trudności, a na przyrządzie w naturze okazane bardzo łatwe jest do pojęcia*.”³⁰

Maszyna miała również kilka ciekawych udogodnień. Podczas dzielenia, gdy rezultat dzielenia nie był liczbą całkowitą, wartość licznika ułamka będącego wynikiem odczytywało się z górnego rzędu okien, a wartość mianownika z rzędu dolnego. Maszyna wyposażona była również w dzwonek sygnalizujący błąd, gdy odjemnik był większy od odjemnej (wynik powinien być liczbą ujemną)

oraz gdy podczas dzielenia liczba, przez którą dzielimy (dzielnik), jest większa niż dzielna.

Staffel przedstawił swoją maszynę na przynajmniej trzech wystawach. Po raz pierwszy, jak już wspomniano, na wystawie w Warszawie w r. 1845, gdzie otrzymał za nią srebrny medal. Ówczesna prasa podkreślała, że maszyna ta w znacznym stopniu skraca obliczenia³¹. Rok później została ona pokazana w Rosyjskiej Akademii Nauk, gdzie przyrząd został przedstawiony Bunyakowskiemu i Jacobiemu³², ówczesnym autorytetom w dziedzinie maszyn liczących. Uczeni ocenili maszyną bardzo pozytywnie, porównując ją z maszyną Słomskiego, której konstrukcja ich zdaniem wymagała jeszcze wiele pracy. 6 października 1846 r. w Petersburgu Staffel otrzymał za swoją maszynę nagrodę w wysokości 1500 rubli. Nie opatentował jednak maszyny³³. Po raz trzeci Staffel zaprezentował swoją maszynę w r. 1851, na pierwszej światowej wystawie w Londynie ukazującej osiągnięcia na wszystkich płaszczyznach działalności gospodarczej i kulturalnej. Wydzielonych zostało 30 klas tematycznych tej wystawy. Maszyna Staffela znalazła się w klasie X razem z innymi maszynami liczącymi, m.in. arytmetrem Xaviera Thomasa de Colmar. Przyznano dwa medale: za maszynę Staffela i za maszynę Xaviera Thomasa de Colmar, ze wskazaniem na konstrukcję Staffela, która zdaniem jury wyróżniła się dokładnością, szybkością działania i prostotą obsługi.

Pod koniec życia Staffel przekazał swój wynalazek Rosyjskiej Akademii Nauk. Po upadku caratu zbiory akademii uległy częściowemu zniszczeniu. Być może dlatego maszyna Staffela nie zachowała się do dziś.

Na wspomnianej wystawie w Londynie Steffel prezentował również urządzenie służące do dodawania i odejmowania ułamków o mianownikach 10, 12, 15. Również ta maszyna nie zachowała się i niewiele o niej wiadomo.

Siedem lat później, w r. 1858, Staffel otrzymał na wystawie w Warszawie kolejną nagrodę. Tym razem za maszynę liczącą, którą nazwał „liczebnicą”. Była to maszyna siedmiocyfrowa służąca do dodawania i odejmowania. „Tygodnik Ilustrowany” z 6 lipca 1867 r. podaje następujący opis tego urządzenia (zamieszczając przy nim rycinę):

„Na wierzchniej płycie widzimy siedem gałeczek, w podłużnych rowkach tejsze płyty osadzonych, w których gałeczki te do woli posuwać się dają. Obok każdego rowka wryte są liczby kolejne od zera aż do dziewięciu. Z każdej takiej gałeczki wystaje mały sztyfcik, służący za skazówkę do jakiej liczby gałeczka posunięta została. Gałeczki te dają się lekko posuwać, od zera aż do dziewięćki, lecz za naciśnięciem takowej, gałeczka ta zachwyca walczyk liczbowy (pod płytą umieszczony) i obraca go o tyle jednostek o ile gałeczka posunięta została.

Nad każdym walczykiem od prawej strony ku lewej, wryte są napisy; jednostki, dziesiątki, sta, tysiące itd.

Napis u góry wyrazu *additio* oznacza, że posuwaniem gałeczki do góry odbywa się dodawanie, zaś napis *subtractio* oznacza, że posuwając gałeczki na dół odbywa się odejmowanie.

Po prawej stronie tego przyrządu wystaje rolka karbowana, za pomocą której, za jednym pokręceniem takowej, wszystkie liczby w okienkach jednocześnie nastawiają się na zera.³⁴

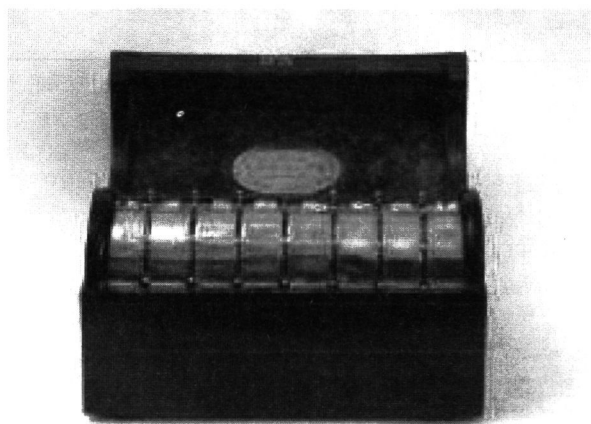


Ryc. 6. Liczebnica mechaniczna, wynalazku p. Staffla w Warszawie, rycina zamieszczona w „Tygodniku Ilustrowanym”, t. XVI seria I, Warszawa 6 lipca 1867, s. 44.

Obsługa tego urządzenia była zatem bardzo prosta. Dodawanie wykonywano po prostu przez przesuwanie gałeczek w górę o wartości odpowiadające cyfrom dodawanych liczb. Nie ma przy tym znaczenia czy rozpoczynamy od rzędów najniższych, czy też najwyższych. Odejmowanie odbywało się przez przesuwanie gałeczek w dół.

Jeden egzemplarz tej maszyny, porównywanej często w prasie z rosyjskim liczydłem, znajduje się w Muzeum Narodowym w Brunszwiku.

Prawdopodobnie jedyny zachowany w Polsce egzemplarz maszyny liczącej Staffela znajduje się w Muzeum Techniki w Warszawie. Skrzynka, w której znajduje się mechanizm ma wymiary 26cm × 14cm × 16cm. Wewnątrz pokrywy znajduje się tabliczka z wrytym napisem „Maszyna Rachunkowa Wynaleziona i Wykonana przez Izraela Abrahama Staffel Zegarmistrza w Warszawie Roku 1842”. Znajdujące się wewnątrz maszyny koła o średnicy 8 cm zostały osłonięte blachą, w której wycięto szczeliny. W każdej ze szczelin przesuwają się osadzone na tych kołach bolce (na każdym z kół znajduje się 10 takich bolców). U góry wycięto również siedem okienek służące do nastawiania liczb i odczytywania wyników, a zatem maszyna mogła dawać wyniki siedmiocyfrowe.



Ryc. 7. Maszynka licząca Izraela Abrahama Staffela, 1842, Muzeum Techniki w Warszawie.

Maszyna wykonuje dodawanie i odejmowanie. Obsługa jej jest bardzo podobna do obsługi „liczebnicy”. Aby dodać dwie liczby, na przykład 537 i 298, należy – posługując się bolcami – ustawić pierwszą z nich (537) w okienkach maszyny, a następnie przesunąć do przodu poszczególne koła maszyny o tyle bolców, ile wskazują cyfry drugiej liczby, tzn. skraje prawe koło przesunąć o 8 bolców, drugie od prawej koło o 9 bolców, a trzecie (odpowiadające setkom) o 2 bolce. W okienkach ukaże się wynik. Przy odejmowaniu przesuwanie kół odbywa się w przeciwnym kierunku. Maszynka posiada również funkcje przeliczania złotych i rubli.

ZAKOŃCZENIE

Powstaje pytanie, dlaczego nie produkowano seryjnie urządzeń liczących zaprojektowanych przez takich wynalazców, jak Stern, Słonimski czy Staffel, pomimo, że zdobywały one liczne nagrody i były bardzo pozytywnie oceniane przez znawców. Dlaczego nie weszły one do powszechnego użycia chociażby w bankach, fabrykach, czy instytucjach naukowych? Jednym z powodów mogła być złożona, a tym samym droga, konstrukcja tych maszyn. Produkcja pojedynczych egzemplarzy stwarzała problemy techniczne i była kosztowna, co skutkowało wysokimi cenami tych maszyn. Ponieważ ich twórcy działali w obszarze zaboru rosyjskiego, nie mieli pełnej swobody działania, a ich własne, często skromne, zasoby finansowe nie pozwalały na samodzielną realizację większych projektów*.

Bibliografia

1. Apokin I.A.: *J. Jakobson's Machine*, [w:] *Computing in Russia*, G. Trogemann, W. Ernst, A.Y. Nitussov (Eds.). Stuttgart, 2002 Vieweg, s. 27–29.
2. Apokin I. A.: *The Slonimski Theorem and Its Implementation in Simple Multiplication Devices*, [w:] *Computing in Russia*, G. Trogemann, W. Ernst, A.Y. Nitussov (Eds.). Stuttgart, 2002 Vieweg, s. 29–31.
3. Crellé A.L.: *Démonstration d'un théorème de Mr. Slonimsky sur le nombres, avec une application de ce théorème au calcul de chiffres*. „Journal für die reine und angewandte Mathematik”, Vol. 28 1844, pp. 184–190.
4. Detlefsen M.: *Polnische Rechenmaschinenerfinder des 19. Jahrhunderts*. „Wissenschaft und Fortschritt”, Vol. 26, No. 2, pp. 86–90, 1976.
5. Izrael Abraham Staffel. „Kłosy”, Vol. 40, 1885, No. 1041, pp. 385–386.
6. K. Wł. W.: *Abraham Stern*. „Tygodnik Ilustrowany”, Vol. 9, No. 248, 25 Czerwiec 1864.
7. *Liczebnica mechaniczna*. „Tygodnik Ilustrowany”, t. XVI seria I, Warszawa 6 lipca 1867, s.44.
8. *Machina rachunkowa p. Izraela Abrahama Staffel z Warszawy*. „Tygodnik Ilustrowany”, t. VII, nr 192, Warszawa 30 maja 1863 s. 207.
9. Radovskii M.I.: *Izobratel arifmeticheskoi mashiny Z.Ja. Slonimskii*. „Vestnik Akademii Nauk SSSR”, Vol. 10 1952, pp. 115–120,
10. Sawicka J., Sawicki K.: *Abraham Stern (1769–1842) – racjonalizator i wynalazca*. „Przegląd Geodezyjny”, Vol. 12, No. 1, 1956, s. 27–30.
11. *Selig Slonimski und sein Recheninstrument*. „Illustrierte Zeitung”, Vol. 5, No. 110, pp. 90–92, 1845.
12. Shatzky J.: *Chaim Zelig Slonimski: Unknown Attempt tp takeout a patent on a Calculating Machine in Washington (in Yiddish)*. „YIVO Bleter – Journal of the Yiddish Scientific Institute”, Vol. 38, pp. 342–343, 1954
13. Slonimsky Ch.Z.: *Allgemeine Bemerkungen über Rechenmaschinen und Prospectus eines neu erfundenen Rechen-Instrumente*, „Journal für die reine und angewandte Mathematik”, Vol. 30 1846, pp. 215–229,
14. *Staffel's Calculating Machine*. „The Illustrated London News, Exhibition Supplement”, Vol. 19, No. 518, September 30, 1851
15. Stern A.: *Rozprawa o machinie arytmetycznej*, „Roczniki Warszawskiego Królewskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk”, Vol. 12, 1818, s. 106–127.
16. Stern A.: *Rozprawa o trzech nowych maszynach*. „Roczniki Warszawskiego Królewskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk”, Vol. 13, , 1820, s. 42–55.

* Składam serdeczne podziękowania pani **mgr Marlenie Solak** z Biblioteki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu za pomoc w dotarciu do tekstów źródłowych.

Dziękuję również autorom strony internetowej *Polish Contributions to Computing* (<http://chc60.fgcu.edu/EN/default.aspx>), która zainspirowała mnie do zajęcia się tematem maszyn liczących w Polsce.

17. Stokłosa J.: *Abraham Stern – pierwszy polski konstruktor maszyn liczących*, „Informatyka”, Vol. 21, No. 2–3, 1986, s. 31–32.
18. Trzęsicki K.: *Sąsiedzi, których już nie ma: Chaim Zelig Słonimski*, [w:] W. Pawluczuk (red.) *Polska i jej sąsiedzi*, Łomża 2006, s. 289–307.
19. Winnicka H.: *Zapomniany wynalazca*, Warszawa 1962.
20. Wyka E.: *Mechanik warszawski Abraham Izrael Staffel (1814–1885) i jego wynalazki*. Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, maszynopis.

Przypisy

¹ Nieśwież od 1533 r. pozostawał pod panowaniem magnackiej rodziny Radziwiłłów.

² Staszic szczególnie był zainteresowany wynalazkami mającymi zastosowanie w rolnictwie.

³ Dokładny opis konstrukcji i zasady działania wózka topograficznego oraz krótkie opisy pozostałych wynalazków znajdują się w [18].

⁴ Szkoła ta była jedyną żydowską szkołą średnią w Królestwie Polskim. Przedmiotów ogólnych nauczano w niej po polsku.

⁵ Kazimierz Trzęsicki w [18] podaje, że w modelu tym wystarczyło wprowadzić dane, a operacje wykonywał mechanizm zegarowy.

⁶ Na portrecie Sterna pędzla Antoniego Blanka znajdującym się w Muzeum Narodowym w Poznaniu (por. ryc. 1) widać najprawdopodobniej tę właśnie maszynę.

⁷ Stokłosa [17, s. 31].

⁸ Por. opis maszyny Staffela oraz sposób jej działania.

⁹ Stern [15, s. 115].

¹⁰ Stern [15, s. 115].

¹¹ Stern [15, s. 117].

¹² Stern [15, s. 119].

¹³ Sposób wykonywania czterech podstawowych działań arytmetycznych na maszynie Sterna jest podobny do obsługi maszyny Staffela.

¹⁴ Stern [15, s. 120].

¹⁵ Stern [15, s. 124].

¹⁶ Stern [15, s. 125].

¹⁷ Niektórzy członkowie Towarzystwa bojkotowali nawet wystąpienia Sterna.

¹⁸ Stern [15, s. 44].

¹⁹ Prowadził je z przerwami do 1886 r.

²⁰ Jest autorem wielu hebrajskich terminów matematycznych i technicznych.

²¹ Książkę te można kupić do dziś.

²² Trzęsicki [18, s. 25].

²³ Twierdzenie to prawdopodobnie nigdy nie zostało przez Słonimskiego opublikowane i dowiedzione. Można je znaleźć np. w książce H. Knighta: *Multiplication Tablets Derived from a Theorem of S. Słonimski*. Birmingham 1847.

²⁴ C r e l l e [3, s. 215].

²⁵ „Kłosy” t. 40, nr 1041, 1885, s. 385.

²⁶ „Kłosy” t. 40, nr 1041, 1885, s. 386.

²⁷ Przykład i opis działania maszyny zaczerpnięto z [14].

²⁸ Por. opis maszyny Sterna i opis obliczania pierwiastków kwadratowych na tej maszynie.

²⁹ Dolnym rzędem okienek (przypis mój – *I. B-K*)

³⁰ Powyższe cytaty zaczerpnięto z „Tygodnika Ilustrowanego” [14, s. 207].

³¹ Podawano nawet wyliczenia czasu dla niektórych działań w sekundach

³² B. S. Jacobi (1801–1874) był bratem słynnego niemieckiego matematyka K. G. Jacobiego.

³³ Por. (par. 3) z nagrodą, jaką otrzymał za swój wynalazek Słomski.

³⁴ „Tygodnik Ilustrowany” [14, s. 44].