

# З А В Т О М А Т И Ч Н Е 8 С В А Р Ю В А Н Н Я 2023

## Автоматическая сварка

## Automatic Welding

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

### ЗМІСТ

#### ТЕОРІЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Кривцун І.В., Крикент І.В., Демченко В.Ф. Вплив прогину поверхні зварювальної ванни на умови горіння дуги з тугоплавким катодом ..... 3

#### ЕЛЕКТРОФІЗИЧНА ОБРОБКА

Лобанов Л.М., Пашин М.О., Міходуй О.Л. Сучасні технології електрофізичної обробки для регулювання напружено-деформованих станів елементів зварних конструкцій..... 9

#### МЕТАЛОЗНАВСТВО

Максимова С.В., Ковальчук П.В., Воронов В.В., Дацюк І.І. Вплив заліза на структуру і технологічні характеристики припоїв системи Cu–Mn–Co–Fe..... 15

#### ЗВАРЮВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Коржик В.М., Гринюк А.А., Хаскін В.Ю., Ілляшенко Є.В., Пелешенко С.І., Альошин А.О., Скачков І.О., Долянівська О.В. Вплив швидкості плазмово-дугового зварювання різнополярним асиметричним струмом на формування з'єднань високоміцних алюмінієвих сплавів ..... 23

#### 3D ДРУК

Адгамський С.А., Кононенко Г.А., Подольський Р.В. Вплив зупинки процесу плавлення на механічні властивості зразків зі сплаву Co–Cr–Mo, виготовлених за SLM-технологією ..... 35

#### ЗВАРЮВАННЯ В ТВЕРДІЙ ФАЗІ

Устінюв А.І., Фальченко Ю.В., Демченков С.О., Петрушинець Л.В. Виготовлення стільникових панелей на основі фольги високоентропійного сплаву CoCrFeNiSi<sub>0.2</sub>, отриманої методом EB-PVD..... 40

#### ПЛАЗМОВО-ПОРОШКОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ

Сом О.І. Плазмотрон для плазмово-порошкового наплавлення з двома системами подачі порошку..... 47

#### ЗВАРЮВАННЯ В КОСМОСІ

Глушак С.О. Еволюція обладнання для електронно-променевого зварювання у космосі..... 52

#### ІНФОРМАЦІЯ

Трубопроводи і промислові технології для транспорту водню ..... 60

Державний політехнічний музей імені Бориса Патона..... 62

### CONTENT

#### THEORY OF WELDING PROCESSES

Krivtsun I.V., Krikent I.V., Demchenko V.F. Influence of weld pool surface depression on burning conditions of an arc with a refractory cathode ..... 3

#### ELECTROPHYSICAL TREATMENT

Lobanov L.M., Pashchyn M.O., Mikhodui O.L. Modern technologies of electrophysical treatment for regulation of stress-strain states of elements of welded structures ..... 9

#### METAL SCIENCE

Maksymova S.V., Kovalchuk P.V., Voronov V.V., Datsiuk I.I. The influence of iron on the structure and technological characteristics of Cu–Mn–Co–Fe brazing filler metal ..... 15

#### WELDING OF NON-FERROUS METALS

Korzhik V.M., Grynyuk A.A., Khaskin V.Yu., Ilyashenko E.V., Peleshenko S.I., Alosyn A.O., Skachkov I.O., Dolyanivska O.V. Influence of the speed of plasma-arc welding at a variable polarity asymmetrical current on the formation of joints of high-strength aluminium alloys ..... 23

#### 3D PRINTING

Adzhamskyi S.V., Kononenko G.A., Podolskyi R.V. Influence of a stop in the process of melting on mechanical properties of specimens from the Co–Cr–Mo alloy made by SLM technology ..... 35

#### WELDING IN THE SOLID PHASE

Ustinov A.I., Falchenko Iu.V., Demchenkov S.O., Petrushynets L.V. Manufacturing honeycomb panels on the base of high-entropy CoCrFeNiSi<sub>0.2</sub> alloy foil produced by EB-PVD method ..... 40

#### PLASMA TRANSFERRED ARC SURFACING

Som O.I. Plasma torch for plasma transferred arc surfacing with two powder feeding systems ..... 47

#### WELDING IN SPACE

Hlushak S.O. Evolution of electron beam hardware for welding in Space..... 52

#### INFORMATION

Pipelines and industrial technologies for hydrogen transport ..... 60

Boris Paton state polytechnic museum ..... 62



Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ представляє Україну  
в Міжнародному інституті зварювання  
та в Європейській зварювальній федерації  
The E.O. Paton Electric Welding Institute of the NASU represents Ukraine  
in International Institute of Welding  
and in European Federation for Welding



## Автоматичне зварювання Автоматическая сварка Automatic Welding

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ:  
**І.В. Кривцун** (головний редактор),  
**В.М. Ліподаєв** (штатний заст. гол. ред.)  
**О.М. Берднікова, В.В. Книш,**  
**В.М. Коржик, Ю.М. Ланкін,**  
**Л.М. Лобанов, С.Ю. Максимов,**  
**О.В. Махненко, М.О. Пашчин,**  
**В.Д. Позняков, І.О. Рябцев;**  
**В.В. Дмитрик**, НТУ «ХПІ», Харків;  
**В.В. Квасницький, Є.П. Чвертко**,  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ;  
**М.М. Студент**, Фізико-механічний інститут  
ім. Г.В. Карпенка НАНУ, Львів;  
**М. Зініград**, Аріельський університет, Ізраїль;  
**У. Райсген**, Інститут зварювання та з'єднань,  
Аахен, Німеччина;  
Виконавчий директор – О.Т. Зельніченко, Міжнародна  
Асоціація «Зварювання», Київ

### Засновники

Національна академія наук України,  
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ,  
Міжнародна Асоціація «Зварювання» (видавець)

### Адреса

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ  
03150, Україна, Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11  
Тел./факс: (38044) 205-23-90  
E-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)  
[www.patonpublishinghouse.com/ukr/journal/as](http://www.patonpublishinghouse.com/ukr/journal/as)

Журнал входить до переліку затверджених  
Міністерством освіти і науки України видань  
для публікації праць здобувачів наукових ступенів за  
спеціальностями 131, 132, 151  
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Рекомендовано до друку  
редакційною колегією журналу

Свідоцтво про державну  
реєстрацію KB 4788 від 09.01.2001

ISSN 0005-111X  
DOI: <http://dx.doi.org/10.37434/as>

### Передплата 2024

Передплатний індекс 70031.  
6 випусків на рік (видається раз на два місяці).  
Друкована версія: 1800 грн. за річний комплект  
з урахуванням доставки рекомендованою бандероллю.  
Електронна версія: 1800 грн. за річний комплект  
(випуски журналу надсилаються електронною поштою  
у форматі .pdf або для IP-адреси комп'ютера  
передплатника надається доступ до архіву журналу).  
Передплата можлива на попередні випуски за будь-який рік.  
Статті з журналу «Автоматичне зварювання» вибірково  
перевидуються англійською мовою в журналі  
«The Paton Welding Journal»:  
[www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj)

За зміст рекламних матеріалів  
видавець відповідальності не несе.

### EDITORIAL BOARD

Scientists of E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU:  
**I.V. Krivtsun** (Editor-in-Chief),  
**V.M. Lipodaev** (Staff Deputy Editor-in-Chief)  
**O.M. Berdnikova, V.V. Knysh,**  
**V.M. Korzhyk, Yu.M. Lankin,**  
**L.M. Lobanov, S.Yu. Maksimov,**  
**O.V. Makhnenko, M.O. Pashchin,**  
**V.D. Poznyakov, I.O. Ryabtsev;**  
**V.V. Dmitrik**, NTU «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv;  
**V.V. Kvasnytskyi, E.P. Chvertko**, NTUU «Igor Sykorsky  
Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;  
**M.M. Student**, Karpenko Physico-Mechanical Institute  
of NASU, Lviv;  
**M. Zinigrad**, Ariel University, Israel;  
**U. Reisgen**, Welding and Joining Institute, Aachen, Germany;  
Executive Director – O.T. Zelnichenko,  
International Association «Welding», Kyiv, Ukraine

### Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,  
E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU,  
International Association «Welding» (Publisher)

### Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU  
03150, Ukraine, Kyiv-150, 11 Kazymyr Malevych Str.  
Tel./fax: (38044) 205-23-90  
E-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)  
[www.patonpublishinghouse.com/eng/journal/as](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journal/as)

The Journal is included in the list of publications approved  
by the Ministry of Education and Science of Ukraine  
for the publication of works of applicants for academic degrees  
in specialties 131, 132, 151.

Order of the MES of Ukraine № 409 of 17.03.2020.

Recommended for printing Editorial Board of the Journal

Certificate of state registration  
of KV 4788 dated 09.01.2001  
ISSN 0005-111X  
DOI: <http://dx.doi.org/10.37434/as>

### Subscription 2024

Subscription index 70031.  
6 issues per year, back issues available.  
\$192, subscriptions for the printed (hard copy) version,  
air postage and packaging included.  
\$156, subscriptions for the electronic version  
(sending issues of Journal in pdf format  
or providing access to IP addresses).  
Subscription is possible for previous issues for any year.

Articles from «Avtomatychne Zvaryuvannya» (Automatic Welding)  
journal is republished selectively in English in  
«The Paton Welding Journal»:  
[www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj)  
Publisher is not responsible  
for the content of the promotional material.

## ТРУБОПРОВОДИ І ПРОМИСЛОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТУ ВОДНЮ

Політики та економіка прагнуть збільшити використання водню і вже давно почали пошуки рішень. Необхідно забезпечити не лише виробництво та зберігання  $H_2$ , але й регулювати його транспортування, щоб водень досягав точки використання з місця виробництва. Однак існує висока потреба в інвестиціях для зберігання та транспортування водню. Користується попитом труба промисловість, яка вже пропонує відповідні технології та матеріали. Тож у планах багато чого...

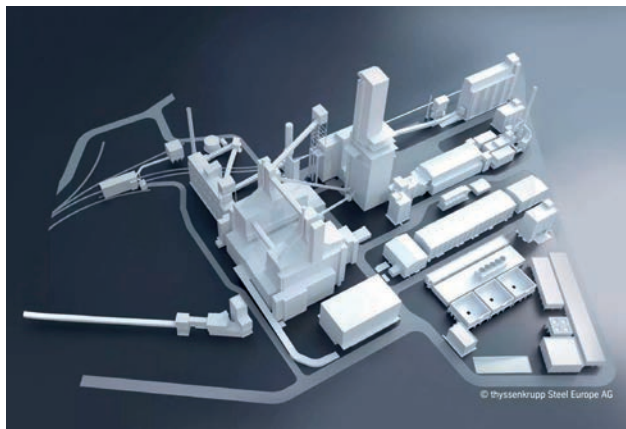
Європа планує стати вуглецево-нейтральною до 2050 р. Водень матиме вирішальне значення для досягнення кліматичної нейтральності – у кількох аспектах. Як носій інформації його можна використовувати для компенсації коливань між виробництвом і споживанням енергії, які виникають при використанні відновлюваних джерел енергії. Крім того, використання екологічно чистого водню робить промисловість – наприклад, у виробництві сталі –  $CO_2$ -нейтральною. Необхідна інфраструктура, що складається з трубопроводів і заводських технологій. Безпечне транспортування водню відіграватиме центральну роль у поєднанні відновлюваних джерел енергії – і труба промисловість вже готова до  $H_2$ . Mannesmann постачає сталеві труби, призначені для транспортування та зберігання. Для транспортування  $H_2$  – наприклад, у трубопроводах – внутрішня поверхня виготовляється без поверхневих відкладень. Внутрішні точки можливого проникнення водню зведені до мінімуму завдяки зниженню вмісту фосфору та сірки – згідно з Директивою Європейської асоціації промислових газів (EIGA). «Ще менший вуглецевий еквівалент забезпечує чудову зварюваність матеріалу наших труб», — підкреслює компанія Mannesmann. Це забезпечує тривалий термін служби.

*Труба промисловість готова до ринку  $H_2$ .* Разом з партнерами з сектору дистрибуції сталі Benteler Steel/Tube постачає сімейство продуктів Benteler Hys Resist, яке включає безшовні гарячекатані труби та відповідає вимогам EIGA до труб для розподільних мереж. Критеріями є: аналіз сталі на водень, стійкість до тиску та однорідна структура. Завдяки зовнішньому діаметру від 21,3 до 141,3 мм діапазон розмірів труб Benteler відповідає поточним специфікаціям для водневих труб. «Крім того, оптимізовані механічні властивості та висока чистота використовуваних сталевих матеріалів запобігають водневій крихкості», — пояснює компанія. Butting також готовий до ринку труб  $H_2$ . За словами компанії, лінії переда-

чі з вакуумною ізоляцією можуть заощадити час і ресурси порівняно зі звичайними трубами з піноізоляцією. Економічно ефективна передача рідкого природного газу та рідкого водню  $LH_2$  (LNG) потребує систем трубопроводів набагато більших розмірів, ніж для інших кріогенних рідин. Таким чином, можна вибирати менші діаметри труб, завдяки чому зменшуються витрати матеріалу. Крім стандартних ліній, експертиза компанії включає системи передачі для сумішей (гелій і водень), водневі системи для автомобільної промисловості та системи заправки паливом для аерокосмічної промисловості (водень і кисень).

*Основні водневі проекти.* Важливо діяти передбачливо. Так, у Вольфсбурзі дві найсучасніші газові електростанції забезпечуватимуть енергопостачання заводу VW та міста Вольфсбург. «Труби Mannesmann H2ready® від Mannesmann Line Pipe вже використовувалися при будівництві лінії подачі, щоб у майбутньому вони також могли працювати з воднем», — пояснює Маннесманн. Близько 1900 труб мають індивідуальну довжину до 18 м якості L360NE і, в основному, діаметр 406,4 мм. Маршрут пролягає паралельно вже існуючій лінії та прокладений на довжині дев'ять кілометрів без траншеї, а отже, особливо м'яко. Для цього труби додатково обернули GRP (склопластиком).

Для підключення газового терміналу СПГ від Брунсбюттеля до Гетлінгена Mannesmann Grossrohr GmbH (MGR), дочірня компанія Salzgitter AG, постачає труби діаметром DN 800 загальною довжиною близько 54 км від імені Gasunie Deutschland. Приблизно 3200 труб визначено, «щоб водень також міг транспортуватися по лінії в майбутньому», пояснює MGR. Введення в експлуатацію планується до кінця 2023 р.



3D-візуалізація нового заводу прямого відновлення водню

Наразі привабливим будівельним проектом є з'єднання LNG-терміналу у Вільгельмсхафені зі сталевими трубами, готовими до  $H_2$ , від Mannesmann Line Pipe від імені оператора енергетичної мережі Ewe Netz. Маючи близько 16000 т готових для  $H_2$  труб, Mannesmann робить внесок у розширення інфраструктури СПГ на північному заході Німеччини. Загалом компанія постачає близько 4100 труб у діапазоні розмірів DN 600 довжиною від 18 до 12 м. Введення в експлуатацію лінії має відбутися наприкінці 2023 р.

*Більш безпечне для клімату виробництво сталі.* Для виробництва труб для транспортування водню потрібна сталь, оптимізована для  $H_2$ , для безпечних і довговічних систем трубопровідного транспорту, які Thyssenkrupp також постачає. На додаток до марок низьколегованої сталі X42 і X52, які підходять для транспортування газоподібного водню та водневих сумішей, Група оптимізувала концепції матеріалів для діапазону міцності до X70. «Ці сталі оптимізовані з огляду на очікувані стандартні вимоги до поздовжніх і спіральних шовних труб для транспортування водню, зокрема, для обмеженого вмісту вуглецю, фосфору та сірки», — пояснює Thyssenkrupp.

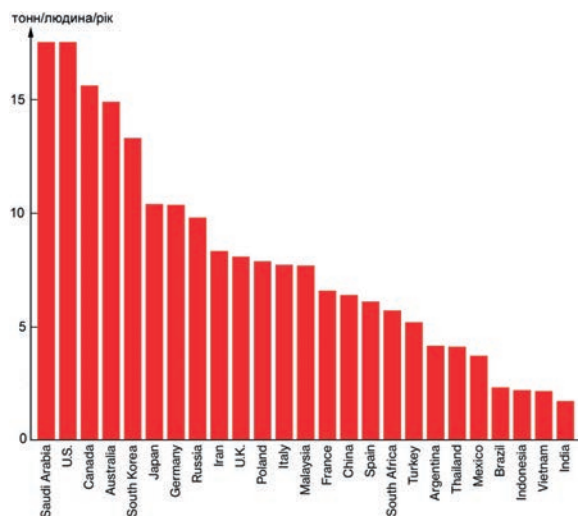
Виробництво сталі — за допомогою водню — також має стати більш екологічно чистим. Тому Thyssenkrupp Steel інвестує в декарбонізацію свого виробництва сталі, що, у свою чергу, покращує екологічний баланс сталевих труб. Тому Група замовила SMS-проекування, постачання та будівництво заводу прямого відновлення, що працює на водні, двох плавильних заводів і відповідних допоміжних установок на заводі в Дуйсбурзі. Це один із найбільших у світі проектів промислової декарбонізації з обсягом замовлення понад 1,8 млрд євро тільки для SMS, введення в експлуатацію заплановано на кінець 2026 р.

*Будівництво  $H_2$  інфраструктури.* За допомогою SALCOS® (Salzgitter Low  $CO_2$  Steelmaking) Зальцгіттер разом із партнерами з бізнесу та досліджень прагне закласти основи для виробництва сталі, яке майже не виділяє  $CO_2$ . Центральними елементами програми є електроенергія з відновлюваних джерел та її використання у виробництві водню шляхом електролізу. «Цей зелений водень замінить вугілля, яке ми зараз використовуємо в звичайній доменній печі», — пояснює Група. Це стало можливим завдяки так званим установкам прямого відновлення, на яких залізна руда відновлюється до заліза у твердо-

му стані безпосередньо воднем. За допомогою цієї технології замість  $CO_2$  виділяється водяна пара.

Потрібно багато зробити: наприклад, Німеччина недостатньо готова до нарощування водневої економіки. Це результат балансу  $H_2$ , аналізу енергетичної групи E.ON, який базується на даних Інституту економіки енергетики Кельнського університету. «Заглядаючи вперед до 2030 р., виявляється, що ані внутрішні потужності виробництва екологічно чистого водню недостатні, ані потреби в імпорті Німеччини не можуть бути задоволені». Інфраструктури також бракує — все ще. Тепер тут потрібна і трубна промисловість, готова до реалізації.

Аналітичне агентство Bloomberg проаналізувало кількість викидів  $CO_2$  в різних країнах світу і склало список найбільших забруднювачів атмосфери. Рейтинг опубліковано на сайті видання. Прикметно, що на початку списку розмістилися



найбагатші й нафтовидобувні країни. По 17,6 тонн вуглекислого газу на душу населення «виробляють» США та Саудівська Аравія, 15,7 тонн Канада, 14,9 Австралія.

Китай, з усією своєю промисловістю, виробляє 6,4 тонни викидів на душу населення в рік. Водночас Франція, Польща і Великобританія в середньому виробляють близько 7-8 метричних тонн вуглецю на одного громадянина. Хоча країни Європейського Союзу були лідерами в русі до поновлюваних і чистих джерел енергії, багато хто з них має одні з найвищих показників викидів вуглецю на душу населення у світі.



Інновації в цих сферах будуть представлені на виставці Tube Düsseldorf з 15 по 19 квітня 2024 р. у виставковому комплексі Дюссельдорфа.

Джерело: thyssenkrupp Steel Europe AG

Düsseldorf, Germany

join the best: 15 - 19 April 2024



## ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ МУЗЕЙ імені БОРИСА ПАТОНА (до 25-річчя заснування)

Державний політехнічний музей імені Бориса Патона (ДПМ) при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ) – єдиний загальнотехнічний музей в Україні.

Музеї науково-технічного профілю з'явилися в Україні наприкінці XIX століття (Педагогічний музей у Києві, Музей в університеті Св. Володимира та ін.). У 1902 р. було створено Інженерний музей при КПІ.

У 1981 р. в Переяслав-Хмельницькому державному історико-культурному заповіднику було створено Музей видатного вітчизняного винахідника М.М. Бенардоса, в якому один з 6-ти залів – зал «Історія зварювання» площею 100 м<sup>2</sup> – наповнено переважно обладнанням і зразками продукції, отриманими від ІЕЗ. Сюди за сприянням міністра монтажних і спеціальних будівельних робіт В.З. Борисовського було перенесено конструкції Паркового мосту з Петровської алеї (побудованого у Києві за проектом Є.О. Патона у 1912 р.). З 1982 р. секція пам'яток науки і техніки (керівник О.М. Корнієнко) Українського товариства охорони пам'яток історії та культури (УТОПІК) почала розміщувати прилади та зразки техніки в краєзнавчих міських і районних музеях, в музеях Історії Другої світової війни (у Києві), Історії України. В Музеї історії Києва у

1982-83 рр. співробітниками ІЕЗ було оформлено окремий зал науки площею 40 м<sup>2</sup>.

У 1991 р. секція УТОПІК за рішенням Державного комітету України з питань науки і технологій отримала грант у конкурсі «Розбудова України» і виконала проект «Розробка концепції і тематико-експозиційного плану Музею науки і техніки України». Ідея та матеріали зі створення комплексу науково-технічних музеїв України були схвалені державною комісією. Президент Академії наук України (тепер Національна академія наук України) Б.Є. Патон розглянув концепцію та підтримав пропозицію створити Центр пам'яткознавства (ЦП) АН України і УТОПІК для розвитку музеєзнавства, наукового супроводу та керівництва створенням комплексу, здійснення досліджень у галузі пам'яткознавства та охорони культурної спадщини України. Цю пропозицію було затверджено 23 травня 1991 року спільною постановою № 151 Академії наук України і Українського товариства охорони пам'яток історії та культури. На вимогу УТОПІК Постановою Ради Міністрів УРСР № 176 від 9 липня 1990 р. ливарному крилу шостого корпусу КПІ, де ще зберігалася вагранка 1905 р., було надано статус «Пам'ятка історії України». За обладнанням цей музей був єдиним в Україні і другим в Європі (після Угорщини). Проте робота з перетворення його на



повноцінний музей не починалася, відвідувачів не приймали.

ЦП підготував необхідні документи та звернувся до Президента України з пропозицією про створення комплексу музеїв у складі Переяславського заповідника і галузевих музеїв у відповідних регіонах України. Водночас академік Г.С. Писаренко у травні 1993 р. надсилав листа про необхідність заснування Національного політехнічного музею України. Ні НАНУ, ні міська влада не змогли знайти приміщення під такий музей. Поки вирішувалось питання, міністр освіти та науки України М.З. Згуровський (з квітня 1992 р. — ректор КПІ) пропонує надати під експозицію музею шостий учбовий корпус КПІ, де вже був Ливарний музей. Положення про ДПМ при НТУУ «КПІ» було затверджене 29 січня 1996 р. Створення музею було забезпечено необхідним фінансуванням. Відкриття ДПМ було заплановано на святкування 100-річчя КПІ.

Директором і науковим керівником ДПМ за пропозицією Б.Є. Патона було призначено доцента зварювального факультета КПІ Є.О. Коршенка. Ще студентом він цікавився історією техніки. А у 1980-х роках, окрім роботи на кафедрі зварювання, читав лекції на кафедрі історії науки і техніки (декани: член-кореспондент АН УРСР Г.В. Самсонов, з 1982 р. — к.т.н. О.М. Корнієнко) у Київському університеті науково-технічного прогресу. Є.О. Коршенко з ініціативою, уважно поставився до роботи в музеї. Б.Є. Патон, ознайомившись із тематико-експозиційним планом, вніс у перелік основних напрямів науково-технічного прогресу і свої пропозиції. Згідно з сучасними вимогами музеєзнавства, відповідно до пропозицій Б.Є. Патона та напрацюваннями ЦП було створено методологічну основу, розроблено концепцію розвитку музею і положення про музей. Доповідь Є.О. Коршенка було заслухано та схвалено на засіданні вченої ради НТУУ «КПІ» 4 грудня 1995 р. Підрозділи КПІ зобов'язали взяти участь у збиранні музейних експонатів. Б.Є. Патон розпорядився забезпечити експонатами установи академії. В ІЕЗ заступник директора академік Л.М. Лобанов керував створенням розділів зварювання та електрометалургії.

Державний політехнічний музей налічує сім розділів з історії КПІ та тринадцять напрямків техніки, а саме: авіація і космонавтика, електроніка, електрозварювання, енергетика, інформатика, корисні копалини, машинобудування, металургія, приладобудування, промислові технології, радіотехніка, телекомунікації, транспорт. Історії КПІ присвячені експозиції двох залів. Тут розміщені матеріали з проектування та перших будівельних робіт, «генеалогічне древо КПІ».

В експозиції про видатних вчених, які вчилися і працювали в КПІ, зокрема, змістовно показана діяльність академіка Євгена Оскаровича Патона. Він закінчив інженерно-будівельний факультет Саксонської королівської академії (Дрезден, Німеччина) (1894 р.) і Санкт-Петербурзький інститут інженерів шляхів сполучення (1896 р.). Є.О. Патон у тому ж 1896 р. почав викладацьку діяльність у рідному інституті та одночасно працює у технічному відділі казенних залізниць, де проектує мости та металеві перекриття. Його оригінальні проекти отримали високу оцінку спеціалістів і замовників. З весни 1889 р. Є.О. Патон працює в Московському інженерному училищі шляхів сполучення. У 1904 р. професор Є.О. Патон був запрошений до КПІ, де у 1905 р. очолив кафедру мостів. Через рік він був обраний деканом інженерно-будівельного факультету. Особливо слід відзначити плідну роботу Євгена Оскаровича зі створення у КПІ інженерного музею, де були зібрані проекти мостів, цінні експонати і документи, фотопортрети видатних учених та інженерів. У КПІ Є.О. Патон виконав велику роботу з реорганізації навчального процесу, вдосконалення навчальних програм і планів, створення лабораторій і кабінету мостів. Є.О. Патон залучав до творчої роботи з проектування реальних споруд своїх студентів. Ряд його учнів стали відомими вченими та інженерами, керівниками промисловості. Є.О. Патон вважається засновником школи мостобудування в Україні. У 1929 р. академік Є.О. Патон організує в системі Всеукраїнської академії наук (ВУАН) кафедру інженерних споруд, електрозварювальну лабораторію та електрозварювальний комітет, на базі яких у 1934 р. створив у складі ВУАН Інститут електрозварювання — перший в світі спеціалізований науковий заклад такого профілю. А у 1935 р. він засновує в КПІ зварювальний факультет.

Великий зал музею розміщено під склепінням колишніх Механічних майстерень КПІ. Основна ідея експозиції — якомога ширше представити техносферу України в її сучасному стані та історичному перерізі. У музеї можна знайти відповіді на питання: коли виникли перші технічні пристрої та корисні машини, хто був їх творцями, сучасний стан техніки.

В одній з найбільших експозицій представлено історію та досягнення науки про зварювання та зварювальне виробництво. Серед експонатів ІЕЗ є праці вчених, авторські свідоцтва на винаходи, пам'ятні медалі, зразки деталей та вузлів, виконаних у різний спосіб зварювання, наплавлення, паяння. Дугове зварювання представлено зварювальним трактором і установкою для мікроплазмового зварювання, контактне зварювання —



Основна експозиція займає частину шостого корпусу КПП (корпус 6А), експозиція відділу авіації та космонавтики розташована в будівлі авіаційних майстерень поруч (корпус 6Б)

макетом внутрішньотрубної зварювальної машини К-700, розробленої для будівництва магістральних трубопроводів. Привертає увагу дубль апарату «Вулкан», на якому 1969 р. вперше у світі космонавтом В.М. Кубасовим проведено експерименти зі зварювання в космічних умовах на борту космічного корабля, макет випарника для ремонту космічних конструкцій, на якому у 1979 р. вперше в світі працювали космонавти В.В. Рюмін і В.О. Ляхов. У розділі «Електрометалургія» є діючий макет пічі для електрошлакового переплаву. В експозиції музею представлено розробки й інших інститутів НАНУ, зокрема Інституту механіки, Інституту проблем міцності. ІЕЗ разом з Інститутом зв'язку та управління демонструє складну параболічну антену, яка може встановлюватися у важкодоступних місцях та може застосовуватися у мобільних засобах зв'язку.

У ДПМ представлено макети суден, побудованих на верфях України. У розділі «Корисні копалини» є колекція декоративного і коштовного каміння, макети торфозбиральних агрегатів, дизельна машина МТК-13 для зварювання арматури і машина для глибокого дренажування. Багато експонатів представлено в інших відповідних розділах основного залу, у тому числі є фрагмент дерев'яного водогону, що експлуатувався на київському Подолі у XVII ст., перша в Києві телефонна станція (1886 р.), один з перших радіоприймачів М.О. Бонч-Бруєвича, перші телевизор та магнітофон, електронно-обчислювальні машини С.О. Лебедева та В.М. Глушкова, планер О.К. Антонова, електронний мікроскоп, модель Хмельницької атомної станції, перший у світі п'єзодвигун (1963 р.), авіадвигуни «Мотор Січ», клістрон випускниці КПП З.М. Пасічник, акумулятори Дніпропетровського акумуляторного заводу, харківський елек-



Найбільший із залів музею займає приміщення механічних майстерень, в якій ззовні і частково всередині збереглися елементи промислової архітектури кінця XIX – початку XX століть

тромобіль на акумуляторному живленні та багато іншого. В окремому залі експонується колекція стрілецької зброї. Поруч із головним корпусом є павільйон авіаційної та ракетної техніки. На прилеглій до музею території розміщено паротяг 1954 р. випуску, танк Т-34, гармата, гвинтокрил.

З ініціативи президента Національної академії наук України Б.Є. Патона на базі Державного політехнічного музею з 25 жовтня 2001 р. розпочато цикл наукових читань «Видатні конструктори України». Наукові читання проводяться з метою збереження історичної пам'яті про визначні вітчизняні здобутки науково-технічної та інженерно-конструкторської думки, створення цілісної історичної картини розвитку науки і техніки в Україні, ознайомлення громадськості з видатними вітчизняними першопрохідниками в різних галузях науки та техніки, виховання студентської молоді на прикладах високих досягнень попередніх поколінь інженерів і науковців. Перші наукові читання були присвячені М.М. Бенардосу, Є.О. Патону, Д.К. Лоренцу (конструктору вагонів, першому, хто впровадив автоматичне зварювання під флюсом), конструкторам танка Т-34 та історії його зварювання, засновнику металургійної школи КПП В.П. Іжевському, конструкторам електротранспорту, літаків О.К. Антонову і гвинтокрилів І.І. Сікорському. Читання проводяться щоквартально, їх матеріали видаються.

Музей перетворився на визнаний науковий центр з досліджень у галузі історії техніки та технічного музеєзнавства. У музеї проходять екскурсії для всіх бажаючих. Учні шкіл та професійно-технічних училищ, студентська молодь отримують наглядну інформацію про різні галузі техніки. У музеї відбуваються виставки, деякі разом із закордонними музеями.

<https://kpi.ua/museum>  
О.М. Корнієнко