



ВАСИЛЕНКОВ
Віктор Єгорович,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри теплоенергетики
Національного університету
біоресурсів і природокористування
України
wasil14@ukr.net
(м. Київ)

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСВІДУ СТВОРЕННЯ МЕХАНІКИ РІДИНИ ВІД АНТИЧНОСТІ ДО ХVІІІ СТОЛІТТЯ

Визначено, що у далекій давнині гідравліка була тільки ремеслом без яких-небудь наукових основ. За 250 років до н.е. почали з'являтися трактати, у яких уже виконувалися досить серйозні для того часу теоретичні узагальнення окремих питань механіки рідини. Архімед (287–212 р. до н.е.) залишив після себе аналіз питань гідростатики й плавання. За минулий час до праці Архімеда, присвяченій гідростатиці, мало що вдалося додати. Регрес в області механіки рідини тривав до другої половини ХV ст. У ХVІ ст. почали розвиватися експериментальні дослідження: вивчається принцип роботи гідравлічного преса, аеродинаміка літальних апаратів, витікання рідини через отвори, визначено величину гідростатичного тиску на плоску фігуру, пояснення «гідростатичного парадоксу». Висвітлено наукову діяльність вчених (Галілея, Коперника, Паскаля, Декарта, Гука, Ньютона, Лейбніца, Ломоносова й багатьох інших). Швидко почали створюватися сучасні наукові школи з механіки рідини, які були закладені трьома вченими ХVІІІ ст.: Бернуллі, Ейлером і Даламбером.

Ключові слова: гідравліка, механіка рідини, наукова школа, вчені, закони.

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE RESEARCH OF EXPERIENCE OF THE CREATION OF MECHANICS OF THE LIQUID FROM ANTIQUITY UP TO THE XVIII CENTURY

It is determined that in ancient times hydraulics was only a craft without any scientific basis. For 250 years BC. treatises began to appear in which theoretical enough generalizations of certain questions of fluid mechanics were already being carried out. Archimedes (287–212 BC) left behind an analysis of hydrostatics and navigation. Over the past time, little has been added to the work of Archimedes on hydrostatics. The regression in the field of fluid mechanics continued until the second

half of the 15th century. In the 16th century, experimental research began to develop: the working principle of the hydraulic press, the aerodynamics of aircraft, leakage through holes, the hydrostatic pressure on a flat figure, the explanation of the «hydrostatic paradox». The scientific activity of scientists (Galileo, Copernicus, Pascal, Descartes, Hooke, Newton, Leibniz, Lomonosov and many others) is highlighted. Modern scientific schools on fluid mechanics, which were founded by three scientists of the XVIII century: Bernoulli, Euler and D'Alembert, began to be created quickly.

Key words: hydraulics, fluid mechanics, scientific school, scientists, laws.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЫТА СОЗДАНИЯ МЕХАНИКИ ЖИДКОСТИ ОТ АНТИЧНОСТИ ДО XVIII ВЕКА

Определено, что в глубокой древности гидравлика была только ремеслом без каких-либо научных оснований. За 250 лет до н. э. начали появляться трактаты, в которых уже выполнялись достаточно серьезные для того времени теоретические обобщения отдельных вопросов механики жидкости. Архимед (287–212 гг. до н.э.) оставил после себя анализ вопросов гидростатики и плавания. За прошедшее время к труду Архимеда, посвященной гидростатике, мало что удалось добавить. Регресс в области механики жидкости продолжался до второй половины XV века. В XVI веке начали развиваться экспериментальные исследования: изучается принцип работы гидравлического пресса, аэродинамика летательных аппаратов, утечки через отверстия, определена величина гидростатического давления на плоскую фигуру, объяснение «гидростатического парадокса». Освещена научная деятельность ученых (Галилея, Коперника, Паскаля, Декарта, Гука, Ньютона, Лейбница, Ломоносова и многих других). Быстро начали создаваться современные научные школы по механике жидкости, которые были заложены тремя учеными XVIII века: Бернулли, Эйлером и Даламбером.

Ключевые слова: гидравлика, механика жидкости, научная школа, ученые, законы.

Слово «гидравлика» походит від сполучення двох грецьких слів – *hydor* (вода) і *aulos* (труба) – і означає течію води по трубах.

Зміст сучасної гідравліки незрівнянно ширший. Питання, що вивчаються в гідравліці, охоплюють рух води не тільки в трубах, але і у відкритих руслах (каналах, річках), різних гідротехнічних спорудах і системах, а також рух інших рідин (нафта, масла, розчини) в трубопроводах і гідромашинах. На підставі цього сучасну гідравліку розглядають як одну з галузей механіки – механіку рідини [1, 2].

Математичний апарат гідравліки спирається на такі науки, як математика, фізика, теоретична механіка. В свою чергу, вона є базовою дисципліною при вивченні курсів: гідроприводи, насосні, вентиляційні установки, гідромашини, водопостачання, каналізація, теплоенергетика.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гідравліку поділяють на дві частини: гідростатику і гідродинаміку, причому остання містить у собі і кінематику рідини. Гідростатика вивчає закони рівноваги рідин і їх силову дію на тверді стінки, що обмежують об'єми рідин; гідродинаміка – закони руху рідин і їх взаємодію з твердими стінками або тілами, які знаходяться у потоці рідини. В роботах Б.О. Ботика, Н.З. Френкеля, М.А. Палішкіна [1, 4–6] розроблені теоретичні і практичні засади рівноваги та руху рідини.

Задоволення попиту на воду в містах, на підприємствах і в селищах здійснюється шляхом влаштування централізованих систем водопостачання. Сучасний водопровід є системою складних споруд для видобування води, очищення її (якщо це потрібно), зберігання необхідних запасів і транспортування до споживача. Водовідведення складається з комплексу споруд для організованого відведення стічної рідини, очищення її і випуску в водоймище. Правильне вирішення питань водопостачання і водовідведення можливе лише в комплексній ув'язці з питаннями енергопостачання, газопостачання, транспорту, що знайшло відображення в роботах Б.В. Канторовича, М.И. Маковозова [2–3].

Стан джерел водопостачання і якість питної води безпосередньо впливають на здоров'я населення. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), 25% населення постійно ризикує захворіти на хвороби, пов'язані із споживанням недоброякісної питної води. У країнах, що розвиваються, кожний третій мешканець страждає через брак питної води та необхідних санітарних умов – основних вимог для здорового і гідного життя. У цих країнах приблизно 80% всіх хвороб і 1/3 смертельних випадків спричинені споживанням забрудненої води.

Оскільки чисельність населення на Землі безперервно збільшується, то

невпинно зростають і потреби в чистій прісній воді, а отже, збільшується кількість стічних вод. Останні, потрапляючи в поверхневі й підземні джерела вод, забруднюють їх шкідливими токсичними домішками, небезпечними для життя людини, внаслідок чого скорочуються і без того обмежені резерви прісної води.

Людині потрібна чиста високоякісна прісна вода. Тому збереження і охорона водних ресурсів від виснаження – одна з найважливіших проблем людства, яка значно ускладнюється у зв'язку з урбанізацією людського суспільства, інтенсивним розвитком промисловості й сільського господарства, використанням різних хімічних препаратів у побуті й виробництві, що призводить до значного забруднення води і ґрунтів. Це перешкоджає вирощуванню екологічно безпечної харчової рослинної і тваринної продукції та сировини. Наслідком міграції токсичних компонентів у ґрунті, є негативний вплив на здоров'я людей, що свідчить про потребу охорони природних вод від забруднення. Саме тому питання охорони і раціонального використання прісної води посідає чільне місце у програмах економічного і соціального розвитку всіх без винятку країн світу

Особливе значення це питання має для України, яка за ступенем водозабезпечення займає одне з останніх місць серед країн Європи, а за водоемністю валового суспільного продукту випереджає їх. Жодна сфера людської діяльності не обходиться без використання води, адже вона – це саме життя. Для організму вода є «будівельним» матеріалом, підтримуючи його життєві функції. Людина використовує воду для пиття і приготування їжі, задоволення різних життєвих, господарських, побутових і санітарно-гігієнічних, рекреаційних потреб. Тільки для життєвих потреб людині щодоби потрібно 2,5 л чистої прісної води, а з урахуванням усіх інших її запитів витрати води на одну людину в промислово розвинених країнах становлять 300–600 л на добу [2, 5].

Але реалізація цього потенціалу була б неможливою без відповідного розвитку науки про воду, тобто без гідравліки, яка стала можливою у

результаті фундаментальних та прикладних наукових розробок у галузі водопостачання, розробок сучасних електрогідравлічних систем водопостачання, що базується на попередніх здобутках фізико-механічних властивостях рідин, питаннях теорії рівноваги і руху рідини, застосуванням гідравлічних машин [1–6].

Тому *метою дослідження* стало висвітлення наукового і практичного шляху розвитку механіки рідини.

Зародження окремих перших відомостей із області гідравліки варто віднести ще до глибокої стародавності, до гідротехнічних робіт, що проводилися стародавніми народами, що населяли Єгипет, Вавилон, Месопотамію, Індію, Китай та інші країни. Однак пройшло багато століть перш ніж почали з'являтися окремі, спочатку не зв'язані одна з одною, спроби виконати наукові узагальнення тих або інших спостережень, що відносяться до гідравлічних явищ.

Період Стародавньої Греції. У Греції ще за 250 років до н.е. почали з'являтися трактати, у яких уже виконувалися досить серйозні для того часу теоретичні узагальнення окремих питань механіки рідини. Математик і механік того часу Архімед (287–212 р. до н.е.) залишив після себе аналіз питань гідростатики й плавання. За минулий час до праці Архімеда, присвяченій гідростатиці, мало що вдалося додати. Представник давньогрецької школи Ктезибий (II ст. до н.е.) винайшов пожежний насос, водяні годинники й деякі інші гідравлічні пристрої. Герону Олександрійському (ймовірно, I століття н.е.) належить опис сифону, водяного приладу для наливання рідини й т.п.

Період Стародавнього Риму. Римляни запозичили багато чого у греків. У Древньому Римі будувалися складні для того часу гідротехнічні спорудження: акведуки, системи водопостачання й т.п. У своїх творах римський інженер–будівельник Фронтін (40–103 р. н.е.) указує, що в часи Траяна в Римі було 9 водопроводів, причому загальна довжина водопровідних ліній становила 436 км. Можна припускати, що римляни вже звертали увагу на: наявність зв'язку між площею живого перетину й ухилом дна русла, опір руху води в

трубах та на нерозривність руху рідини. Наприклад, Фронтін писав, що кількість води, що надійшла в трубу, повинна рівнятися кількості води, що випливає з неї.

Період Середньовіччя. Цей період, що тривав після падіння Римської імперії біля тисячі років, характеризується, як прийнято вважати, регресом, зокрема, і в області механіки рідини.

Епоха Відродження. Впродовж другої половини XV–XVI ст. почали розвиватися експериментальні дослідження, що поступово спростовували схоластичні погляди, підтримувані католицькою церквою. У цей період в Італії з'явилася геніальна особистість – Леонардо Да Вінчі (1452–1519), що, як відомо, вів свої наукові (експериментальні й теоретичні) дослідження у різних галузях; зокрема, Леонардо вивчав принцип роботи гідравлічного преса, аеродинаміку літальних апаратів, утворення водоворотних областей, відбиття й інтерференцію хвиль, витікання рідини через отвори й водозливи та інші гідравлічні питання. Він винайшов відцентровий насос, парашут, анемометр. Різні роботи Леонардо відбиті в збережених 7 тис. сторінок його рукописів, що зберігаються в бібліотеках Лондона, Парижа, Мілана й Туріна. Ймовірно, справедливо буде визнати, що Леонардо Да Вінчі є основоположником механіки рідини. До періоду Відродження відносяться роботи нідерландського математика – інженера Симона Стевіна (1548–1620), що визначив величину гідростатичного тиску на плоску фігуру, пояснив «гідростатичний парадокс». У цей період інший відомий італійський фізик, механік і астроном Галілео Галілей (1564–1642) показав, що гідравлічні опори зростають зі збільшенням швидкості й зі зростанням щільності рідкого середовища; він роз'ясняв також питання про вакуум.

Період XVII – початок XVIII століть. У цей час механіка рідини усе ще перебувала в зародковому стані. Разом з тим, тут можна відзначити імена наступних вчених, що сприяли її розвитку: Кастеллі (1577–1644) – викладач математики в Римі, який у зрозумілій формі виклав принцип нерозривності, Торичеллі (1608–1647) – видатний математик і фізик – навів формулу

розрахунку швидкості витікання рідини з отвору й винайшов ртутний барометр; Паскаль (1623–1662) – відомий французький математик і фізик – встановив, що значення гідростатичного тиску не залежить від орієнтування площадки дії, крім того, він остаточно вирішив і обґрунтував питання про вакуум; Ньютон (1643–1727) – геніальний англійський фізик, механік, астроном і математик, що дав поряд з рішенням низки гідравлічних питань наближений опис законів внутрішнього тертя рідини.

Друга середина XVIII століття. Формуються теоретичні основи сучасної механіки рідини. Аналізуючи відповідний історичний матеріал, можна побачити, що питання про вакуум усвідомлювалося людством протягом 2 тис. років (від Аристотеля, що невірно освітив це питання до Паскаля); питання про нерозривність руху рідини – протягом 1,5 тис. років (від Фронтіна до Кастеллі). Таке положення пояснюється тим, що перш ніж усвідомити подібні питання (із сучасної точки зору досить прості), потрібно попередньо чітко собі зрозуміти основні положення фізики й механіки, які в наш час люди засвоюють із дитячого віку: питання про силу ваги й всесвітнє тяжіння, швидкість і прискорення, тиск атмосфери й т.п. Тільки засвоївши такі знання, можна легко розібратися в «елементарних» положеннях механіки рідини. Однак рішення всіх цих питань фізики й механіки було досить важким завданням: на шляху розкриття їх стояла католицька церква, різні забобони, а також існуючі метафізичні пояснення різних явищ (наприклад, говорили, що ядро летить у повітрі тому, що той, хто відлив його, увів у нього відому силу, що і обумовлює рух ядра; Аристотель учив, що стріла, яка летить, надає рух повітрю й т.п.).

І ось до середини XVIII ст. дослідженнями низки вчених (Галілея, Коперника, Паскаля, Декарта, Гука, Ньютона, Лейбніца, Ломоносова, Клеро й багатьох інших) зазначені перешкоди частково було подолано. Після цього відносно швидко почали створюватися сучасні наукові школи з механіки рідини, які були закладені трьома вченими XVIII ст.: Бернуллі, Ейлером і Даламбером.

Д. Бернуллі (1700–1782) – видатний фізик і математик. Народився в Гронін-Гені (Голландія). Впродовж 1725–1733 рр. жив у Петербурзі та був професором і членом Петербурзької Академії наук. У Петербурзі він написав свою відому працю «Гідродинаміка», що була згодом опублікована (1738 р.) у м. Страсбург. У цій праці він висвітив низку основних гідравлічних питань і зокрема пояснив фізичний зміст доданків, що входять у сучасне рівняння усталеного руху ідеальної рідини, що носить його ім'я.

Л. Эйлер (1707–1783) — математик, механік і фізик – народився в м. Базелі (Швейцарія). Впродовж 1727–1741 рр. і з 1766 р. до кінця життя жив у Петербурзі та був членом Петербурзької Академії наук. Л. Эйлер не тільки підсумував і узагальнив у бездоганній математичній формі роботи попередніх авторів, але й склав відомі диференціальні рівняння руху й відносної рівноваги рідини, що носять його ім'я, а також опублікував цілу низку оригінальних рішень гідравлічних завдань, широко використовуючи створений на той час математичний апарат.

Ж. Даламбер (1717–1783) – математик і філософ, член Паризької, Французької й Петербурзької Академії наук. Опублікував низку трактатів, що відносяться до рівноваги й руху рідини; припускають, що Даламбер перший відзначив можливість кавітації рідини.

У зазначений період істотний внесок у справу розвитку механіки рідини внесли також два видатних французьких математики того часу: Ж. Лагранж (1736–1813), що ввів поняття потенціалу швидкості й досліджував хвилі малої висоти і П. Лаплас (1749–1827), що створив, зокрема, особливу теорію хвиль на поверхні рідини.

В цей же час зароджується технічний (прикладний) напрямок механіки рідини. Поряд із вченими Л. Эйлером, Д. Бернуллі, Даламбером і ін., що сформулювали основи сучасної механіки рідини, у середині й наприкінці XVIII ст. у Франції почала поступово утворюватися особлива школа – школа вчених-інженерів, які стали формувати механіку рідини, як прикладну (технічну) науку. Розглядаючи гідравліку, як галузь техніки, а не математики,

представники цієї школи ввели викладання механіки рідини в технічних навчальних закладах. До кінця XVIII ст. французька школа стала основною гідравлічною школою в області технічних наук.

Яскравими представниками цієї школи є: А. Піто (1695–1771) – інженер-гідротехнік, член Паризької Академії наук, винахідник «приладу Піто»; А. Шези (1718–1798) – із Французької школи мостів і доріг (Эколь ДЕ Пон Шосе), що сформулював параметри подоби потоків і обґрунтував формулу, що носить його ім'я; Ж. Борда (1733–1799) – військовий інженер, що займався питаннями витікання рідин з отворів і знайшов втрати напору при різкому розширенні потоку; П. Дюбуа (1734–1809) – інженер-гідротехнік і військовий інженер, що склав узагальнюючу працю «Принципи гідравліки».

Технічний напрямок механіки рідини розвивався й в інших країнах. Тут можна відзначити італійського професора Д. Вентурі (1746–1822) і німецького вченого-інженера Р. Вольтмана (1757–1837).

У результаті діяльності вчених-інженерів технічна механіка рідини (гідравліка) збагатилася винаходами відповідної вимірювальної апаратури (п'єзOMETрами, трубками Піто, вертушками Вольтмана й т.п.); ідеєю використання матеріальних (речовинних) моделей тих або інших гідравлічних явищ для їхнього вивчення й для проектування відповідних інженерних споруджень; ідеєю теоретичної побудови наближених розрахункових залежностей з уточненням таких залежностей за допомогою введення в них емпіричних коефіцієнтів.

Незважаючи на формування технічної механіки рідини в країнах Західної Європи геніальний російський вчений М.В. Ломоносов (1711–1765), з огляду на зростання промисловості й будівництва в Росії, почав також розвивати механіку рідини в технічному напрямку.

Підсумовуючи вище сказане, можна зробити висновок, що впродовж досліджуваного періоду (від древньої Греції до кінця XVIII ст.) розроблені теоретичні і практичні засади рівноваги та руху рідини, механіка рідини збагатилася винаходами відповідної вимірювальної апаратури, ідеєю

теоретичної побудови наближених розрахункових залежностей з уточненням таких залежностей за допомогою введення до них емпіричних коефіцієнтів. Вказані розробки і залежності не втратили своєї актуальності в наш час і потребують подальшого вивчення та систематизації.

Список використаних джерел та літератури

1. Ботук Б. О. Гидравлика. Москва : Высшая школа, 1962. 450 с.
2. Канторович Б. В., Кузнецов Н. К. Гидравлика, водоснабжение и гидросиловые установки. Москва : изд-во с. х. литературы, журналов и плакатов, 1961. 539 с.
3. Маковозов М. И. Гидравлика и гидравлические машины. Москва : изд-во машиностроительной литературы, 1962. 422 с.
4. Френкель Н. З. Гидравлика. Москва–Ленинград : Госэнергоиздат, 1956. 453 с.
5. Палишкин Н. А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение. Москва : Агропромиздат, 1990. 347 с.
6. Бугай Ю. Н., Огородников П. И., Палишкин Н. А. Гидравлика, гидромашини и гидропривод. Киев, 2002. 386 с.

References

1. Botuk, B. O. (1962). *Gidravlika* [Hydraulics]. Moskva : Vyisshaya shkola, 450. [in Russian].
2. Kantorovich, B.V. and Kuznetsov, N. K. (1961). *Gidravlika, vodosnabjenie i gidrosilovyie ustanovki* [Hydraulics, water supply and hydropower plants]. Moskva : izd-vo s. h. literaturyi, jurnalov i plakatov, 539. [in Russian].
3. Makovozov, M. I. (1962). *Gidravlika i gidravlicheskie mashinyi* [Hydraulics and Hydraulic Machines]. Moskva : izd-vo mashinostroitelnoy literaturyi, 422. [in Russian].
4. Frenkel, N. Z. (1956). *Gidravlika* [Hydraulics]. Moskva–Leningrad : Gosenergoizdat, 453. [in Russian].
5. Palishkin, N. A. (1990). *Gidravlika i selskohozyaystvennoe vodosnabjenie* [Hydraulics and agricultural water supply]. Moskva : Agropromizdat, 347. [in Russian].
6. Bugay, U. N., Ogorodnikov, P. I. and Palishkin, N. A. (2002). *Gidravlika, gidromashinyi i gidroprivod* [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drive]. Kiev, 386. [in Russian].

Рецензент:

Кланчук С.М., д.і.н., проф.

Надійшла до редакції 14.03.2018 р.