

УДК: 929:621.1«189/191»

DOI: 10.26661/swfh-2019-52-067

## Із історії становлення котлобудування: внесок інженера В. Г. Шухова в розвиток галузі

**О. Александров***Державний університет інфраструктури та технологій**aleksandrov.o@ukr.net**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-6331>*

**Ключові слова:** паровий котел, циліндричний котел, прямоочний котел, паровий котел з підігрівачем (кип'ятильником), секційний горизонтальний водотрубний паровий котел системи «Бабкок і Вількокс», секційний горизонтальний водотрубний паровий котел системи В. Г. Шухова.

У статті розглядається вплив інженерних і наукових праць видатного інженера і вченого в галузі теплотехніки, заслуженого діяча науки і техніки В. Г. Шухова на розвиток котлобудування, транспортування і складання різних видів секційних горизонтальних водотрубних парових котлів. З'ясовано особливості раціональних конструкцій котлів В. Г. Шухова в порівнянні з котлами інших іноземних систем. Показано розповсюдження цих котлів у нашій країні і за кордоном.

Також розглянуто основні рішення проблеми проектування і конструювання котлів, які застосовував В. Г. Шухов наприкінці XIX – на початку XX ст. Показано вплив ідей іноземних і вітчизняних інженерів-винахідників на формування і розвиток вітчизняного котлобудування. За допомогою методів хронологічного, історико-наукового, порівняльного й джерелознавчого аналізу висвітлено найважливіші історичні віхи становлення і генези котлобудування і внесок в його розвиток вітчизняних та іноземних винахідників.

Багаторічна праця В. Г. Шухова в галузі котлобудування висунула цю ділянку науки далеко вперед у порівнянні з рівнем розвитку світової техніки кінця XIX – початку XX століття. Своїми теоретичними працями, розробкою і впровадженням оригінальних за конструкцією і економічних котлів він здійснив вагомий внесок у розвиток теплотехніки. Численні наукові праці, винаходи в царині котлобудування В. Г. Шухова докорінно змінили технологію котлобудівного виробництва, тому спадщина вченого залишила вагомий слід в галузі котлобудування і заслуговує уважного вивчення.

---

## From the history of bottle building: an investment of engineer V. G. Shukhov in development of branch

**O. Aleksandrov***State University of Infrastructure and Technology**aleksandrov.o@ukr.net**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-6331>*

**Key words:** steam boiler, cylindrical boiler, direct boiler, steam boiler with heater (boiler), sectional horizontal water pipe boiler of the «Babkok and Wilkoks» system, sectional horizontal water pipe boiler of the system V.G.Shukhov.

The article deals with the influence of engineering and scientific works of the outstanding engineer and scientist in the field of heat engineering, Honored Scientist and Technician V.G. Shukhov on the development of boiler-building, transportation and assembly of various types of sectional horizontal water pipe steam boilers. We revealed the features of rational constructions of boilers of V.G. Shukhov in comparison with boilers of other foreign systems. The distribution of these boilers in the niche country and abroad is shown.

We also considered the main solutions to the problem of design and construction of boilers, which used V.G. Shukhov in the late XIX - early XX century.

We have shown the influence of ideas of foreign and domestic engineers-inventors on the formation and development of domestic boiler-houses. With the help of methods of chronological, historical-scientific, comparative and source-analysis analysis, we highlighted the most important historical milestones of the formation and genesis of boiler-building and the contribution to its development of domestic and foreign inventors.

Many years of work of V.G. Shukhov in the field of boiler-houses has advanced this area of science far ahead according to the level of development of world

technology of the late XIX – early XX century. Through his theoretical works, the development and implementation of original designs and economic boilers, he made a significant contribution to the development of heat engineering. Numerous scientific works, inventions in the field of boiler-house of V.G. Shukhov radically changed the technology of boiler-building production, therefore the legacy of the scientist left a significant track in the field of boiler-houses and deserves more careful study.

### Вступ.

На межі XVII–XVIII століть почалося промислове застосування водяної пари в парових машинах. Це було зумовлено швидким розвитком гірничозаводської і вугледобувної промисловості в країнах Заходу, що потребувало створення парових машин для відкачування води з шахт, більш потужних, ніж кінна тяга або водяне колесо. У зв'язку з цим галузь котлобудування посідає пріоритетне, першорядне значення для подальшого розвитку технічного прогресу, який зумовив створення різнобічних модифікацій парових машин і котлів. Галузь не могла вдосконалюватися без послідовно наростаючого використання результатів наукових досліджень у галузі теплотехніки, насамперед у вивченні властивостей водяного пару [1, с. 150]. Щоб показати пошуки оптимальних шляхів розв'язання цієї проблеми, актуальними стають дослідження, пов'язані з історією котлобудування. У цьому зв'язку важливе значення має персоналізований внесок окремих особистостей, що дасть змогу розкрити найважливіші історичні віхи становлення і показати генезу іноземного та вітчизняного котлобудування.

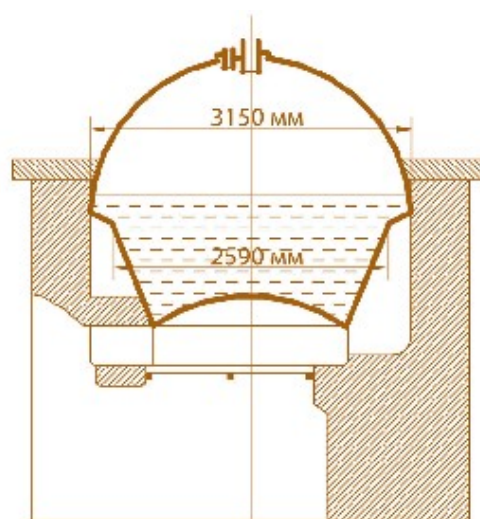
**Метою наукового дослідження є** відтворення цілісної картини еволюції вітчизняного і іноземного котлобудування на межі XIX -початку XX століть через призму діяльності видатного інженера-академіка Шухова Володимира Григоровича в галузі парової техніки. У дослідженні використовувалися хронологічний, історико-науковий, порівняльний методи.

Наукова та практична діяльність іноземних (Несмит Джемс, Олівер Еванс, Уатт Джемс та ін.) і вітчизняних котлобудувальників неодноразово була об'єктом вивчення (Л. Белькінд, Л. Бесов, І. Васильєв, І. Вавицький, І. Петропавловська, Г. Депп, А. Голян-Никольський, С. Плачкова, І. Плачков, С. Литвинов, Д. Ніколаєв, М. Савельєв, М. Стирикович, Г. Холодоковський та ін.). Але вона залишається актуальною і для нинішнього часу, зокрема важливо простежити внесок іноземних і вітчизняних інженерів у розвиток котлобудування, а також показати особливості раціональних конструкцій водотрубних парових котлів інженера-винахідника В. Г. Шухова.

**Результати та обговорення.** На початковому

періоді розвитку парових котлів використовувався пар низького тиску, а тому чинник міцності майже не впливав на процес розвитку котлів. Зокрема, Томас Ньюкомен (1663–1729), англійський винахідник атмосферного парового двигуна, одним із перших реалізував ідею використання пару для отримання механічної роботи. Однак машина Т. Ньюкомена не була паровою в сучасному розумінні цього слова, оскільки рушійною силою в ній, як і раніше, був не водяний пар, а атмосферний тиск повітря. Машини Т. Ньюкомена прекрасно працювали як водопідйомні пристрої, але не могли задовольнити нагальну потребу для промисловості в універсальному двигуні. Це був тільки підготовлений ґрунт для створення універсальних парових двигунів безперервної дії [7]; низька ефективність двигуна Т. Ньюкомена не давала змоги використовувати значну частину пари через конденсацію її в циліндрі, який необхідно було охолоджувати після кожного ходу поршня [2, с. 183].

Перші парові котли мали форму кулі, з увігнутим у вигляді купола днищем, під яким розміщувалася топка. Такого типу котли будували Томас Ньюкомен та інші винахідники того часу [мал. 1]. Одним з перших «справжніх» парових котлів вважається котел, запропонований французьким інженером-фізиком Дені Папеном (1647–1714) для парової машини.



Мал. 1 Котел Ньюкомена [С. Плачкова]

У 1680 р. цей учений винайшов паровий котел із запобіжним клапаном, який не тільки оберігав установку від вибуху, а й давав змогу з великою точністю регулювати температуру кипіння води. У 1690 р. він описав замкнений термодинамічний цикл парового двигуна, але створити двигун не зміг [7]. Як зазначив Г. Е. Холодоковський, «у 1707 році парова машина з паровим котлом, відокремленим від циліндрів була запропонована французьким інженером Д. Папенем» [15, с. 144]. У 1765 році винахідник І. І. Ползунов (1728–1766) створив першу в світі парову машину для заводських потреб, яка спочатку виготовлялася з міді, потім з чавуну, і лише наприкінці XVIII століття рівень розвитку чорної металургії дав можливість виготовляти парові котли зі сталевих листів [15, с. 144].

Але з часом, коли стали зростати вимоги щодо використання пару високого тиску в котлобудуванні, конструктори почали збільшувати поверхню нагріву котла, організовуючи обмурівку останнього так, щоб топкові гази відмивали не тільки дно, а й бічні поверхні. І це завдання щодо підвищення паропродуктивності шляхом установки двох-трьох котлів з одноциліндрованим двигуном успішно розв'язав англійський інженер Смітон, Джон (1724–1794) [1, с. 155–156].

Поступове вдосконалення окремих конструктивних елементів, технологічних прийомів і розширення знань привели до першого якісного стрибка в розвитку теплового двигуна. Початок нової ери в історії розвитку парових машин настав 1769 р., коли шотландський інженер, винахідник-механік Уатт, Джеймс (1736–1819), удосконаливши паро-атмосферну машину англійського інженера Томанса Ньюкомена, отримав патент на парову машину низького тиску з окремим конденсатором, виконаною як балансірна. Таким чином, у машині Д. Уатта вирішальною рушійною силою став не атмосферний тиск, а пружність пари підвищеного тиску, що приводить в дію поршень [14, с. 643–646], але слід зазначити, що за 22 роки до нього таку роботу здійснив Іван Ползунов [2, с. 189]. Д. Уатт надав своєму котлу особою форму, що визначило назву подібних котлів – «вагонний». Димарі котла створювали досить розвинену поверхню нагріву, але були і суттєві недоліки в конструкції цього котла: його стінки були плоскими і нездатними витримати високий тиск, що перешкоджало застосуванню «вагонних» котлів. У двигунах Д. Уатта тиск не перевищував 0,25 атм. Цю конструкцію «вагонного» котла з низьким тиском можна було використовувати лише для підігріву води, тобто використовувати даний винахід лише для технологічних цілей [1, с. 156], насампе-

ред його застосовували для відкачки води з шахт.

Новий принцип роботи пари потребував повної зміни в устрої машини, особливо циліндра і паророзподілу. Як зазначив Н. Я. Савельєв, «перші два десятиріччя XIX століття характерні широким поширенням парових машин «подвійної дії» тобто типу парової машини Уатта. Але в царській Росії і ці машини зазнали суттєвих змін. В Англії та Угорщині існувала перешкода для вдосконалення парових машин, оскільки Уатту був наданий на 25 років привілей у зміні в конструкції машин» [12, с. 7–8]. Отже, Уатт і Болтон були фактично монополістами у виробництві парових машин».

Інженерам-винахідникам потрібно було знайти оригінальне розв'язання проблеми, щоб збільшити потужність і економічність паросилового установок без підвищення початкового тиску пару. Цю проблему на початку XIX століття розв'язує англійський інженер, винахідник парового молота Несміт Джеймс (1808–1890 р.), який в 1842 р. отримав в Англії патент на паровий молот з подвійною дією і згодом удосконалив його [9, с. 915]. Несміт Джеймс писав: «...стали застосовувати високий тиск... що змусило інженерів старої школи зомліти зі страху. Але оскільки економічний результат цього підвищеного тиску пари дуже швидко виявився в абсолютно недвозначній формі фунтів, шилінгів і пенсів, парові котли високого тиску при конденсаційних машинах отримали майже загальне поширення» [1, с. 156]. «Високий тиск» Несміта Джеймса означав перехід від двигунів з надлишковим тиском 0,05–0,1 атм до тиску, який досягав 0,5–1 атм. Незважаючи на незначний з погляду сучасної техніки досягнутий тиск пари, це було на цей час дуже прогресивним.

Більш надмірний тиск пари для парових машин вперше застосував американський інженер-механік, винахідник Олівер Еванс (1755–1819) в Америці. Він побудував паровий двигун більш надмірного тиску (8–10 атм) з випуском пари в атмосферу. Діаметр жарової труби циліндричного котла з розміщеною в ній топкою був не набагато меншим діаметра барабана котла і, таким чином, котел мав порівняно невеликий об'єм води. Зовнішні газоходи, утворення обмуровки котла, в установці Е. Олівера були не передбачені [1, с. 157]. Е. Олівер відмовився від старих форм котлоагрегатів і використовував циліндричну форму як найбільш доцільну для посудини з високим тиском. Двигун Е. Олівера зберіг всі характерні для того часу конструктивні характеристики. До кінця XIX в. високий тиск досягає меж 13–15 атмосфер [1, с. 156]. Це призвело до зниження витрат палива ще до 3 кг на 1 к.с./год. Пізніше конструктори паровозів стали застосовувати багатоциліндрові парові ма-

шини, пари надмірного тиску, пристрій для реверсування [11, с. 125].

Інженер-винахідник парових машин в Російській імперії Степан Васильович Литвинов (1785–1843) протягом 1817–1827 рр. сконструював парові установки, у яких вперше запропонував ряд прогресивних рішень: прямоточний котлоагрегат з примусовою циркуляцією, пароперегрівник, двоступеневе пароутворення [8, с. 220]. А. Ю. Голян-Нікольський наголосив, що С. В. Литвинов уперше висунув ідею прямоточного котла найпростішої конструкції. Винахідник запропонував в систему розпечених ребристих труб подавати насосом високого тиску воду, яка майже миттєво перетворювалася б у перегрітий пар. Нині прямоточні котли є найбільш ефективними. Конструкція прямоточного котла, запропонована С. В. Литвиновим, була досить сміливою [6, с. 45]. У 1824 році цей винахідник сконструював один з ранніх котлів високого тиску до (10 атм). Паросилова установка містила в собі ряд новаторських елементів, яка увійшли в теплотехніку лише в ХХ столітті. Необхідно також зазначити, що в конструкції С. В. Литвинова котел мав ряд суттєвих недоліків: не мав манометра, запобіжних клапанів, а також пристроїв для чищення котла [12, с. 16]. Однак рішення завдання про потужний паровий двигун не могло бути знайдене без застосування пари високого тиску. Але це вимога була пов'язана з іншою вимогою – забезпеченням міцності котла. Для забезпечення міцності котла при підвищенні тиску потрібна була кульова або циліндрична форми котла, що суперечило вимогам збільшення поверхні нагрівання котла.

Це рішення знаходить англієць Галловей: щоб інтенсифікувати процес пароутворення, він запропонував трубки, що дроблять як водяний об'єм, так і газовий тракт котла. Подальше дроблення газового тракту котла на трубки малого діаметра отримало назву димогарних. Найбільш повно застосування димогарних трубок розвинулося в паровозних котлах. Дроблення водяного простору котла у вигляді «двійки», «шістки», «дев'ятки» було досить поширене в котельнях середини ХІХ століття. Залежно від розташування нижніх труб котлів ці котли називалися «з кип'ятильниками» або «з підігрівниками» [1, с. 159]. Необхідно підкреслити, що котли з кип'ятильниками були вельми поширені у Франції, тому їх іноді називають французькими котлами [5, с. 21]. Надалі почали застосовувати труби ще меншого діаметра (100 мм). Ці труби ефективніше розбивали водяний простір котла, тим самим покращували умови теплообміну. Істотний недолік котлів з кип'ятильниками полягав у тому, що при використанні жорсткої або брудної

води мінеральні та інші домішки відкладаються внизу, особливо на вогневому залізному листі, тобто, в найнебезпечнішому місці: завдяки цьому «погано проводять теплоту...швидко псуються... і перегорають» [5, с. 23].

Необхідно було зробити найосновніше: організувати надійну циркуляцію води в водотрубних котлах. Це завдання розв'язав німецький інженер Альбан Ернст (1791–1846), який працював в Англії. Він був одним з перших прихильників пари високого тиску (до 40 атм): в однокамерних і пізніше в двокамерних котлах [1, с. 160]. Водотрубні котли мали одну із переваг: котли з дробленням газового тракту під час введення трубок малого діаметра залишають в основі конструкції навантажений надмірним внутрішнім тиском барабан котла великого діаметру. У той же час ця обставина обмежує застосування котлів даного типу для тисків понад 20-30 атм. А в разі зменшення діаметра барабана парозбірника і винесення його за газовий тракт «відразу ж визначили майбутнє водотрубних котлів як котлів високого тиску» [1, с. 162].

Як зазначив Г. Е. Холодовський, сучасні парові котли були створені в процесі зміни конструктивних форм найпростішого циліндричного парового котла, який представляв собою «циліндр діаметром в 0,9-1 м і довжиною до 10-12 м, укладений в цегляну обмурівку. Нижня половина циліндра омивалася димовими газами, що виходять з топки, розташованої під котлом. Поверхня нагріву... не перевищувала 25 м. кв., їх паропродуктивність 400 кг/год, а робочий тиск пара 10 кг см. кв. Котел займав дуже багато місця, потребував великої затрати матеріалів і мав дуже низький ККД (30%)» [15, с. 144]. Тобто необхідно було вдосконалювати конструкцію парового котла: передбачати підвищення паропродуктивності котельних агрегатів, робочого тиску пари, який виробляється котлом, зменшення габаритів і питомої витрати матеріалів, збільшення коефіцієнта корисної дії. Для розв'язання цих проблем необхідно було збільшити число потоків води і пароциркулюючих усередині циліндричного парового котла і потоків димових газів, що омивають його зовні. Це збільшення числа потоків досягалося двома шляхами: створення газотрубних котлів або створення водотрубних котлів [15, с. 145]. Газотрубні котли парові мали малі габарити і досить високий ККД, але недоліком буде те, що їхня паропродуктивність «обмежена габаритами і не може перевищувати кілька тон на годину, а великий діаметр циліндричної частини котла обмежує тиск пари 15-18 кг/см. кв. Тому зі стаціонарних установок вони повністю витіснені водотрубними котлами» [15, с. 146].

Діяльність почесного члена Академії наук СРСР

Володимира Григоровича Шухова (1853-1939) вражає своєю широтою і багатогранністю. Його наукові та інженерні роботи були спрямовані, головним чином, на розв'язання найважливіших практичних завдань в найрізноманітніших галузях науки і техніки [10, с. 3]. В. Г. Шухов зі своєю винахідливістю, наполегливістю, нестандартним мисленням вирішив найважливіше технічне завдання: створив різні типи водотрубних парових котлів.

Побудова котельних агрегатів високої продуктивності передбачала розвиток знань в галузі теоретичних основ теплотехніки.

В. Г. Шухов ще студентом Вищого технічного училища досконало вивчив основи котлобудування. У дореволюційній Російській імперії було надзвичайно багато різноманітних типів і систем парових котлів, переважно іноземного виробництва. У 1880 р. О. В. Барі запрошує В. Г. Шухова в Москву очолити проектне бюро в новоствореному ним підприємстві «Будівельній конторі інженера О. В. Барі». У цій технічній конторі в період з 1883 по 1890 р. В. Г. Шухов кілька років керував монтажем і налагодженням секційних котлів фірми «Бабкок-Вількокс», «Штейнмюллер» та ін., що давало змогу провести різнобічні дослідження в галузі котлобудування. Суттєвим недоліком водотрубних секційних котлів з продовженим барабаном була велика вага і висока вартість виготовлення, головним чином через гнуті змієвикові секції з великим числом лючків. Крім іншого, це дуже знижувало надійність роботи котлів через часте пропарювання лючків, що служили для очищення труб від накипу [13, с. 77]. Молодий, енергійний, цілеспрямований фахівець В. Г. Шухов поставив найважливіше завдання: створити нову власну конструкцію недорогого горизонтально-водотрубного котла, «простого в монтажі і зручного в експлуатації» [13, с. 77].

Наприкінці 1890 р. В. Г. Шухов виготовив перший горизонтально-водотрубний котел, «оригінальний і досить перспективної конструкції» [13, с. 77–78]. Котел був виконаний з ряду секцій (від 2 до 5), об'єднаних загальним поперечним сухопарником і грязьовиком. Кожна секція складалася з барабана і приєднаних до нього знизу за допомогою горлових двох трубчастих пучків, розташованих під кутом 10–12 градусів до горизонту. Кожен пучок мав 19, а пізніше – 28 труб діаметром 76/70 мм, набраних у шаховому порядку і з'єднаних за допомогою циліндричних камер (головок діаметром 640 мм). Велике число лючків в секційному котлі фірми «Бабкок-Вількокс» (рівне подвоєному числу труб) було замінено двома

збільшеного діаметрами лючками на цілий циліндричний колектор (тобто 19–28 труб). Збільшити поверхню нагріву котла було можна шляхом зміни довжини труб (від 2745 до 5490 мм) або шляхом установки паралельно 2–5 барабанів з однаковими по довжині секціями [13, с. 78].

У 1896 році на Всеросійській художньо-промисловій виставці в Нижньому Новгороді особливу увагу відвідувачів виставки привернули парові котли В. Г. Шухова, лише тому що вони були «зручні в експлуатації, доступні в нагляді і ремонті, а також особливо зручні в збірці і порівняно дешеві з закордонними котлами» [3, с. 14]. Як підсумок копіткої роботи в галузі котлобудування, на Всесвітній виставці в Парижі в 1900 р. за конструкцію горизонтальних трубчастих парових котлів В. Г. Шухов був нагороджений Великою золотою медаллю [4, с. 7–8].

В. Г. Шухов протягом усього життя багато уваги приділяв удосконаленню вітчизняних парових котлів. У 1890 році йому видали патенти на трубчасті парові котли і на вертикальний трубчастий котел, на водотрубний котел – у 1910 році, на водотрубний паровий котел з вертикально розташованими батареями труб – у 1926 році і на повітряний економайзер – 1927 році [3, с. 15]. Також слід зазначити, що трубчасті парові екрановані котли В. Г. Шухова стали новим оригінальним досягненням в галузі пароотоплювальної техніки наприкінці XIX ст., тому що «додаткові труби екрану котла збільшують його потужність і коефіцієнт корисної дії» [3, с. 15], крім того, В. Г. Шухов замінив при виготовленні котлів своєї системи клепку на зварювання, і вони стали ще більш надійними.

Окрім того, В. Г. Шухов був піонером у стандартизації елементів котельних агрегатів і організації масового виробництва котлів шляхом складання їх на місці з готових, укрупнених, легко транспортуваних вузлів.

**Висновки:** Багаторічна праця В. Г. Шухова в галузі котлобудування висунули цю ділянку науки далеко вперед у порівнянні з рівнем розвитку світової техніки кінця XIX – початку XX століття. Своїми теоретичними працями, розробкою і впровадженням оригінальних за конструкцією і економічних котлів він здійснив вагомий внесок в розвиток теплотехніки. Численні наукові праці, винаходи в царині котлобудування В. Г. Шухова докорінно змінили технологію котлобудівного виробництва, тому спадщина вченого залишила вагомий слід в галузі котлобудування і заслуговує уважного вивчення.

### **Джерела та література**

1. Белькинд Л. Д., Конфедератов И. Я., Шнейберг Я. А. История техники. Москва-Ленинград, 1956. 491 с.
2. Бесов Л. М. Історія науки і техніки. Харків, 2005. Вид. 3. 376 с.
3. Васильев И. Г. Владимир Григорьевич Шухов – выдающийся ученый-инженер. Изд-во «Знание», 1954. 32 с.
4. Вавицкий И. Д., Петропавловская И. А. Инженерная и научная деятельность В. Г. Шухова (краткий очерк). – В кн.: В. Г. Шухов – выдающийся инженер и ученый: Труды Объединенной научной сессии Академии наук СССР, посвященный научному и инженерному творчеству академика В. Г. Шухова. М.: Наука, 1984. 96 с.
5. Депп Г. Ф. Паровые котлы Лекции, читанные в технологическом институте императора Николая I. С-Петербург, 1908. Изд. 2. 719 с.
6. Голян-Никольский А. Ю. История техники. Конспект лекций. Киев, 1957. Часть. 2. 160 с.
7. Енергетика пізнання і досвід – шлях до сучасної енергетики. В 5-ти книгах. / Книга 2. Пізнання і досвід – шлях до сучасної енергетики. 4.3. Парові котли. / Плачкова С. Г., Плачков І. П., Дунаєвська Н. А., Подгуренко В. С., Шиляєв Б. А., Ландау Ю. А. Сігал І. А., Даниленко Г. Д. Режим доступу: [energetika.in.ua/ru/books/book-2/part-2/section-4/4-1](http://energetika.in.ua/ru/books/book-2/part-2/section-4/4-1)
8. Литвинов Степан Васильевич (1785–1843) / Большая советская энциклопедия за ред. Б. А. Введенского. Москва, Т. 25. 1954. Изд. 2. 632 с.
9. Несмит Джемс (1808–1890) Энциклопедический словарь. Т. XX-A. С.-Петербург, 1897. Изд., Ф. А. Брокгауз и И. А. Ефрон. 964 с.
10. Николаев Д. С. Выдающийся советский ученый-инженер В. Г. Шухов (1853-1939). Москва, 1953. 7 с.
11. Оливер Еванс (1755–1819) Энциклопедический словарь. Т. XL. С.-Петербург, 1904. Изд. Ф. А. Брокгауз и И. А. Ефрон. 468 с.
12. Савельев Н. Я. Выдающийся паротехник-барнаулец – Степан Васильевич Литвинов та его паровые машины (к 165-летию со дня рождения). Барнаул, 1950. 32 с.
13. Стырикович М. А. Деятельность В. Г. Шухова в области теплотехники котлостроения. В кн.: В. Г. Шухов – выдающийся инженер и ученый: Труды Объединенной научной сессии АН СССР, посвященной научному и инженерному творчеству почетного академика В. Г. Шухова. Москва, 1984. 96 с.
14. Уатт Джемс (1736–1819) Энциклопедический словарь. Т. V-A, С.-Петербург, 1892. Изд. Ф. А. Брокгауз и И. А. Ефрон. 940 с.
15. Ходоковский Г. Е. Котел паровой. / Большая советская энциклопедия под ред. Б. А. Введенского. Т. 23. Москва, 1953. Изд. 2. 636 с.
16. Шухов В. Г. К вопросу о котлах высокого давления. – В. кн.: Шухов В. Г. Нефтепереработка и теплотехника: Избр. тр. М.: Наука, 1982. С. 86–91.