

*М. М. ШАПРАНОВА*, НТУ «ХПІ»

## **РОЗВИТОК КОНСТРУКЦІЙ ПЕЧЕЙ СКЛОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ВІД СТАРОДАВНІХ ЧАСІВ ДО КІНЦЯ ХІХ СТ.**

Визначено основні етапи та розглянуто історію розвитку конструкцій скловарних печей від моменту початку скловаріння до кінця ХІХ ст.

Определено основные этапы и рассмотрено историю развития конструкций стекловарных печей от момента начала стекловарения до конца ХІХ ст.

Discussed main stages and history of designs of glass furnaces from the start glass production by the end of the nineteenth century.

У науковій, науково-популярній та навчальній літературі з скловарного виробництва докладно розглянуто питання фізико-хімічних особливостей плавлення і виготовлення скломаси, пристрої та принципи функціонування окремих вузлів, агрегатів і печей в цілому. Що стосується досліджень історичних аспектів створення та удосконалення скловарного виробництва, то такі, в основному, спрямовані на вивчення конструкції агрегатів для виготовлення скломаси і приладів формування скляних виробів.

Факти, що стосуються розвитку конструкцій печей скловарного виробництва, в літературних джерелах розпорошені. Історичні факти розвитку скловарного виробництва на території Євразії і Північної Африки в період до кінця ХV ст. відображені у працях М. А. Безбородова. Окремі історичні факти розвитку скловарного виробництва до кінця 1960-х рр. викладені в доробку Д. Б. Гінзбурга, М. Ф. Жавріда, Н. Н. Качалова, І. І. Кітайгородського. Фактографічні дані розвитку техніки та машин для виробництва скломаси містяться у працях В. Гігеріха. Стисло розвиток конструкцій печей скловарного виробництва до кінця 1980-х рр. відображений в працях Ю. М. Волгіної, І. А. Булавіна, Ф. Г. Солінова. Г. Гоерк дуже докладно висвітлює процес винаходу та вдосконалення техніки виготовлення листового скла. До робіт, які містять нові відомості за цією тематикою належать дослідження Е. А. Порай-Кошиц, Н. І. Мінько, В. Ч. Рагіна, М. К. Хігінса, В. М. Воронцова. Інформація щодо розміщення та застосування потужностей скловарного виробництва в Україні до ХІІІ ст. міститься у праці М. Ф. Жавріда.

Метою роботи є дослідження зародження та розвитку конструкцій печей скловарного виробництва до кінця ХІХ ст.

Актуальність теми, що розглядається, визначається тим, що на сьогодні ще недостатньо досліджено історію створення і розвитку конструкцій скловарних печей, незважаючи на широке використання продуктів скловарного виробництва.

Спочатку робота людини зі склом полягала в обробці обсидіану (природного вулканічного скла) і тектитів (скляних тіл, утворених внаслідок оплавлення гірських порід після падіння метеоритів), виготовленні з них в епоху неоліту знарядь праці, зброї і прикрас [1]. Зародження склоробства пов'язують з початком обробки керамічних виробів в IV ст. до н. е. в Месопотамії, Єгипті, на території сучасної Сирії глазур'ю, яка за своїм хімічним складом являє скло. Ймовірно, перше рукотворне скло з'явилося випадково, як побічний продукт іших виробництв, а саме, при випалу глиняних виробів або виплавці міді. При цих високотемпературних процесах зола, тобто луг, що утворюється при згорянні палива, в контакті з піском давала склоподібну масу [2, 3].

Найдавніші зразки скляних виробів, що знайдені археологічними розкопками в Давньому Єгипті та в Месопотамії, відносять приблизно до 3,5 тис. років до н. е. [2 – 5]. Перші сліди скловарного виробництва, виявлені в Єгипті за 1600 років до н. е., вказують на використання (через низькі температури спалювання палива у вогнищах) двостадійного способу варіння скла в глиняних сковородах – прототипах тиглів у сучасних печах періодичної дії. Передбачається, що на першій стадії з легкоплавких силікатів отримували фриту. Спечені шматки фрити кидали розпеченими у воду, де вони розтріскувалися, і ці уламки розтиралися в пил жерновами й знову плавилися [3, 6]. Густа тістоподібна консистенція скломаси дозволяла єгиптянам виліплювати вироби в гарячому стані за допомогою металевих прутів і скалок [5]. Після завоювання римлянами в I ст. до н. е. найдавніших і до того часу розвинених центрів склоробства – Сирії та Єгипту, виробництво скла швидко поширилося на всю територію Римської імперії [2].

Виготовлення виробів зі скла за технікою дуття через тонку металеву трубку у Римі розпочалося на початку I ст. Римляни варили скло в печах, де можна було отримати більш високі температури. Не дивлячись на те, що склад скла відрізнявся від легкоплавкого єгипетського і наближався до сучасного, покращена організація скловарного процесу дозволяла отримувати рідке і прозоре скло. Техніка дуття дозволила прискорити та полегшити процес вироблення скловиробів і дуже їх урізноманітнити. У цей час виготовляли як посудне, зі складним орнаментом, наприклад за рахунок видування у випалені глиняні форми з внутрішнім рельєфним візерунком, так і листове скло. Саме римлянам належить першість у виготовленні листового скла. Вони мали змогу надавати склу відносно рівномірну товщину і точні розміри, достатньо високі для того часу. Ймовірініше цей ефект досягався методом лиття скломаси на плоску форму з подальшим розподіленням примітивними інструментами на поверхні [7]. З розпадом Римської імперії ця технологія було втрачено.

На території України, а саме на Кримському півострові та в Чернівецькій області, знайдені найстаріші залишки склоробних майстерень (приблизно III ст. н. е.). Ці знахідки свідчать про те, що місцева технологія істотно не відрізнялася від тогочасної римської [8, 9].

З часу винаходу римлянами комплексу печей для виготовлення скловиробів і до кінця XVIII ст. їхні конструкції істотно не змінювалися. До нашого часу дійшли описи німецького монаха Теофіла та фінського просвітника Агрікола печей для виготовлення скломаси та виробів із неї XII та XVI ст. відповідно. Дослідники в Україні та за кордоном мають різні погляди щодо часу життя Теофіла, і відповідно датують його трактат від X до XIV ст. В обох випадках описаний процес створення скломаси складався з двох стадій: обпалювання шихти, яка містила золу та кварцевий пісок у співвідношенні  $2 \div 1$ , на малому вогні при постійному перемішуванні до стану спікання – виготовлення фрити; і другої стадії – плавлення скломаси з завантаженою у глиняні тиглі фрити. Піч для виготовлення скломаси з фрити, а також випалу готових виробів, конструкцію якої розкрив Агрікол, налічувала три поверхи і мала діаметр 2,4 м і висоту 3,7 м. Перший поверх представляв собою топку з виходом полум'я в центрі поду другого поверху, навколо якого було розташовано шість горщиків. У стінах другого поверху були розташовані вікна для завантаження тиглів і виробки скла. Відводу димових газів не передбачалося, і тому продукти горіння виходили через робочі вікна і тріщини кладки. Тиглі вміщували 80 – 100 кг скломаси. Третій поверх печі використовувався для випалу виробів, що завантажувалися в муфельну коробку [6]. Піч для фриткування шихти виконувалася окремо.

Піч за описом Теофіла, на відміну від вищезгаданої була прямокутною (3×4,5 м) двосекційною (для виготовлення фрити і скломаси), двоповерховою і містила вісім отворів у підлозі другого поверху для занурення тиглів. Піч для охолодження скляних виробів будувалася окремо за розмірами 3 × 2,4 × 1,2 м, містила вікно для додавання палива (деревини), розведення вогню і друге робоче вікно заввишки 0,3 м, і, звичайно, під [10]. Матеріал печей скловарної та охолоджувальної майже такої ж самої конструкції та за розмірами розвідної печі для розрівнювання листового скла – становили місцеві камінь і глина. Також Теофіл розкрив нову техніку формування листового скла холявне видування, яке полягало у видуванні майстром скляного циліндра (халяви), з подальшим відсіченням його кінців, наступним розколюванням його вздовж і вирівнюванням у розвідній печі.

М. Ф. Жаврид описував типову скляну мануфактуру XVIII ст.: «Достаток дармової праці кріпаків затримував технічний прогрес у склоробному виробництві. Скляні мануфактури за рівнем технічного оснащення були вкрай примітивні. Їхнім основним устаткуванням були скловарні горшкові печі примітивної конструкції, печі для загартування скла («гарту»), печі для випрямлення листового скла, «трутові» печі для сушіння дров, для випалу скловарних горщиків і невеликий набір ручних інструментів. Печі влаштовувалися в будинку гути, яка являла собою великий сарай: 60–80 м у довжину й 20–25 м завширшки. Усі роботи в гутах проводилися вручну.

Більшість скляних мануфактур виробляли примітивні вироби із зеленого скла, що не вимагають складної обробки. Виробіток на деяких заводах високоякісних скляних виробів (бемського скла, кришталевого посуду) досягалася не шляхом введення більш удосконаленої техніки, а за рахунок застосування більш різноманітних видів сировини й використання більш кваліфікованих майстрів склоробного виробництва. Тільки на окремих скляних мануфактурах застосовувалися водяні млини для розмолу сировини й шліфування виробів» [9, с. 46–47].

Викладена тільки з каменів і глинозему, піч не витримувала роботи протягом тривалого часу, надовго не вистачало й запасу деревини. Тому, коли ліс навколо гуті вирубували, її переводили на нове місце, де лісу було ще на той час вдосталь. У такому вигляді конструкція скловарної печі протрималася до кінця XVIII ст. Однак нестача деревини змушувала окремі гуті, особливо в Англії, вже в XVII ст. переходити на вугілля, а згодом на торф і буре вугілля [11]. Англійський уряд у 1615 р. заборонив скловарам топтити їхні печі деревиною й наказав перейти на вугілля, на який Англія тоді була дуже багата. Для того, щоб змусити вугілля горіти, англійці дробили його на дрібні шматочки, розігрівали їх у полум'ї багаття, перш ніж кинути в піч, поливали вугілля гасом, маслом, навіть спиртом. Для горіння вугілля не вистачало повітря, через особливості конструкції печей димові гази гасили полум'я. Англійський скловар Телуелл подолав цю перепону, переробивши піч таким чином, що повітря потужним струменем спрямовувалося через широкий підземний тунель у топку, проходило через шар палаючого вугілля й виносилося вгору. Сама піч була оточена кожухом у шість разів вищим від печі, який звужувався догори, і таким чином мов би розташовувалася в середині прообразу нинішнього димаря. Його піч запрацювала в 1618 р. [12].

Вугільне опалювання мало переваги – вперше дозволяло виконувати плавку скла в один етап, а також отримати підвищені температури в печі. Але головна проблема – необґрунтована перевитрата паливних ресурсів – залишалася невирішеною. Першим кроком на шляху подолання цього недоліку стало використання напівгазових топко. У напівгазових топках одержували горючий газ, який спалювали за рахунок вторинного повітря. Використання напівгазових топко дозволило одержувати більш високі температури в печі, зменшувати необхідний надлишок повітря, витрати палива, а також краще регулювати характер полум'я. У 1850 р. з'явилися й одержали поширення горшкові скловарні печі з напівгазовими топками, що давали економію у витраті палива близько 30 % [13]. Приблизно до цього ж року відносяться перші спроби опалення скловарних печей генераторним

газом. Надалі для опалення скловарних печей з успіхом застосовували газогенератори із природною тягою та ступінчатою решіткою.

Скловарні горшкові печі, опалювальні газовим і рідким паливом, швидко витиснули всі інші, але й ці печі були малоекономічними стосовно витрати палива. Прагнення зменшити витрати палива й підвищити температуру в печі призвело до використання теплоти газів, що відходили, для підігріву газу й повітря. Спочатку для підігріву повітря були запропоновані рекуперативні пристрої – металеві й керамічні. Рекуператори зі сталевих і чавунних труб швидко окислювалися при підігріві повітря вище 400 °С, тому більш придатними виявилися керамічні рекуператори.

З кінця XVIII ст. спостерігалось впровадження організованого відведення продуктів горіння та використання їхньої теплової енергії для нагріву палива і повітря горіння, що дозволяло значно покращити теплотехнічні і економічні показники склоплавильних печей, а саме інтенсифікувати плавлення скломаси, підвищити калориметричну температуру в печі, ефективність використання палива, потужність та продуктивність, використовувати більш дешеві види пального. У 1798 р. швейцарець П. Л. Гінан винайшов невелику механічну мішалку для гомогенізації скломаси [14]. Його винахід був впроваджений на склоробному заводі в Німеччині південніше Мюнхену.

Значним кроком у розвитку конструкцій скловарних печей можна вважати винахід Ф. Сименса у 1856 р., який полягав у впровадженні регенеративного типу теплообмінних апаратів у скловарний комплекс, який і в теперішній час у скловарному виробництві має переважне використання. Впровадження регенераторів і рекуператорів дозволило застосовувати низькосортні дешеві й недефіцитні сорти твердого палива [6, 13]. Такі печі витрачають менше палива й мають більш високу продуктивність. Завдяки цим перевагам регенеративні й рекуперативні горшкові печі витиснули печі інших типів. Винахід у 1867 р. Ф. Сименса революційно нового виду – регенеративної ванної печі безперервної дії дозволив виготовляти скло високої якості в промислових масштабах [14]. З цього часу у виробництві скломаси для скловиробів масового споживання горшкові печі почали замінювати ванними регенеративними печами.

Таким чином, на основі виконаного аналізу літературних джерел щодо історії розвитку конструкцій скловарних печей можна зробити висновок, що їхнє поступове вдосконалення відбувалися одночасно з розвитком технології склоробства і використанням нових видів палива, які застосовуються при виробництві різних видів скла.

Розвиток технології та конструкцій скловарних печей відбувся стрибкоподібно, в проміжний час розробки й зміни зосереджувалися в сировинній і виробітковій області скловарного виробництва.

**Список літератури:** 1. *Абдуразаков А. А.* Средневековые стекла Средней Азии (Опыт химической характеристики) / А. А. Абдуразаков, М. А. Безбородов. – Ташкент : Акад. наук Узбек. ССР, Ин-т химии, 1966. – 166 с. 2. *Воронцов В. М.* Стекло и керамика в архитектуре: учебное пособие / В. М. Воронцов, И. И. Немец. – Белгород : Изд-во БГУ, 2010. – 106 с. 3. *Качалов Н. Н.* Стекло / Н. Н. Качалов. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 463 с. 4. *Безбородов М. А.* Стеклоделие в Древней Руси. / М. А. Безбородов. – Минск : изд-во АН БССР, 1956. – 306 с. 5. *Иванов Ф. М.* Искусственные камни / Ф. М. Иванов, Г. В. Бялобжеский. – М. : Красный пролетарий, 1975. – 48 с. 6. *Булавин И. А.* Тепловые процессы в технологии силикатных материалов : учебник для вузов / И. А. Булавин, И. А. Макаров, А. Я. Рапорт, В. К. Хохлов. – М. : Стройиздат, 1982. – 248 с. 7. *Гоерк Г.* Производство тянутого листового стекла / Г. Гоерк, перевод Ю.Э. Фейна. – М. : Стройиздат, 1972. – 304 с. 8. *Безбородов М. А.* Исследование стекол из стеклодельной мастерской III–IV вв. н. э. с. Комарово / М. А. Безбородов // Матеріали і дослідження з археології Прикарпаття і Волині. – Київ – № 5. – 1964. 9. *Жаврид М. Ф.* Белорусское стекло / М. Ф. Жаврид – Минск : Наука и техника, 1969. – 192 с. 10. *Морозов А. А.* Манускрипт Теофила «Записка о разных искусствах» / Перевод А. А. Морозова // Ведомости ЦНИЛКР. – М. – 1963. – № 7. – С. 101–117. 11. *Гинзбург Д. Б.* Стекловаренные печи / Д. Б. Гинзбург. – Подольск : Стройиздат, 1966. – 340 с. 12. *Свешников М. П.* Тайны стекла / М. П. Свешников. – Ленинград, 1955 г.– 286 с. 13. *Волгина Ю. М.* Теплотехническое оборудование стекольных заводов : учеб. пособие для техникумов / Ю. М. Волгина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1982. – 276 с. 14. *Petzi E.* Historische Entwicklung des vom Menschen erschmolzenen Glases / Erich Petzi. – Rinnach. – 2006 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.petzi-kristall.de/Glasgeschichte/glasgeschichte.htm>

*Надійшла до редакції 12.10.11*

УДК 53 (091)

**О. Л. ЩЕРБАК**, аспірантка Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара,

**В. С. САВЧУК**, д-р іст. наук, професор Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара

## **ЛЕВ ЯКОВИЧ ШТРУМ: ІДЕНТИФІКАЦІЯ ФОТОПОРТРЕТУ РЕПРЕСОВАНОГО ВЧЕНОГО-ФІЗИКА**

Проведено пошук фотодокументів та ідентифіковано на підставі аналізу знайдених фотодокументів зображення репресованого фізика-теоретика Льва Яковича Штрума. За допомогою сучасних комп'ютерних програм вперше відтворено його фотопортрет.

Проведен поиск фотодокументов и идентифицировано на основании анализа найденных фотодокументов изображение репрессированного физика-теоретика Льва Яковлевича Штрума. С использованием современных компьютерных программ впервые воссоздан его фотопортрет.

A search the documentary photographs and identified on the basis of their analysis, the image of the repressed theoretical physicist Lev Yakovlevich Strum. With the use of modern computer programs for the first time restored his photograph.