

**АЛГОРИТМИ РОБОТИ МЕХАНІЧНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ
ПРИЛАДІВ: ВИКОРИСТАННЯ ІСТОРИЧНОГО МАТЕРІАЛУ
В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ІНФОРМАТИКИ**

**Катуніна Тетяна, Лупан Ірина, Петручок Катерина, Титаренко Юлія,
Чернецька Анастасія**

Науковий керівник: канд. пед. наук, доцент Лупан І.В.

*Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені
Володимира Винниченка, м. Кропивницький, Україна*

В статті розглянуто матеріали, які можуть бути доцільними та корисними при вивченні алгоритмізації у шкільному курсі інформатики. Це матеріали, які стосуються алгоритмів роботи історичних, у першу чергу механічних, обчислювальних пристроїв, таких як рахівниця, логарифмічна лінійка, механічний обчислювач та арифмометр. Незважаючи на те, що матеріали з історії інформатики та інформаційних технологій досить широко використовуються у шкільному курсі, залишаються питання, дидактичний потенціал яких ще не вичерпаний.

Ключові слова: шкільний курс алгоритмізації, історія інформатики, механічні обчислювальні прилади, рахівниця, логарифмічна лінійка, механічний калькулятор, арифмометр.

**ALGORITHMS OF MECHANICAL CALCULATORS: USING OF HISTORICAL
MATERIAL IN THE SCHOOL COURSE OF INFORMATICS**

**Katunina Tetyana, Lupan Iryna, Petrushok Kateryna, Titarenko Yulia,
Chernetska Anastasia**

Scientific supervisor: Candidate of Pedagogical Sciences, Docent Lupan I.V.

*Voodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, Kropyvnytsky,
Ukraine*

The article considers materials that can be useful and beneficial in the study of algorithmization in the school course of computer science. These are materials that relate to the algorithms of historical, primarily mechanical, computing devices, such as rachivnytsia (abacus), a logarithmic ruler, a mechanical calculator and an arithmometer. Despite the fact that materials on the history of computer science and information technology are widely used in the school curriculum, there are questions whose didactic potential has not yet been exhausted.

Key words: school course of algorithmization, history of computer science, mechanical computing devices, abacus, logarithmic ruler, mechanical calculator, arithmometer.

Постановка проблеми. Важливість використання історичного матеріалу при вивченні шкільних дисциплін важко переоцінити, адже відтворення шляху, яким людство сформувало ті чи інші поняття, досягнуло ті чи інші закони природи, виробило ті чи інші теорії, значно полегшує опанування відповідних знань учнями. При вивченні інформатики такий шлях є тим більш природним, оскільки історією дуже швидко стають події,

які ще декілька років тому були відкриттями. Сьогодні вже важко уявити, що ще років тридцять назад інтернет, електронна пошта, мобільний зв'язок не були засобами масового зв'язку, а пристрій, аналогічний за обчислювальною потужністю до сучасного смартфона, довелось би возити вантажівкою [1].

Тим не менше без попередніх досягнень не було б того, що ми маємо зараз. І це стосується як архітектури сучасних обчислювальних та комунікаційних пристроїв, так і принципів їхньої роботи.

В шкільному курсі інформатики цікавими та корисними є різні аспекти використання історичного матеріалу. Зокрема, такі як

- Періоди розвитку інформатики та інформаційних технологій;
- Обчислювальні прилади: принципи дії, архітектура та алгоритми використання;
- Розвиток математики та суміжних галузей та їх вплив на розвиток інформатики в цілому або на її окремі напрямки і галузі;
- Біографії та здобутки видатних винахідників та вчених, зокрема вітчизняних: шляхи, якими вони прийшли до своїх винаходів.

Наявність історичного матеріалу є однією з вимог до шкільних підручників, і він там безумовно представлений. Історичний матеріал є невичерпним джерелом тематики для виконання навчальних проєктів, однак деякі аспекти все ж залишаються поза увагою вчителів.

Метою даної статті є опис матеріалів, які можна використати у шкільному курсі при вивченні алгоритмізації. На початку вивчення курсу алгоритмізації зазвичай учням пропонують занадто прості, інколи навіть примітивні приклади, як то приготування яєчні, або складання портфеля. Натомість, можна знайомити учнів з алгоритмами роботи історичних обчислювальних приладів.

Завданням нашого дослідження, виконаного у рамках проєкту з історії інформатики [2], був пошук матеріалів про алгоритми роботи обчислювальних приладів, які є у Музеї історії техніки ЦДПУ, зокрема у відділі історії комп'ютерної техніки.

Виклад основного матеріалу (результатів) дослідження. Нашу увагу привернули в першу чергу механічні обчислювальні прилади: рахівниця, логарифмічна лінійка та арифмометри – арифмометр Фелікса і обчислювач Куммера. Детальний опис експонатів музею можна знайти на сайті музею [3], отже тут наведемо лише матеріали, що стосуються *алгоритмів* виконання обчислень за допомогою перелічених засобів.

Рахівниця – простий механічний пристрій для виконання арифметичних обчислень, один з найстаріших обчислювальних пристроїв [4]. В Україні найпоширенішим різновидом рахівниці є російська рахівниця (Рис. 1¹).

Найпростіше на рахівниці виконувати арифметичні дії додавання і віднімання. Числа в десятковій системі числення набирають переміщенням кісточок відповідного ряду справа наліво. Наприклад, число

$$123,75 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 + 7 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}$$

набирають, починаючи з третього ряду сотень: пересувають 1 кісточку справа наліво. Далі в наступному ряді десятків (на один дротик вниз) пересувають справа наліво 2 кісточки. Потім ще нижче, пересувають 3

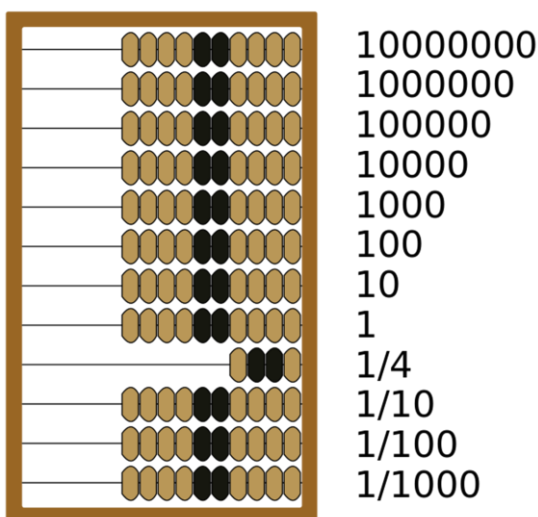


Рис. 1

кісточки на дротикі одиниць. Дробову частину набирають нижче від дротика з 4-ма кісточками. Спочатку 7 кісточок, а нижче 5 кісточок.

Додаючи числа, пересувають «кісточки» у відповідних рядах. Коли всі кісточки якогось ряду на дротикі пересунуться справа наліво, то всі 10 пересувають назад вправо і в ряді вище пересувають 1 кісточку справа наліво.

¹ Автор: Смарп - Власна робота, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8287709>

Тобто одна «кісточка» верхнього ряду замінює 10 «кісточок» нижнього. Читають одержаний результат зверху вниз.

Наприклад, щоб додати до набраного числа $123,75$ число $5,46$ спочатку слід пересунути вліво 5 кісточок на дротику одиниць – одержимо число $128,75$. Далі слід пересунути вліво 4 кісточки «після коми», але їх там тільки 3, тому пересуваємо ці 3 кісточки вліво до 7 кісточок, які вже там є, замінюємо 10 кісточок на 1 кісточку вищого розряду одиниць, і пересуваємо вліво ще 1 кісточку «після коми». Одержимо число $129,15$. Нарешті подібним чином додаємо ще 6 кісточок нижчого розряду і одержуємо результат $129,21$:

$$123,75 + 5,46 = 129,21.$$

Віднімання на рахівниці виконується подібно до додавання, тільки в зворотному порядку. Тобто віднімаючи від одного числа інше, пересуваємо «кісточки» з відповідних рядів зліва направо.

Множення та ділення виконати складніше, однак на думку фахівців з ментальної арифметики вправи з рахівницею доступні для дітей, починаючи з трирічного віку [5]. Вони розвивають дрібну моторику; дозволяють в ігровій формі розв'язувати прості приклади; покращують пам'ять; формують упевненість і самостійність у дитини; стимулюють спостережливість, посидючість, зосередженість. На сайті можна ознайомитися з прийомами виконання додавання, віднімання, множення і ділення за допомогою рахівниці, а у ролику [6] і побачити, як це робиться.

Рахівниці досить довго застосовували для грошових та інших підрахунків в ХХ столітті. Наразі їх використовують лише як один із засобів для розвитку дітей.

Логарифмічна лінійка – аналоговий обчислювальний пристрій, що дозволяє виконувати кілька математичних операцій, основними з яких є множення і ділення чисел (Рис. 2).

Найпростіша логарифмічна лінійка складається з двох шкал у логарифмічному масштабі, які можна пересувати одну відносно іншої. Складніші лінійки містять додаткові шкали і прозорий повзунок з кількома

поділками (Рис. 3). На зворотному боці лінійки зазвичай розміщували довідкові матеріали, як то тригонометричні формули, формули для обчислення площ, об'ємів, тощо.

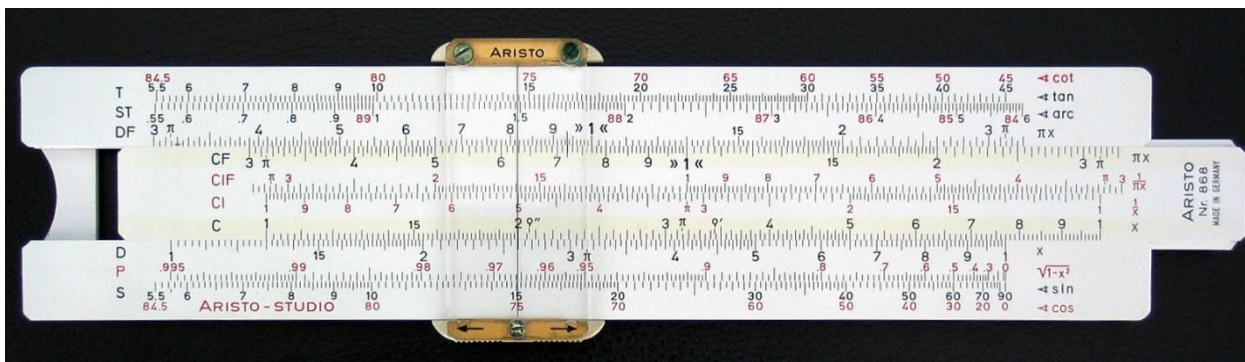


Рис. 2

За допомогою додаткових шкал можна здійснювати піднесення до степеня (частіше всього до квадрата і куба), обчислення логарифмів, тригонометричних функцій та виконувати обернені операції (добування квадратних і кубічних коренів, обчислення експоненти та обернених тригонометричних функцій), перетворення фізичних величин з однієї системи в іншу (наприклад, кіловатів на кінські сили чи навпаки) та деякі інші операції.

Основний принцип дії логарифмічної лінійки заснований на тому, що множення і ділення чисел замінюється відповідно додаванням і відніманням їхніх логарифмів:

$$\begin{aligned} \lg(xy) &= \lg(x) + \lg(y); \\ \lg(x/y) &= \lg(x) - \lg(y). \end{aligned}$$

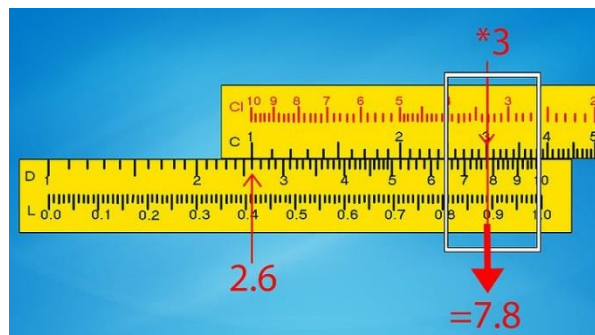
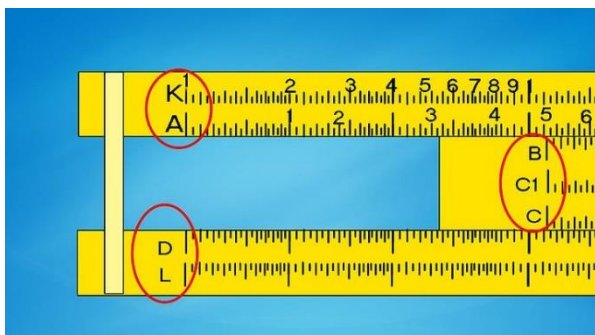


Рис. 3²

Рис. 4³

Для того, щоб обчислити добуток двох чисел, початок (чи кінець) рухомої шкали суміщують із першим множником на нерухомій шкалі, а на рухомій шкалі відшуковують другий множник. Напроти нього на нерухомій шкалі знаходиться результат множення чисел (Рис. 4).

Щоб розділити числа, на рухомій шкалі знаходять дільник і суміщують його з діленим на нерухомій шкалі. Початок (або кінець) рухомої шкали вказує на результат.

За допомогою логарифмічної лінійки знаходять лише мантису числа, його порядок обчислюється усно. Точність обчислення звичайних логарифмічних лінійок – два-три десяткових знаки. Для виконання інших операцій застосовують повзунок та додаткові шкали. Слід відзначити, що, незважаючи на простоту, на логарифмічній лінійці можна виконувати досить складні розрахунки [7].

Ще один механічний пристрій в колекції музею – *механічний калькулятор «Рекорд»*, виготовлений у 1950 р. [8]. Виробник Люсі Мойтер, Клаусдорф, Німеччина. Калькулятор металевий, має вагу 165 г. та розміри $19,8 \times 11,5 \times 0,8$ см (Рис. 5). Подібні калькулятори випускали до 1982 р., але перші примірники з'явилися ще у 1846 році.

Компактна проста цифрова підсумовуюча машина являє собою конструкцію з декількох зубчастих рейок, промаркірованих символами \downarrow , 0 ... 9, \uparrow (хоча стрілок може не бути). До калькулятора додавався загострений металевий штир, яким і зсовували рейки.

Рейки та прорізи довжиною в 10 одиниць і мітки, що вказують, куди треба вести штир – вгору або вниз, – придумав у 1707 році француз Сезар Казе. Перенесення в наступний розряд виконувалося вручну. Незважаючи на сумнівну корисність, пристрій мав своїх прихильників [9].

² <https://www.wikihow.com/images/thumb/e/e3/Use-a-Slide-Rule-Step-2-Version-3.jpg/v4-728px-Use-a-Slide-Rule-Step-2-Version-3.jpg>

³ <https://www.wikihow.com/images/thumb/5/5e/Use-a-Slide-Rule-Step-9-Version-2.jpg/v4-728px-Use-a-Slide-Rule-Step-9-Version-2.jpg>

Винаходження викривленого прорізу, який напівавтоматично робить перенесення розряду, приписують петербурзькому вчителю музики і механіку-аматору німцю Генріху Куммеру, далекому родичу математика Ернста Куммера. Пізніше пристрій перевинайшов француз Тронсе.

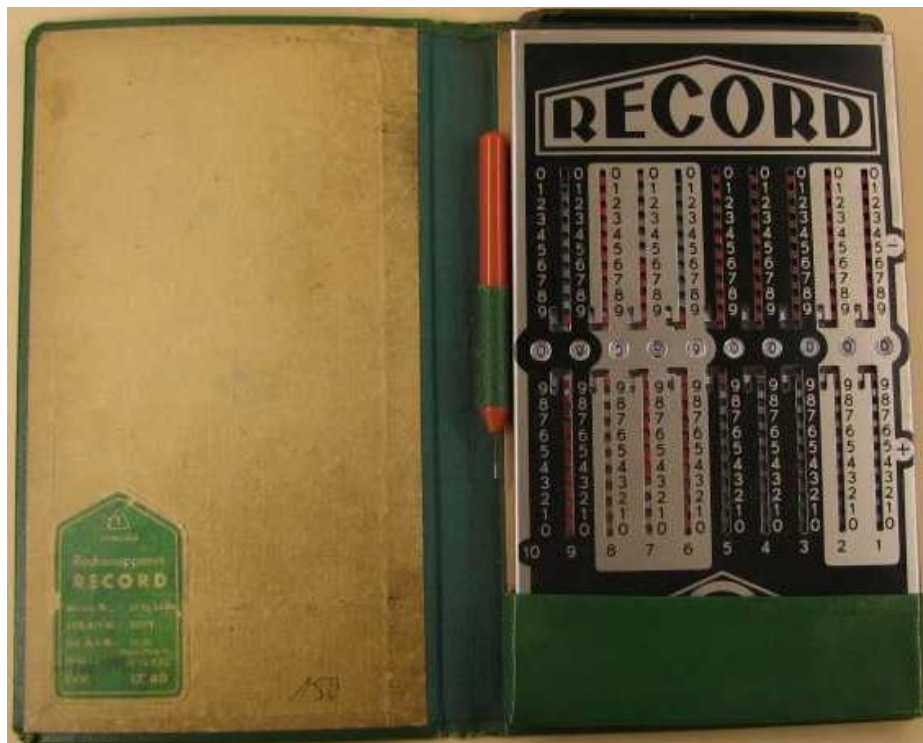


Рис. 5

Щоб додати два числа на такому калькуляторі слід, по-перше, набрати доданок таким чином: вставляємо штир на шкалі додавання навпроти відповідної цифри і ведемо його вниз до упору. Індикатор покаже перший доданок.

Тепер набираємо другий доданок з такими доповненнями:

- Якщо відповідний проміжок між зубцями білий, ведемо штир, як і раніше, вниз до упору.
- Якщо проміжок між зубцями червоний, ведемо штир вгору, а потім по вигину. Це призведе до перенесення одиниці в наступний розряд.
- Якщо випадково повели штир вгору, коли потрібно вниз, або навпаки, то він не дійде до кінця. В такому випадку треба просто, не виймаючи штиря з отвору, довести його до кінця в зворотний бік.

- Якщо штир дійшов до верху, але не входить у вигин (в наступному розряді максимум – 9 або \uparrow , залежно від моделі), проведемо на тій рейці, що заважає, від цифри 1 вгору і по вигину. Якщо і на ній не виходить пройти по вигину – робимо те ж саме з наступної рейки.
- На багатьох обчислювачах є символи \uparrow за дев'яткою і \downarrow перед нулем. Вони не заважають рахувати, але перед прочитанням результату їх треба нормалізувати: провести штирем від цифри 0 вгору і по вигину (відповідно на шкалі віднімання від цифри 0 вниз і по вигину). Ці символи знижують шанси, що в ланцюжку додавань буде потрібно виконати декілька послідовних переносів, та додатково показують, що користувач помилився і треба вести штир в інший бік, а також дозволяють працювати з від'ємними числами [10].

Наприклад необхідно додати 17 і 25. Спершу обчислювач потрібно «скинути», тобто перевести у початковий стан, обнуливши попередні результати. Для цього є досить дотепний на наш погляд засіб – дужка у верхній частині обчислювача. Потім набираємо на верхній шкалі 17, для чого в розряді десятків вставляємо штир біля цифри 1 і ведемо його до упору вниз, а в розряді одиниць – від сімки вниз. Після цього набираємо на верхній шкалі 25: спочатку від двійки вниз (на індикаторі 37), потім від п'ятірки вгору і по вигину (на індикаторі 42). Це і є результат додавання.

Наочно побачити, як користуватися калькулятором «Рекорд» можна, переглянувши відео [11].

Завершує нашу «екскурсію» *механічний арифмометр «Фелікс-М»* (Рис. 6⁴) – настільна або портативна механічна обчислювальна машина, призначена для точного множення і ділення, а також для додавання і віднімання. Важільна обчислювальна машина з ручним приводом [12].

Основними елементами арифмометра є

- 1 – баранець скидання лічильника обертів ручки;
- 2 – лічильник оборотів основної рукоятки 10;

⁴ https://habrastorage.org/webt/gt/ei/t3/gteit3aq4fq8_su98jdaInsjlw.jpeg

- 3 – рукоятка зсуву каретки;
- 4 і 7 – стрілки-коми, не пов'язані з механізмом арифмометра;
- 5 – засувка для скидання в 0 положень важелів 8;
- 6 – лічильник результату;
- 8 – важелі барабана, за допомогою яких виставляється значення операнда;
- 9 – баранчик скидання лічильника результату;
- 10 – основна рукоятка. На корпусі праворуч від важелів 8 є підказка щодо потрібного напрямку обертання основної рукоятки 10 при різних арифметичних операціях.

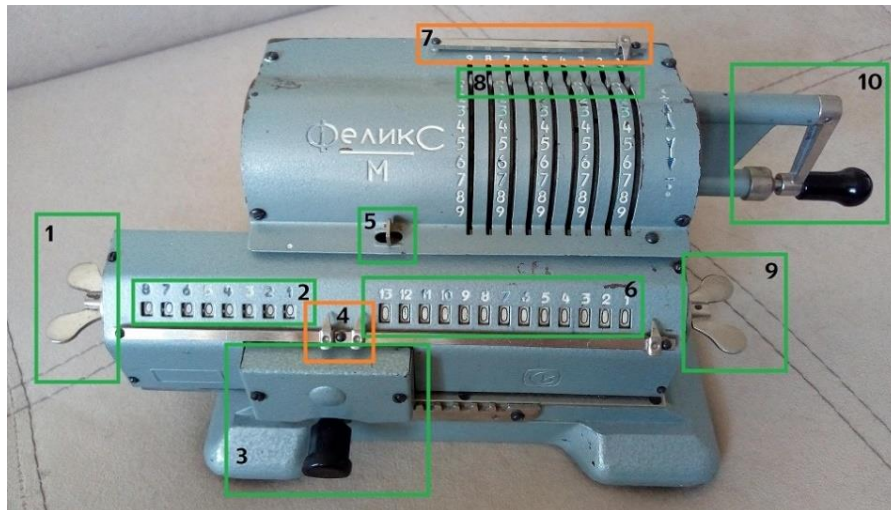


Рис. 6

Підготовка арифмометра до роботи полягає у тому, щоб за допомогою рукоятки 3 пересунути каретку в крайнє ліве положення, баранчиками 1 і 9 скинути покази лічильників обертів і результату, засувкою 5 і поворотом основної рукоятки 10 за годинниковою стрілкою до упору скинути положення важелів 8 в нульове.

Алгоритми додавання, віднімання, множення та ділення багаторозрядних чисел за допомогою арифмометра описано в інструкції до нього [14], а на сайті [15] можна переглянути і відео.

Висновки та перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження. Проект «Історія інформатики» було започатковано у 2012 році. У листопаді 2015 року було відкрито першу експозицію Музею історії

техніки фізико-математичного факультету. І відтоді вони поповнюються новими експонатами та матеріалами. Між тим, чим глибше занурюєшся в історію, тим більше відкривається цікавих фактів, несподіваних зв'язків, непередбачуваних наслідків. До того ж історія інформатики – це фантастика, що на наших очах втілюється у життя. А історичний матеріал, доречно вбудований у шкільний курс, – потужний засіб для розвитку та формування інформатичних компетентностей учнів, у тому числі і алгоритмічного мислення.

Список літератури

1. Смартфон 1980 года. Наука и жизнь, №9, 2012. С.12.
<https://www.nkj.ru/archive/articles/21079/>
2. https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Історія_інформатики
3. https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Музей_історії_техніки
4. <https://en.wikipedia.org/wiki/Abacus>
5. Рахівниці: іграшка чи навчальний посібник?
https://smartum.com.ua/about_us/blog/mentalnaya-arifmetika/schety-igrushka-ili-uchebnoe-posobie/
6. Як рахувати на рахівницях? <https://www.youtube.com/watch?v=Y1f4k4zKvU>
7. Як користуватися логарифмічною лінійкою. <https://uk.cathedralcollege.org/kak-polzovatsya-logarifmicheskoy-linejkoj-5165>
8. [https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Механічний_калькулятор_\"Record\"](https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Механічний_калькулятор_\)
9. <https://history-computer.com/kummer/>
10. https://ru.wikipedia.org/wiki/calcul_kummer
11. <https://www.youtube.com/watch?v=o6DdribotQQ>
12. [https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Арифмометр_\"Феликс_М\"](https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Арифмометр_\)
13. <https://uk.sodiummedia.com/4252665-arithmometer-quotfelixquot-instruction-photo>
14. <https://typewriterbook.ru/wp-content/uploads/2015/11/Arifmometr-Felix-instruktsiya.pdf>
15. <https://habr.com/ru/post/169629/>