doi: https://doi.org/10.15407/visn2026.11.040

ТИМОХА
Олександр Миколайович —
академік НАН України, доктор фізико-математичних наук, академік-секретар Відділення математики НАН України, директор Інституту математики НАН України

ЮРІЙ ДМИТРОВИЧ СОКОЛОВ: МАТЕМАТИК, МЕХАНІК, ПЕДАГОГ, ЧЛЕН-КОРЕСПОНДЕНТ АН УРСР, ПРАВЕДНИК НАРОДІВ СВІТУ

До 130-річчя від дня народження

Статтю присвячено 130-річчю від дня народження члена-кореспондента АН УРСР Юрія Дмитровича Соколова — математика й механіка, одного з тих, хто розбудовував Інститут математики з перших років його існування. Простежено життєвий шлях ученого: дитинство на Кубані, Київський університет і школа академіка Д.О. Граве, перші праці з небесної механіки, надруковані в Мадриді й Кілі, докторська дисертація 1929 р. про умови загального співудару трьох тіл, десятиліття керівництва відділами механіки, гідродинаміки та диференціальних рівнянь. Розглянуто чотири напрями наукової творчості Соколова — теорію співударів у задачі трьох тіл, теорію фільтрації ґрунтових вод, метод осереднення функціональних поправок і теорію лінійних різницевих рівнянь. Висвітлено педагогічну діяльність у київських вишах, створення наукової школи, а також громадянську позицію вченого: лист на захист репресованого М.П. Кравчука (1938), порятунок математика С.І. Зуховицького в роки окупації Києва, за що подружжя Соколових визнано Праведниками народів світу, і підпис під «листом 139-ти» (1968). Наведено архівні документи з особової справи вченого, що зберігається в Інституті математики НАН України: власноруч написану автобіографію 1949 р., особовий листок з обліку кадрів, список наукових праць 1951 р. та свідчення 1948 р. про діяльність Соколова в астрономічній обсерваторії під час окупації.



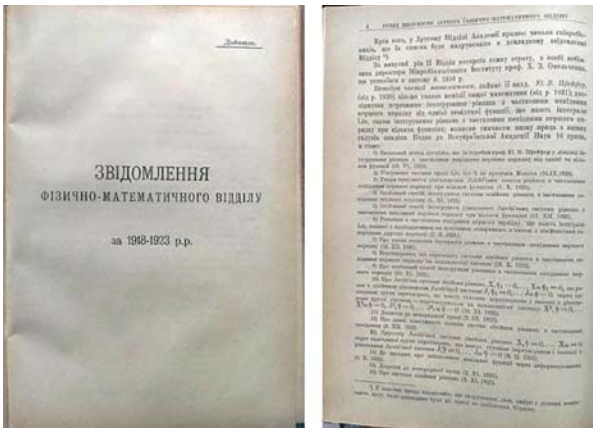
Юрій Дмитрович Соколов (1896—1971)

Цього року виповнилося 130 років від дня народження Юрія Дмитровича Соколова. Його ім'я не так гучно лунає в підручниках, як імена Остроградського чи Ляпунова, і це по-своєму несправедливо: за ним стоять понад 100 наукових праць, зокрема п'ять монографій, власний метод наближеного розв'язання рівнянь, названий його ім'ям, чотири десятиліття керівництва кафедрою, десятки вихованих науковців і вчинок, який у страшні роки окупації Києва коштував би йому життя, якби про нього дізналися. Соколов — рідкісний приклад цілісності: першокласний учений, справжній учитель і людина, яка в найтяжчі часи не розгубила ні наукових цінностей, ні людської гідності.

Ця стаття має подвійну мету. З одного боку, це спроба пройти життєвий шлях Соколова від кубанської станиці до Інституту математики, спираючись на класичні біографічні джерела — монографію Б.Н. Фрадліна [1], статтю М.Л. Горбачука до сторіччя вченого [2], історію Інституту математики [3] і «Хроніку-2005» [4], енциклопедичні ресурси [5] та університетські довідки [6—8]. З другого боку — що для автора цих рядків особливо важливо, — це нагода показати документи, які зберігаються в Інституті математики НАН України: особову справу Соколова з його власноруч написаною автобіографією 1949 р. [9], особовий листок з обліку кадрів, список наукових праць 1951 р. [10] і свідчення 1948 р. про його діяльність в астрономічній обсерваторії в роки окупації [11]. Саме ці матеріали дають змогу звірити й уточнити чимало дат, які в різних публікаціях подано неоднаково, а головне — почути голос самого вченого.

Кубань, 1896 р. Юрій Соколов народився 14 (26 за новим стилем) травня 1896 р. на Кубані, в станиці Лабінській (нині це Краснодарський край). Родинне середовище від самого початку поєднувало дві традиції. Батько служив осавулом у козачому полку*, він помер у 1903 р., коли синові було сім. Мати після смерті чоловіка працювала вчителькою в жіночій гімназії. Батьківська дисципліна й материнська повага до знань — саме це поєднання, за свідченням біографів, сформувало вдачу майбутнього вченого: працьовитість, ґрунтовність і водночас хист до викладання, який згодом проявиться в чотирьох десятиліттях педагогічної праці [1, 2].

Київський університет і школа Граве. У 1915 р. Соколов закінчив гімназію із золотою медаллю і вступив на математичне відділення фізико-математичного факультету Київського університету. Його майбутній шлях значною мірою визначили лекції київських математиків і механіків — О.П. Котельникова, Д.О. Граве,

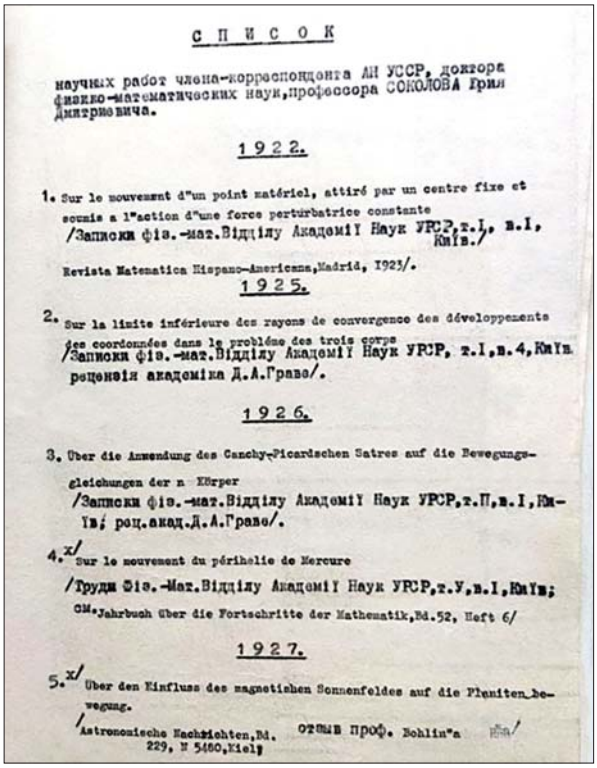


ЗВІДОМЛЕННЯ

ФІЗИЧНО-МАТЕМАТИЧНОГО ВІДДІЛУ

за 1918-1923 р.р.

«Звідомлення Фізично-математичного відділу за 1918—1923 рр.»: титульний аркуш та сторінка огляду діяльності відділу, який очолював Д.О. Граве



С П И С О К

научных работ члена-корреспондента АН УССР, доктора физико-математических наук, профессора СОКОЛОВА Юрия Дмитриевича.

1922.

1. Sur le mouvement d'un point matériel, attiré par un centre fixe et soumis a l'action d'une force perturbatrice constante /Записки фіз.-мат.Відділу Академії Наук УРСР, т.I, в.I, Київ./

Revista Matematica Hispano-Americana, Madrid, 1923/.

1925.

2. Sur la limite inférieure des rayons de convergence des développements des coordonnées dans le problème des trois corps /Записки фіз.-мат.Відділу Академії Наук УРСР, т.I, в.4, Київ. рецензія академіка Д.А.Граве/.

1926.

3. Über die Anwendung des Cauchy-Picardschen Satzes auf die Bewegungsgleichungen der n Körper /Записки фіз.-мат.Відділу Академії Наук УРСР, т.II, в.I, Київ; рец.акад.Д.А.Граве/.

4. x/ Sur le mouvement du périhelie de Mercure /Труди Фіз.-Мат.Відділу Академії Наук УРСР, т.У, в.I, Київ; СМ. Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, Bd.52, Heft 6/

1927.

5. x/ Über den Einfluss des magnetischen Sonnenfeldes auf die Planeten_bewegung. /Astronomische Nachrichten, Bd. 229, N 5460, Kiel/ отзыв проф. Bohlin'a

Перша сторінка списку наукових праць Ю.Д. Соколова (машинопис, 1951) із зазначенням закордонних публікацій (Мадрид, 1923; Кіль, 1927) та рецензій академіка Д.О. Граве

* Осавул — офіцерський чин у козацькому війську, що відповідав армійському чину капітана і передбачав командні обов'язки



Вчені Інституту математики під час зустрічі з Тулліо Леві-Чивітою (зліва направо): перший ряд — М.А. Бик, Д.О. Граве, Т. Леві-Чивіта, Г.В. Пфейффер, М.П. Кравчук, М.Х. Орлов; другий ряд — Ю.Д. Соколов, В.Є. Дьяченко, К.А. Бреус, В.П. Можар, О.С. Смогоржевський, Є.Я. Ремез, Л.Л. Наумов, Й.Б. Погребиський. Київ, червень 1935 р.

Б.Я. Букреєва, Г.В. Пфейффера, Г.К. Суслова, Р.П. Фогеля, П.В. Воронця. Навчання припало на буремні роки революції та воєнних потрясінь і на три роки перервалося — дістатися Києва було неможливо, і Соколов учителював у рідній станиці, — проте він завершив його з відзнакою в 1921 р., і того самого року молодого випускника запросили до Академії наук, де він почав вивчати небесну механіку [5, 9].

Ще студентом він працював у Київській астрономічній обсерваторії, а в 1929—1930 рр. був членом бюро її ради [9] — зв'язок, який у роки окупації виявиться доленосним.

Формування Соколова як науковця нерозривно пов'язане з постаттю Дмитра Олександровича Граве (1863—1939) — академіка, якого справедливо вважають творцем першої великої математичної школи в Україні. Граве здобув освіту в Петербурзі під керівництвом Чебишева і переніс на київський ґрунт традиції петербурзької школи. Алгебраїст світового рівня, у зрілі роки він активно займався механікою та астрономією, очолював кафедру механіки університету, писав про небесну механіку — і цей поворот учителя безпосередньо позначився на виборі учня. Саме за пропозицією Граве Соколов узявся за класичну проблему небесної механіки — задачу про рух притягуваних тіл, і вже в 1922 р. вийшла друком його перша наукова праця про рух матеріальної точки, яку притягує нерухомий центр і на яку діє стала збурювальна сила [12]. Промовиста деталь: цю статтю того самого року передрукував мадридський журнал «Revista Matemática Hispano-Americana», а дві наступні праці, 1925 і 1926 років, вийшли з рецензіями самого академіка Граве — документальне свідчення послідовного наставництва [10].

Організаційні шляхи вчителя й учня також перепліталися. Створена Граве науково-дослідна кафедра математики стала основою Інституту математики, заснованого 13 лютого 1934 р.; Граве був його першим директором, а Соколов, який прийшов до Академії ще на початку 1920-х років, належав до того покоління, що розбудовувало інститут і перетворювало його на провідний осередок математичних досліджень. До діяльності згаданої кафедри Соколов був причетний від початку: 1922 р. його обрали її науковим співробітником і вченим секретарем, а з 1929 р. й до ліквідації кафедри 1930 р. він був її дійсним членом [9].

Серед вихованців школи Граве — Наум Ахієзер і Микола Кільчевський; поряд із ними стоїть і Соколов. Зберігся груповий знімок 1935 р., який добре передає атмосферу цього


АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ
ОТДЕЛ Кадров

ЛИЧНОЕ ДЕЛО №

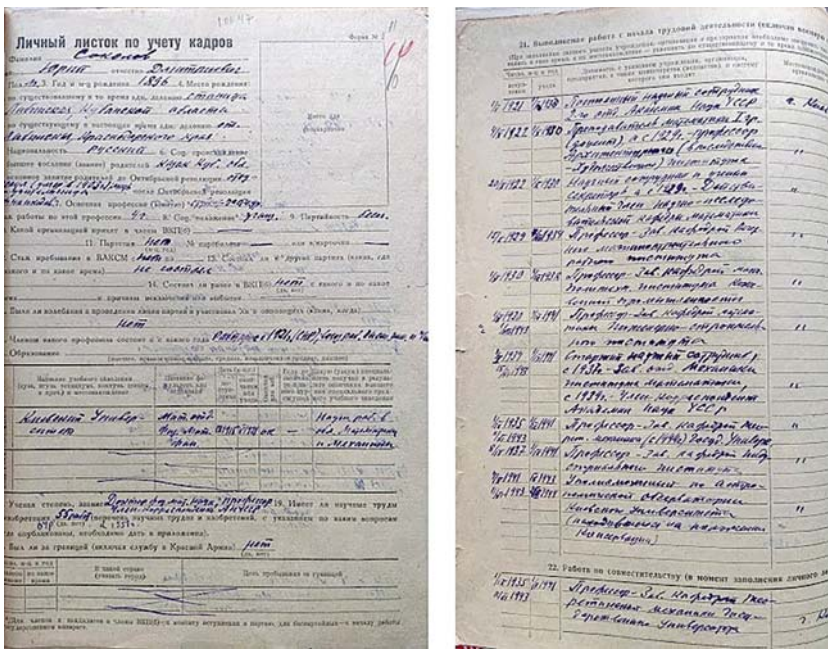
Соколов
Юрий Дмитриевич

НАЧАТО 1 июля 1944 г.
ОКОНЧЕНО 2 февраля 1971 г.

НА 59 ЛИСТАХ
ХРАНИТЬ 75 ЛЕТ

ФОНД №
ОПИСЬ № 3-л
ДЕЛО № 244

Особова справа Ю.Д. Соколова: обкладинка (відділ кадрів Інституту математики АН УРСР; опис 3-л, справа № 244; розпочато 1 липня 1944 р., закінчено 2 лютого 1971 р.)


Личный листок по учету кадров

Особовий листок з обліку кадрів Ю.Д. Соколова: лицьовий бік (ліворуч) і зворот (праворуч)

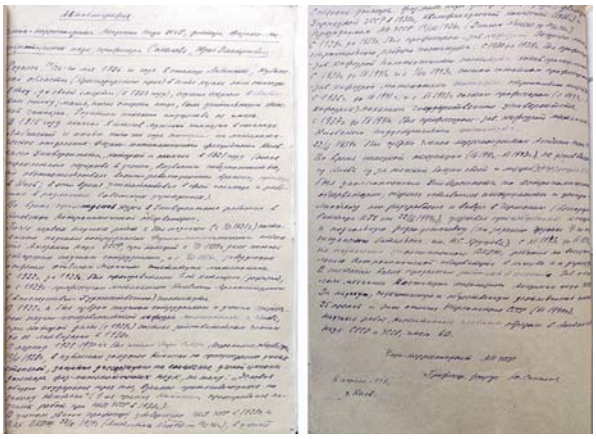
осередку: у першому ряду — Граве, Пфейффер, Кравчук поруч із видатним італійським математиком Тулліо Леві-Чивітою, який у червні 1935 р. приїхав до Києва на запрошення Граве; у другому — молодий Соколов, перший ліворуч. Присутність Леві-Чивіти не випадкова: за «Хронікою» Інституту математики, Соколов систематично листувався з провідними світовими фахівцями з проблеми трьох тіл — Шазі, Пенлеве, Сундманом, Леві-Чивітою [4].

Раннє міжнародне визнання. Уже в 1920-х роках праці Соколова друкувалися не лише в київських «Записках фізико-математичного відділу», а й у поважних закордонних виданнях. Праця 1927 р. про вплив магнітного поля Сонця на рух планет вийшла в німецькому астрономічному часописі «Astronomische Nachrichten» у Кілі [13], а реферати на його роботи розміщував авторитетний «Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik». Разом із Граве Соколов виконав обчислення відхилень планет з урахуванням електромагнітних сил у міжпланетному просторі. Тобто молодий Соколов входив у науку не провінційно, а відразу на міжнародному рівні — і офіційний список його праць, складений 1951 р., фіксує це на першій же сторінці.

Докторська 1929 р. Наукова кар'єра Соколова розвивалася стрімко. 15 квітня 1929 р. він захистив дисертацію на здобуття ступеня доктора фізико-математичних наук, присвячену умовам загального співудару трьох тіл, що попарно притягуються за законом Ньютона [14]. Наступного року цю працю було відзначено Першою премією серед наукових робіт УРСР. Професором він став ще 1929 р. — йому тоді було ледь за тридцять. Документи особової справи дають змогу відтворити й бюрократичну «тінь» цього захисту, характерну для доби: у званні професора його затвердили Наркомпрос УРСР 1929 р. і ВАК 23 жовтня 1934 р., а докторський ступінь затверджували кілька разів: Укрнаука — в 1930 р., Кваліфікаційна комісія — в 1935 р., Президія АН УРСР — 14 травня 1936 р. Диплом доктора видали лише 30 березня 1946 р. [9].



Фото з особової справи; рукописний підпис: «Член-кореспондент АН УРСР, доктор фізико-математичних наук, проф. Соколов Ю.Д.»



Автобіографія Ю.Д. Соколова, написана ним власноруч. Київ, 8 квітня 1949 р.

Інститут математики. Від часу заснування інституту в 1934 р. Соколов стає одним із його провідних співробітників. Уже перед війною інститут складався з шести відділів. Відділ механіки очолював Соколов — поряд із такими завідувачами, як М.О. Лаврентьєв, Г.В. Пфейффер, І.Я. Штаєрман, М.Г. Крейн і С. Банах [3]. У різні роки Соколов керував відділами механіки (1937—1941 і 1944—1957) та гідродинаміки (завідувачем якого його призначили 4 грудня 1951 р.), а від 1957 р. й до кінця життя — відділом диференціальних рівнянь.

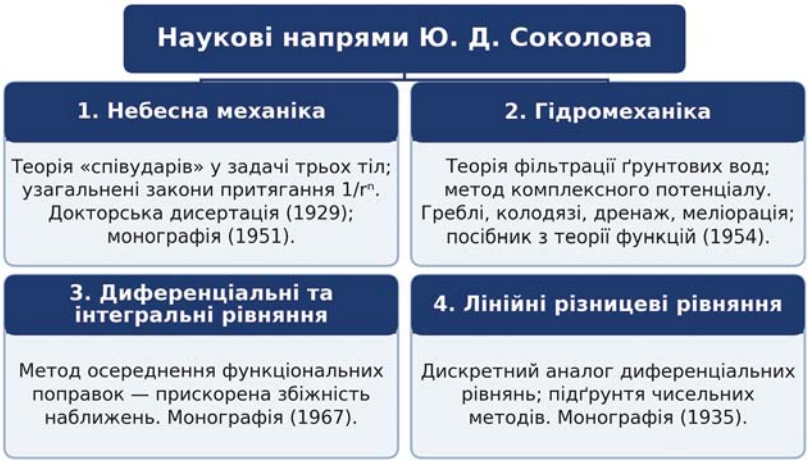
22 лютого 1939 р. Ю.Д. Соколова було обрано членом-кореспондентом Академії наук УРСР. Інститут математики залишався головним місцем його наукової праці [4, 9].

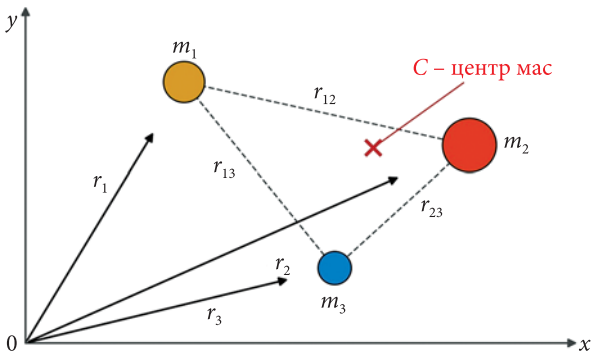
Автобіографія 1949 р. як першоджерело. Серед документів особової справи особливу цінність має автобіографія, написана Соколовим власноруч 8 квітня 1949 р. в Києві [9]. Це розповідь ученого про власне життя своїми словами, на двох сторінках. На першій — походження, навчання, початок наукової роботи й захист докторської; на другій — перелік посад у різних інститутах, обрання членом-кореспондентом, поведінка в роки окупації й підсумкові цифри на той момент: 25 премій, відзнака Наркомбуду СРСР (1940) та 60 наукових праць. Саме цей рукопис дає змогу звірити дати, які в різних публікаціях інколи різняться, — і саме з нього ми знаємо, як сам Соколов описував найдраматичніший період свого життя, про який ітиметься нижче.

Наукова програма: чотири напрями. Творчий доробок Соколова налічує понад 100 наукових праць, серед яких п'ять монографій, навчальні посібники та численні статті. Почавши в руслі школи Граве з небесної механіки, він згодом розгалузив свої інтереси на кілька великих напрямів, що поєднували класичну механіку, прикладну гідродинаміку і теорію наближених методів. Характерною рисою його стилю, успадкованою від учителя, було прагнення доводити теоретичні результати до практично застосовних обчислювальних схем. Розглянемо ці напрями по черзі.

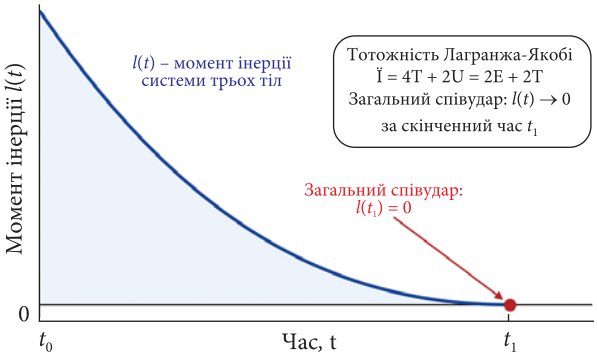
Небесна механіка і теорія співударів. Найраніший і один із найважливіших напрямів — небесна механіка. Соколов розробляв теорію «співударів», тобто зіткнень, у класичній та узагальненій задачі небесних тіл, передусім у славнозвісній задачі трьох тіл — одній із фундаментальних і досі повністю не розв'язаних проблем механіки. На відміну від задачі двох тіл, вона не має загального розв'язку у скінченному вигляді, тому великого значення набуває дослідження окремих випадків і особливих траєкторій. Рух трьох точкових мас m_1, m_2, m_3 під дією взаємного ньютонівського тяжіння описує система звичайних диференціальних

Основні напрями наукової діяльності Ю.Д. Соколова (схема)





Конфігурація задачі трьох тіл: положення тіл задають радіус-вектори, взаємодія визначається попарними відстанями, а центр мас рухається рівномірно й прямолінійно (схема)



Загальний співудар як перетворення моменту інерції $I(t)$ в нуль за скінченний час; тотожність Лагранжа—Якобі пов'язує $\ddot{I}$ з енергією системи (схема)

рівнянь другого порядку

$$m_i \frac{\mathrm{d}^2 \mathbf{r}_i}{\mathrm{d}t^2} = \sum_{j \neq i} G m_i m_j \frac{\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i}{r_{ij}^3}, \quad i = 1,2,3,$$

де G — гравітаційна стала, r_i — радіус-вектори тіл, а $r_{ij} = |r_i - r_j|$ — попарні відстані. Центр мас системи рухається рівномірно й прямолінійно, тому його зручно взяти за початок координат. Природними характеристиками системи є момент інерції відносно центра мас, кінетична та потенціальна енергії:

$$I = \sum_i m_i |\mathbf{r}_i|^2, \quad T = \frac{1}{2} \sum_i m_i \left| \frac{\mathrm{d}\mathbf{r}_i}{\mathrm{d}t} \right|^2, \quad U = -\sum_{i<j} \frac{G m_i m_j}{r_{ij}},$$

а повна механічна енергія $E = T + U$ зберігається — це перший інтеграл руху. Загальний співудар означає, що всі взаємні відстані, а отже, і момент інерції, за скінченний час прямують до нуля.

Соколов зосередився на питанні про умови, за яких у такій системі можливий загальний співудар — одночасне зіткнення всіх тіл. Ключовим інструментом тут є класична тотожність Лагранжа—Якобі, яку отримують, двічі диференціюючи момент інерції та використовуючи рівняння руху разом з однорідністю ньютонівського потенціалу:

$$\ddot{I} = 4T + 2U = 2E + 2T.$$

З неї одразу випливає, наприклад, що за $E > 0$ момент інерції зростає не повільніше за Et^2, і система з часом розлітається, а поблизу співудару потенціальна енергія необмежено спадає,

кінетична ж необмежено зростає — саме це робить аналіз таких особливих траєкторій нетривіальним. Класичний результат Сундмана стверджує, що загальний співудар можливий лише за нульового кінетичного моменту системи, і момент інерції тоді прямує до нуля за цілком визначеним законом. Соколов пішов далі: установив необхідні умови загального співудару спочатку для ньютонівського закону [14], а згодом для притягання, обернено пропорційного довільному степеню n відстані (ньютонівському тяжінню відповідає $n = 2$) [15]. Для такого закону потенціал є однорідною функцією степеня $1 - n$, і тотожність Лагранжа—Якобі набуває вигляду

$$\ddot{I} = 4T + 2(n - 1)U,$$

тож характер можливих співударів істотно залежить від показника n.

Ці результати публікувалися й за кордоном, зокрема у виданні Бельгійської академії наук 1936 р., що свідчить про міжнародне визнання. Окремий цикл праць Соколов присвятив особливим траєкторіям вільних матеріальних точок; підсумком стала монографія «Особливі траєкторії системи вільних матеріальних точок» (1951) [16]. За оцінкою істориків Інституту математики, йому належить всебічне дослідження обмеженої задачі трьох тіл і задачі про притягання до нерухомого та рівномірно обертового центрів в узагальненій постановці; у загальному вигляді він розв'язав питання про просторовий гомографічний рух системи вільних матеріальних точок, встановив необхідні й достатні умови його існування та узагальнив низку відомих теорем, зокрема теорему Банахевича—Піцетті [3].

Гідродинаміка і теорія фільтрації. Другий значний напрям — гідродинаміка, передусім теорія фільтрації ґрунтових вод, тобто повільного руху рідини крізь пористе середовище. На відміну від руху в'язкої рідини, який у класичній гідродинаміці описують нелінійні рівняння Нав'є—Стокса, фільтрація відбувається настільки повільно, що інерційними членами можна знехтувати: задача стає лінійною й переходить у галузь теорії потенціалу. В основі лежить експериментальний закон Дарсі — швидкість фільтрації пропорційна градієнту напору й напрямлена в бік його спадання:

$$\mathbf{v} = -k\nabla\varphi,$$

де $\mathbf{v}$ — вектор швидкості фільтрації, k — коефіцієнт фільтрації, що характеризує водопроникність середовища, а φ — напір (потенціал). Для нестисливої рідини без джерел потік зберігається, $\nabla\cdot\mathbf{v} = 0$, і потенціал є гармонічною функцією — задовольняє рівняння Лапласа $\nabla^2\varphi = 0$, а якщо в середовищі є рівномірно розподілені джерела інтенсивності q (інфільтрація опадів або відбір води) — неоднорідне рівняння Пуассона $\nabla^2\varphi = -q/k$. Конкретну задачу визначають крайові умови: на непроникних межах нормальна складова швидкості дорівнює нулю — умова Неймана $\frac{\partial\varphi}{\partial n} = 0$; на контакті з відкритою водою задано сам напір — умова Діріхле; а вільна депресійна крива, положення якої наперед невідоме, робить задачу нелінійною за геометрією.

У класичній для гідротехніки задачі про фільтрацію під спорудою напір верхнього б'єфу H_1 більший за напір нижнього H_2 і саме різниця $\Delta H = H_1 - H_2$ «проганяє» воду крізь проникну основу під підошвою греблі. На дні водойм потенціал відомий — це умови Діріхле $\varphi = H_1$ і $\varphi = H_2$; на підошві греблі та на водотривкому шарі $\frac{\partial^2\varphi}{\partial n} = 0$. Лінії течії, що огинають підошву споруди, ортогональні до ліній рівного напору, а разом вони утворюють гідродинамічну сітку, з якої інженер визначає витрату фільтрації, протитиск на підошву греблі та градієнти напору на виході потоку в нижній б'єф, де можливе винесення частинок ґрунту. Витрата фільтрації на одиницю довжини споруди пропорційна $k\Delta H$, а коефіцієнт пропорційності залежить лише від геометрії області — у цьому й полягає практична сила лінійної теорії.

Ще один класичний приклад — усталений приплив води до колодязя в безнапірному пласті. Для осесиметричного випадку формула Дюпюї дає дебіт колодязя

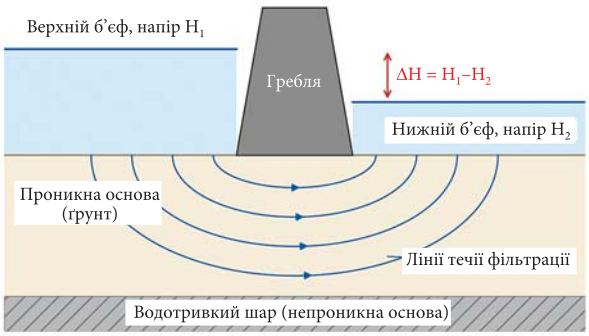
$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_w^2)}{\ln\frac{R}{r_w}},$$

де k — коефіцієнт фільтрації, H — потужність незбуреного потоку, h_w — рівень води в колодязі, r_w — радіус колодязя, а R — радіус впливу, за межами якого рівень ґрунтових вод практично не знижується. Відбір води формує депресійну криву $h(r)$, яка плавно піднімається від рівня води в колодязі до незбуреного напору на радіусі впливу:

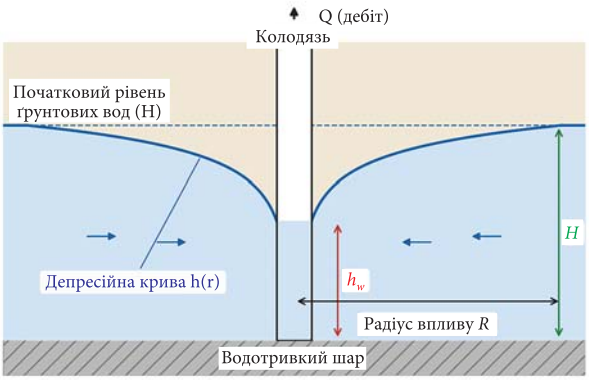
$$h^2(r) = h_w^2 + (H^2 - h_w^2)\frac{\ln\frac{r}{r_w}}{\ln\frac{R}{r_w}}.$$

Такі залежності безпосередньо використовували у водопостачанні, осушенні та проєктуванні дренажних систем. Для плоских задач Соколов застосовував елегантний метод комплексного потенціалу: потенціал швидкості φ й функцію течії ψ об'єднують в одну аналітичну функцію $w(z) = \varphi + i\psi$, а складну область фільтрації конформним відображенням переводять у просту, де розв'язок відомий. Цей підхід природно поєднувався з його інтересом до теорії функцій комплексної змінної, якій він присвятив окремий посібник [17]. Прикладне значення робіт було виразним: приплив до колодязів і дренажів, фільтрація під греблями й шлюзами, меліорація, будівництво на обводнених ґрунтах. В Інституті математики систематичні дослідження з теорії фільтрації від 1945 р спільно проводили М.О. Лаврентьєв, Ю.Д. Соколов і П.Ф. Фільчаков, зокрема у зв'язку з великими гідротехнічними будовами на Волзі, Дніпрі, Дону й Амудар'ї. Згодом Фільчаков розробив метод моделювання фільтрації на електропровідному папері [3]. Усе це органічно узгоджувалося з багаторічною працею Соколова на кафедрі вищої математики Київського інженерно-будівельного інституту, де теорія безпосередньо живила інженерну практику.

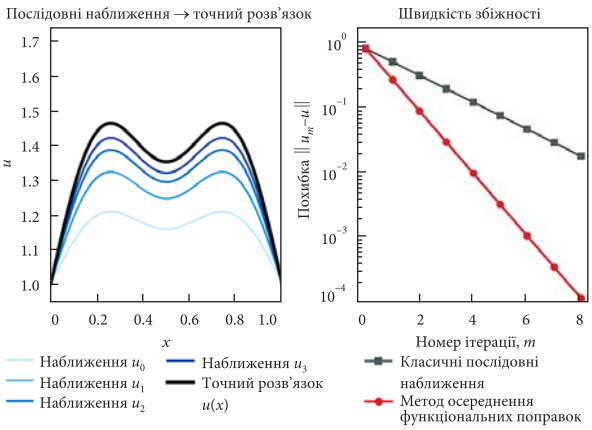
Метод осереднення функціональних поправок. Третій і, можливо, найвпливовіший напрям — наближені методи розв'язання інтегральних і диференціальних рівнянь. Тут Соколов запропонував оригінальний підхід, який увійшов у науку під його ім'ям. Щоб пояснити його ідею в сучасному спрощеному записі, розгляньмо інтегральне рівняння Фредгольма



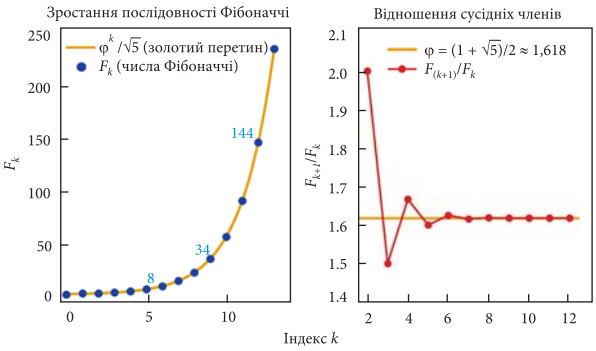
Фільтрація під греблею: різниця напорів верхнього й нижнього б'єфів спричиняє рух води крізь проникну основу; лінії течії огинають підошву споруди (схема)



Приплив ґрунтових вод до колодязя: відбір води знижує їх рівень і формує депресійну криву (формула Дюпюї) (схема)



Метод осереднення функціональних поправок: послідовні наближення відтворюють точний розв'язок (ліворуч); похибка методу спадає помітно швидше, ніж у класичних послідовних наближеннях (праворуч, логарифмічний масштаб) (схема)



Послідовність Фібоначчі як розв'язок різницевого рівняння: члени лягають на криву, задану більшим характеристичним коренем (ліворуч); відношення сусідніх членів збігається до золотого перетину (праворуч) (схема)

другого роду

$$u(x) = f(x) + \lambda \int_a^b K(x,s)\,u(s)\mathrm{d}s,$$

де $K(x, s)$ — відоме ядро, $f(x)$ — вільний член, λ — параметр, а $u(x)$ — шукана функція. Природний спосіб розв'язання — ітерації Пікара, у яких попереднє наближення підставляють під знак інтеграла:

$$u_{m+1}(x) = f(x) + \lambda \int_a^b K(x,s)\,u_m(s)\mathrm{d}s,$$
$$u_0 = f;$$

процес збігається, проте часто повільно, і на кожному кроці вимагає обчислення інтеграла від щоразу складнішої функції. Ідея Соколова елегантна: поправку $\delta_m = u_m - u_{m-1}$, що стоїть під знаком інтеграла, на кожній ітерації замінюють її сталим середнім значенням на проміжку,

$$\overline{\delta_m} = \frac{1}{b-a}\int_a^b \delta_m(s)\mathrm{d}s,$$

$$\int_a^b K(x,s)\,\delta_m(s)\mathrm{d}s \approx \overline{\delta_m}\int_a^b K(x,s)\,\mathrm{d}s.$$

Стала виноситься за інтеграл, і складний інтеграл від невідомої функції перетворюється на простий інтеграл від самого лише ядра, який часто можна обчислити аналітично. Збіжність, як і для інших ітераційних схем, забезпечує принцип стиснення:

$$\|u_{m+1} - u\| \le q\|u_m - u\|,\ q < 1,$$

причому за належних умов на ядро осереднення дає менший коефіцієнт стиснення, ніж класична схема, — наближення сходяться швидше.

Метод не обмежується інтегральними рівняннями: його застосовують до крайових задач для диференціальних рівнянь та до інтегро-диференціальних рівнянь математичної фізики — всюди, де точний розв'язок недосяжний або надто громіздкий. Соколов розвивав і систематизував цей підхід упродовж багатьох років, очолюючи відділ диференціальних рівнянь, і узагальнив у підсумковій статті [18] та у монографії «Метод осереднення функціональних поправок» [19]. Саме цей результат найчастіше пов'язують з його іменем.

Лінійні різницеві рівняння. Четвертий напрям — теорія лінійних різницевих рівнянь, прямого дискретного аналога диференціальних: похідні замінюються скінченними різницями, а неперервний аргумент — цілочисловим індексом. Лінійне однорідне різницеве рівняння n-го порядку зі сталими коефіцієнтами має вигляд

$$y_{k+n} + a_1 y_{k+n-1} + \ldots + a_n y_k = 0,$$

а його розв'язок шукають у вигляді геометричної прогресії $y_k = \lambda^k$, що приводить до алгебраїчного характеристичного рівняння

$$\lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \ldots + a_n = 0;$$

вигляд загального розв'язку залежить від характеру його коренів — простих, кратних чи комплексно-спряжених. Найвідоміший приклад — рекурентне співвідношення Фібоначчі $F_{k+2} = F_{k+1} + F_k$, характеристичне рівняння якого $\lambda^2 = \lambda + 1$ має корені

$$\lambda_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2},\ \varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1{,}618,$$

більший з яких — золотий перетин φ: суто алгебраїчні корені повністю визначають поведінку послідовності, зокрема її експоненційне зростання. Значення напряму насамперед практичне: різницеві рівняння є фундаментом скінченнорізницевих методів наближеного розв'язання диференціальних рівнянь, на яких ґрунтуються сучасні чисельні розрахунки. Підсумком стала рання монографія Соколова «Лінійні різницеві рівняння» (1935) — одна з

перших вітчизняних праць із систематичним викладом відповідної теорії [20].

Педагог. Поряд з академічною роботою Соколов упродовж усього життя вів масштабну викладацьку діяльність — одночасно в кількох київських вишах. За його автобіографією, він був професором-завідувачем кафедри Вечірнього робітничого машинобудівного інституту (1929—1934), Політехнічного інституту шкіряної промисловості (1930—1938), кафедри математики Київського індустріального інституту (1937 — вересень 1941), професором кафедри механіки Київського державного університету (1935 — вересень 1941 і з листопада 1943) та її завідувачем (з 1944) [9]. Ще раніше, у 1922—1929 рр., він викладав на посаді доцента в Київському архітектурному (згодом — художньому) інституті, а з 1929 р. був там професором математики [9]. Окреме місце посідає Київський інженерно-будівельний інститут (нині — Київський національний університет будівництва і архітектури): Соколов був серед професорів, які підтримали ідею його створення на базі будівельного відділення політехніки, і з 1930 р. по вересень 1941 р. та з грудня 1943 р. — майже чотири десятиліття — очолював там кафедру математики, фактично сформувавши її обличчя [7].

Сучасники одностайно відзначали його лекторський хист: висока культура й ерудиція, темперамент, почуття гумору та повний контакт з аудиторією перетворювали кожну лекцію на взірець педагогічної майстерності. Він умів поєднувати строгість математичного викладу з живою подачею й показував математику не як набір абстрактних правил, а як робочий інструмент для задач механіки, фізики й техніки — те саме поєднання теорії та застосувань, що й у його працях.

Соколова запам'ятали і як людину широкої гуманітарної культури: він мав феноменальну пам'ять, знав шість іноземних мов — англійську, італійську, польську, білоруську, французьку та німецьку, був знавцем поезії, захоплювався віршами Омара Хаяма й доречно декламував їх на завершення наукових семінарів і навіть засідань ученої ради [2, 6].



Ю.Д. Соколов (третій зліва) з колегами з Київського політехнічного інституту, 1956 р.

Учні та наукова школа. Під керівництвом Соколова підготовлено близько 20 кандидатів наук, які продовжили дослідження в небесній механіці, теорії диференціальних та інтегральних рівнянь і наближених методах, розвиваючи насамперед його метод осереднення. Окрему, дуже шляхетну роль він відіграв у долі учнів репресованого Михайла Кравчука — Олексія Смогоржевського та Володимира Зморовича: вберіг їх від звільнення, підтримав науково, пізніше був опонентом на захистах їхніх докторських дисертацій. Обидва стали професорами й очолили математичні кафедри Київського політехнічного інституту [8]. До кола математиків, чия тематика близька до інтересів Соколова, належить і Павло Феодосійович Фільчаков (1916—1978), згодом член-кореспондент АН УРСР, багаторічний співробітник Інституту математики: вони роками працювали пліч-о-пліч у теорії фільтрації, хоча прямий зв'язок «учитель — учень» варто уточнити на основі документів. Через цих учнів і через засновану ним кафедру традиція київської математичної школи знайшла продовження в інженерно-прикладному середовищі. Лінія спадкоємності — від Чебишева через Граве до Соколова й далі до його учнів — є наочним прикладом того, як формуються й живуть математичні школи.

Захист Кравчука. Соколов залишався принциповою й безкомпромісною людиною впродовж усього життя, і його громадянська позиція виявлялася не в деклараціях, а у вчинках, що вимагали особистої мужності. Чи не найяскравіший приклад — справа академіка Михайла Кравчука, наставника Соколова в широкому сенсі належності до київської математичної школи. Кравчука в 1938 р. заарештували за сфабрикованими звинуваченнями в «буржуазному націоналізмі» та шпигунстві; він загинув на Колимі 1942 р. Ще до арешту, після усунення Кравчука, Соколов у 1937 р. очолив кафедру математики Київського індустріального (політехнічного) інституту і зробив усе, щоб зберегти його учнів. У роки, коли саме ім'я репресованого було небезпечно вимовляти, а більшість колишніх колег воліли дистанціюватися, Соколов не приєднався до хору осудників: він намагався не відвідувати збори, де ганьбили Кравчука, і, що особливо сміливо, надіслав до органів НКВС лист на його захист. За «Хронікою» Інституту математики, влітку 1938 р. такі листи надіслали до НКВС УРСР член-кореспондент АН УРСР Ю.Д. Соколов, член-кореспондент АН СРСР М.Г. Чеботарьов, професор О.С. Смогоржевський, доценти Й.Б. Погребиський і Я.С. Гольдбаум та ін. [4]. У сталінську добу заступництво за «ворога народу» легко могло призвести до звинувачень і проти самого заступника.

Роки окупації: обсерваторія. Окрему сторінку життя Соколова становить його поведінка в роки німецької окупації Києва. Не маючи змоги виїхати з міста через тяжку хворобу — свою та материну, він погодився очолити те, що лишилося від астрономічної обсерваторії університету. На перших же зборах співробітників він відкрито поставив мету — зберегти все цінне, що не вдалося евакуювати, і не дати окупантам використати обсерваторію для військових потреб. До штату він зараховував людей, яким загрожувало вивезення на роботу до Німеччини, а на території обсерваторії переховував тих, кому загрожувала смерть. Коли під час відступу німці готувалися вивезти майно обсерваторії, співробітники завантажили в привезені для пакування ящики каміння, металобрухт і ганчір'я, а самі поховалися в знайомих у місті — так було врятовано бібліотеку й обладнання [2, 6]. В автобіографії 1949 р. Соколов додає до цього дві деталі, яких немає в пізніших життєписах: на території обсерваторії переховували не лише людей, а й підпільну радіоустановку, а після звільнення Києва, з листопада 1943 до березня 1944 р., він відбудовував обсерваторію як виконувач обов'язків директора [9]. За збереження майна обсерваторії його 1968 р. нагородили медаллю «За оборону Києва».

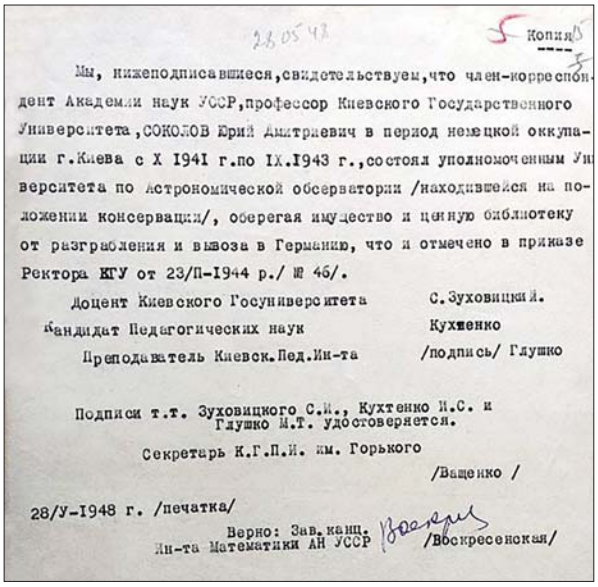
Цю інформацію підтверджує й окремий офіційний документ. 28 травня 1948 р. троє осіб — доцент Київського держуніверситету кандидат педагогічних наук С.І. Зуховицький, І.С. Кухтенко та викладач Київського педагогічного інституту М.Т. Глушко — посвідчили своїми підписами, що з жовтня 1941 р. до вересня 1943 р. Соколов, уповноважений університету у справах законсервованої обсерваторії, вберіг її майно й бібліотеку від розграбування та вивезення до Німеччини, і посилалися на відповідний наказ ректора Київського державного університету від 23 лютого 1944 р. № 46 [11]. Цінність документа в тому, що він незалежно підтверджує розповідь самого вченого, і серед тих, хто його підписав, був один з урятованих Соколовим.

Порятунок Семена Зуховицького. Найвищим виявом мужності став порятунок людського життя. Із жовтня 1941 р. до листопада 1943 р. Юрій Дмитрович разом із дружиною Марією Олександрівною переховував свого учня, математика Семена (Симона) Ізраїльовича Зуховицького, якому як єврею загрожувала смерть. Соколови мешкали тоді у спільній квартирі на вулиці Рейтарській — разом із дочкою академіка Граве Оленою Дмитрівною Калустян, тож зв'язок із сім'єю вчителя був і побутовим. Родина Калустянів, викладач фізики М.Т. Глушко і завідувач лабораторії В.Н. Добровольський допомагали ховати переслідуваних у підвалах обсерваторії під стаціонарними телескопами [2, 6]. Зуховицький дістався дому Соколових після втечі з табору для військовополонених, і подружжя дало йому прихисток.

Щоб легалізувати втікача, Соколов влаштував його в обсерваторію спершу двірником, а потім сторожем, видаючи за напівграмотного робітника «Семена Івановича».

Драматичні подробиці того періоду зберіг лист самого Зуховицького до подружжя Горбачуків, написаний 1994 р. в Єрусалимі [21]. У ньому є два напружені епізоди. Одного разу колишній сторож обсерваторії написав на Зуховицького донос, вважаючи його прихованим євреєм; довідавшись, що син доносника служить у Червоній армії, Соколов зібрав співробітників і прилюдно зачитав донос — після чого присоромленому сторожеві та іншим уже не спадало на думку чіпати «типового слов'янина Семена Івановича». Іншого разу до обсерваторії за доносом про переховування євреїв з'явилося гестапо; коли собача Зуховицького з гавкотом кинулося на німців, Марія Олександрівна без паніки відкинула його ногою, голосно наказавши прибрати, — і це послужило для Зуховицького сигналом сховатися. Він писав, що й через пів століття для нього лишалося загадкою, звідки Соколов і його дружина черпали силу духу, щоб роками ризикувати власним життям заради його порятунку, і просив, щоб пам'ять про подружжя Соколових залишалася священною. У 1984 р. Юрія й Марію Соколових визнано Праведниками народів світу — цю відзнаку надають подружжю разом, бо й смертельний ризик вони поділяли разом; відповідну довідку Яд Вашем видав 1993 р. [22].

Лист 139-ти. Друга віха у прояві громадянської позиції Соколова припадає вже на пізній період життя. У 1968 р. він підписав так званий лист 139-ти — колективне звернення представників української інтелігенції до Л. Брежнєва, О. Косигіна та М. Підгорного з протестом проти арештів і незаконних політичних судових процесів, один із наймасовіших відкритих протестів після хрущовської «відлиги». Серед 139 підписантів — письменники, науковці, митці, представники руху шістдесятників; Соколов належав до небагатьох із найвищими академічними званнями й був одним із трьох математиків такого рівня, поряд з Ю.М. Березанським та А.В. Скороходом. Підпис рідко минав безслідно: для багатьох він обернувся звільненням, забороною друкуватися, увагою органів держбезпеки. Соколова на час підписання, у його 72 роки, почасти захищали вік і репутація. Ця готовність ученого двічі впродовж життя, за двох різних епох репресій, публічно стати на бік переслідуваних говорить про його характер більше за будь-які оцінки. Він не був дисидентом



Мы, нижеподписавшиеся, свидетельствуем, что член-корреспондент Академии наук УССР, профессор Киевского Государственного Университета, СОКОЛОВ Юрий Дмитриевич в период немецкой оккупации г. Киева с X 1941 г. по IX.1943 г., состоял уполномоченным Университета по Астрономической обсерватории /находившейся на положении консервации/, оберегая имущество и ценную библиотеку от разграбления и вывоза в Германию, что и отмечено в приказе Ректора КГУ от 23/П-1944 г./ № 46/.

Доцент Киевского Госуниверситета С. Зуховицкий
Кандидат Педагогических наук Кухненко
Преподаватель Киевск. Пед. Ин-та /подпись/ Глушко

Подписи т.т. Зуховицкого С.И., Кухтенко И.С. и Глушко М.Т. удостоверяется.

Секретарь К.Г.П.И. им. Горького /Ващенко /

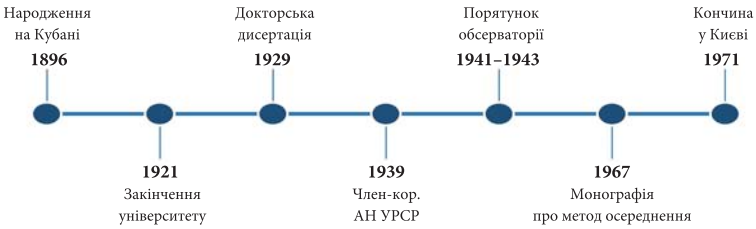
28/У-1948 г. /печатка/

Верно: Зав. канц. Ин-та Математики АН УССР /Воскресенская/

Свідчення С.І. Зуховицького, І.С. Кухтенка та М.Т. Глушка про діяльність Ю.Д. Соколова в астрономічній обсерваторії в роки окупації (засвідчена копія, 28 травня 1948 р.)



Семен Ізраїльович Зуховицький (1908—1994)



Хронологічна стрічка із зазначенням ключових подій життя Ю.Д. Соколова (схема)

у звичному розумінні; його спротив виростав із простого й твердого почуття справедливості, яке він ставив вище за особисту безпеку.

Людина. Про родину Соколова доступні життєписи подають лише стислі відомості, і це тим більше підкреслює роль Марії Олександрівни — не просто супутниці життя, а співучасниці найтяжчого морального випробування. Високі моральні принципи, як бачимо, були спільними для всієї родини, а не лише особистою рисою вченого. Самого Соколова колеги запам'ятали як людину, в якій строга математика поєднувалася з любов'ю до слова, а принциповість — із теплим ставленням до учнів.

Останні роки. Після звільнення Києва Соколов повернувся до активної наукової та організаційної роботи: у 1943—1944 рр. працював старшим науковим співробітником Інституту фізики та математики, а згодом знову в Інституті математики, де входив до вченої ради й від 1957 р. до кінця життя завідував відділом диференціальних рівнянь — саме в цей період остаточно оформився його метод осереднення. Його працю відзначено орденом Трудового Червоного Прапора.

Юрій Дмитрович Соколов помер 2 лютого 1971 р. в Києві; його поховано на Байковому кладовищі, в некрополі, де спочиває чимало видатних діячів української науки й культури [2, 5].

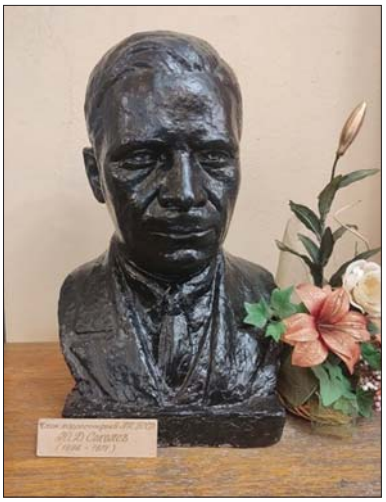
Пам'ять. Пам'ять про вченого зберігають по-різному. Поряд із кафедрою, де він працював, установлено меморіальну дошку; його ім'я й доробок вшановують ювілейними науковими семінарами, зокрема до 115-річчя від дня народження було проведено спеціальний захід за участю Державного політехнічного музею при КПІ та Астрономічного музею обсерваторії Київського університету [6]; заснована ним кафедра вищої математики КНУБА працює й сьогодні [7]. А в самому Інституті математики про Соколова нагадують і погруддя з лаконічним написом на табличці, і документи з його особової справи — ті самі, з якими читач щойно познайомився.

Замість висновків. Що ж лишається нам від Соколова через 130 років?

По-перше, результати, які працюють: умови співудару в задачі трьох тіл, прикладна теорія фільтрації, метод осереднення функціональних поправок, який і нині застосовують у наближеному аналізі.

По-друге, урок педагога, який чотири десятиліття читав лекції так, що їх пам'ятали все життя, і виховав ціле покоління викладачів.

По-третє — і це головне — приклад людини, яка і в 1938-му, і в роки окупації, і в 1968-му робила не те, що було безпечно, а те, що було правильно: писала до НКВС на захист заарештованого колеги, ховала під телескопами приречених і підписувала протест, хоча цього від неї ніхто не вимагав.



Погруддя Ю.Д. Соколова; напис на табличці: «Член-кореспондент АН УРСР Ю.Д. Соколов (1896—1971)»

У рік 130-річчя вченого Інститут математики, з яким від дня заснування було пов'язане його життя, має всі підстави виконати прохання, з яким понад тридцять років тому звернувся врятований ним учень.

СПИСОК ВИБРАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ Ю.Д. СОКОЛОВА
ТА МАТЕРІАЛІВ ПРО НЬОГО

1. Фрадлин Б.Н. *Юрий Дмитриевич Соколов (1896—1971).* Москва: Наука, 1984.
2. Горбачук М.Л. Юрій Дмитрович Соколов — видатний учений і громадянин (до сторіччя від дня народження). *У світі математики.* 1996. Т. 2, вип. 4. С. 84—87.
3. *Інститут математики АН УРСР*. Упоряд. Ю.О. Митропольський, В.В. Строк; відп. ред. Ю.О. Митропольський. Київ: Наукова думка, 1988.
4. Самойленко А.М., Строк В.В., Сукретний В.І. *Хроніка-2005. Сторінки з історії Інституту математики*. Відп. ред. А.М. Самойленко. Київ: Ін-т математики НАН України, 2005.
5. Казанцева Л.В. Соколов Юрій Дмитрович. *Енциклопедія Сучасної України*. Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. https://esu.com.ua/article-881730
6. Баштова Л.С., Казанцева Л.В. Соколов Юрій Дмитрович. До 115-річчя з дня народження. *Київський політехнік*. 2011. № 21.
7. Соколов Ю.Д. Київський національний університет будівництва і архітектури. https://www.knuba.edu.ua/sokolov-yu-d/
8. Соколов Юрій Дмитрович. Він зберіг та збагатив математичну школу КПІ. КПІ ім. Ігоря Сікорського. https://kpi.ua/1133-2
9. Соколов Ю.Д. Автобіографія (рукопис). Київ, 8 квітня 1949 р. Особова справа Ю.Д. Соколова. Відділ кадрів Інституту математики АН УРСР, опис 3-л, справа № 244, 59 арк.
10. Список наукових праць члена-кореспондента АН УРСР, доктора фізико-математичних наук, професора Ю.Д. Соколова. Машинопис, 1951. Особова справа Ю.Д. Соколова (там само).
11. Свідчення С.І. Зуховицького, І.С. Кухтенка та М.Т. Глушка про діяльність Ю.Д. Соколова в астрономічній обсерваторії під час окупації Києва. Засвідчена копія, 28 травня 1948 р. Особова справа Ю.Д. Соколова (там само).
12. Sokoloff G. Sur le mouvement d'un point matériel, attiré par un centre fixe et soumis à l'action d'une force perturbatrice constante. *Записки Фізично-математичного відділу ВУАН*. 1922. Т. I, вип. 1. (Передрук: Revista Matemática Hispano-Americana. Madrid, 1923.)
13. Sokoloff G. Über den Einfluss des magnetischen Sonnenfeldes auf die Planetenbewegung. *Astronomische Nachrichten.* 1927. Bd. 229. Nr. 5480.
14. Соколов Ю.Д. Умови загального співудару трьох тіл, що обопільно притягаються за законом Ньютона. *Праці Фізично-математичного відділу ВУАН*. 1928.
15. Соколов Ю.Д. Про загальний співудар у задачі трьох тіл, які взаємно притягаються обернено пропорційно довільному степеню віддалення. *Збірник праць Інституту математики АН УРСР*. Київ, 1940.
16. Соколов Ю.Д. *Особые траектории системы свободных материальных точек*. Киев, 1951.
17. Соколов Ю.Д. *Елементи теорії функцій комплексної змінної.* Київ, 1954.
18. Соколов Ю.Д. Исследования по дифференциальным уравнениям. *Український математичний журнал*. 1967. Т. 19, № 6. С. 32—38.
19. Соколов Ю.Д. *Метод осереднення функціональних поправок*. Київ, 1967.
20. Соколов Ю.Д. *Лінійні різницеві рівняння*. Київ, 1935.
21. Зуховицький С.І. Лист до подружжя Горбачуків. Єрусалим, 1994. Матеріали Астрономічного музею Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка.
22. Sokolov Yuri & Maria. The Righteous Among the Nations Database. Yad Vashem. https://righteous.yadvashem.org/

Alexander N. Timokha
Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6750-4727

YURII DMYTROVYCH SOKOLOV: MATHEMATICIAN, MECHANICIAN, TEACHER, CORRESPONDING MEMBER OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE UKRAINIAN SSR, RIGHTEOUS AMONG THE NATIONS

To the 130th anniversary

The article is dedicated to the 130th anniversary of the birth of Yurii Dmytrovych Sokolov (1896—1971), mathematician and mechanician, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, and one of those who built up the Institute of Mathematics from its earliest years. His life is traced from a childhood in the Kuban region, Kyiv University and the school of Academician D.O. Grave, and the first papers on celestial mechanics published in Madrid and Kiel, through the 1929 doctoral thesis on the conditions of total collision in the three-body problem, to decades of heading the departments of mechanics, hydrodynamics, and differential equations. Four lines of Sokolov's research are reviewed: the theory of collisions in the three-body problem, the theory of groundwater filtration, the method of averaging functional corrections, and the theory of linear difference equations. His teaching at Kyiv higher schools and his scientific school are discussed, as well as his civic stance: a letter in defence of the repressed M.P. Kravchuk (1938), the rescue of the mathematician S.I. Zukhovytskyi during the occupation of Kyiv, for which the Sokolovs were recognised as Righteous Among the Nations, and his signature under the "Letter of the 139" (1968). Archival documents from the scientist's personal file kept at the Institute of Mathematics of the NAS of Ukraine are presented: his handwritten autobiography of 1949, the personnel record sheet, the 1951 list of publications, and the 1948 testimony on his activity at the astronomical observatory during the occupation.

Cite this article: Timokha A.N. Yurii Dmytrovych Sokolov: Mathematician, Mechanician, Teacher, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Righteous Among the Nations. To the 130th anniversary. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr*. 2026. (11): 40—54. https://doi.org/10.15407/visn2026.11.040