НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ВУГЛЕЦЕВО-ГРАФІТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЇ

2015

АВТОРИ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ
Васильченко Г.М., Карвацький А.Я., Лелека С.В., Панов Є.М., Шилович І.Л.

Інститут електрозварювання імені Євгена Патона НАН України, м. Київ
Міщенко Д.Д.

ПАТ «Український графіт», м. Запоріжжя
Деркач В.В., Кутузов С.В., Петров Б.Ф.

ЗАТ «Ферротрейдінг», м. Запоріжжя
Фрідман М.О.

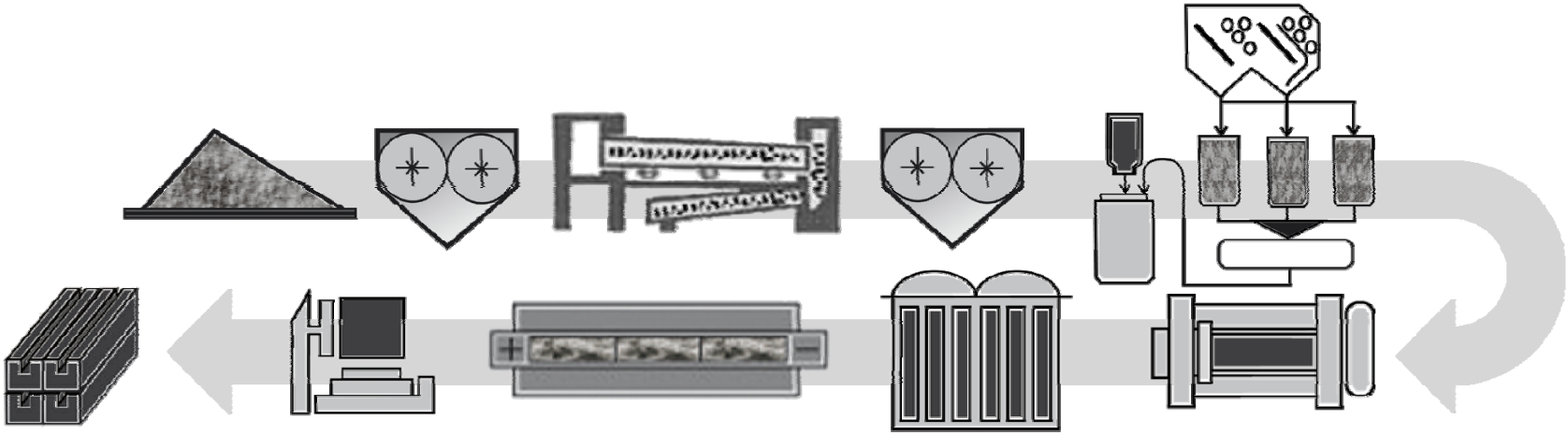
АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Розробка та впровадження інноваційних технологій при виробництві електродної продукції обумовлені актуальною задачею зниження питомих витрат енергії та матеріальних ресурсів в технологічних процесах як, власне виробництва вугільно-графітової продукції, так і при застосуванні названих виробів у сталеплавильних, феросплавних електродугових печах металургійних та машинобудівних підприємств, анодах магнієвих електролізерів, катодах алюмінієвих електролізерів, футеровках доменних, феросплавних печей і електротермічних агрегатах хімічної промисловості, іншому обладнанні спеціального функціонального призначення з особливими вимогами до фізико-хімічних і механічних властивостей матеріалів.

Розробка та впровадження у виробництво електродів технічних рішень спрямованих на досягнення світових стандартів, сприяє підвищенню, перш за все, конкурентоздатності єдиного в Україні виробника електродної продукції, зміцненню стратегічно-важливих секторів вітчизняної економіки та науково-технічному розвитку технології вуглеграфітового і електрометалургійного виробництва.

МЕТА РОБОТИ

Головна мета роботи полягає у створенні науково-обґрунтованого системного наскрізного циклу виробництва вуглецево-графітової продукції, рівень якості якої відповідає світовим зразкам і забезпечує конкурентоздатність підприємства. Вказана мета досягнута завдяки імплементації комплексу розроблених інноваційних заходів, у першу чергу науково-технічного та організаційного характеру, які проводилися на ПАТ «Укрграфіт» протягом 1998-2014 рр.



НАУКОВА НОВИЗНА

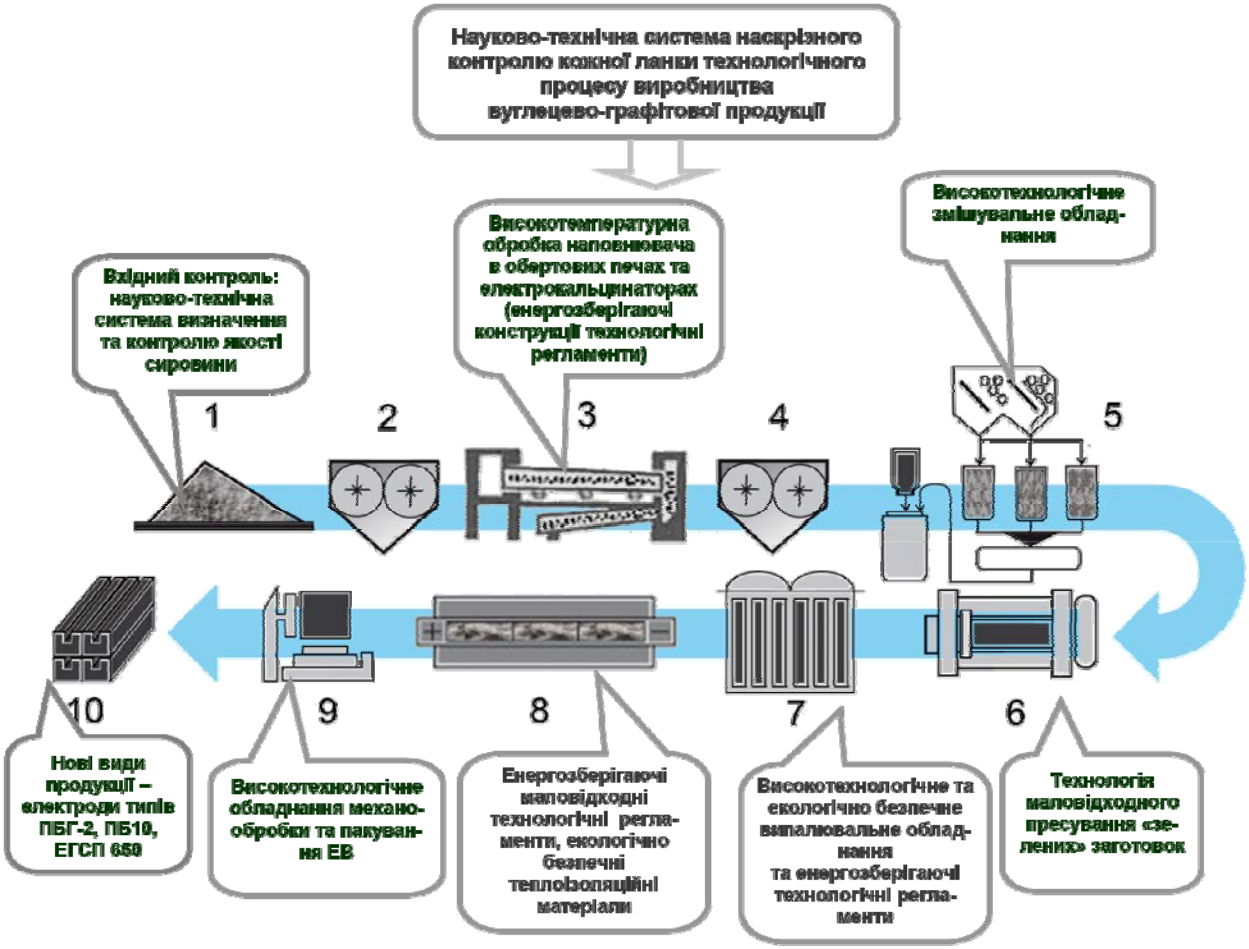
- Створено науково-обґрунтовану систему оціночних параметрів якості сировинної бази.
- Отримано експериментальні дані з визначальних теплофізичних та електричних властивостей сипучих матеріалів до температур 1300 °С, які є необхідними для розробки енергоефективних технологічних процесів та обладнання.
- Досліджено закономірності прожарювання антрациту в електрокальцинаторі та запропоновано наукову концепцію одностадійної електрокальцинації антрациту.
- Розроблено фізичні і математичні моделі теплоелектричного, механічного та тепло-гідродинамічного стану робочого середовища технологічного обладнання електродного виробництва.
- Досліджено вплив параметрів технологічних регламентів, схем завантаження, та конструкцій обладнання електродного виробництва на визначальні показники його роботи.
- Створено наукові засади з розробки інноваційних композитних (ґнотових) графітованих електродів для дугових сталеплавильних печей постійного струму, що не мають аналогів у світовій практиці.

ПРАКТИЧНА ЗНАЧИМІСТЬ

Практична значимість роботи полягає у впровадженні:

- системного науково-технічного регламенту організації виробничого циклу випуску вуглецево-графітової продукції;
- сучасних науково-технічних методів проектування технологічного обладнання та розробки регламентів його експлуатації на базі наукоємного комп'ютерного інжинірингу;
- нових науково-обґрунтованих технічних розробок та обладнання;
- нових методів управління технологічними процесами;
- міжнародних стандартів ISO та OHSAS;
- нових державних стандартів на електродну продукцію, яка відповідає світовим зразкам;
- нових марок вуглецево-графітових виробів (ПБГ-2, ПБ10, ЕГСП 650, ДБУ-МП, композитні графітовані електроди для дугових сталеплавильних печей постійного струму, що не мають аналогів у світовій практиці).

ГОЛОВНІ НАПРЯМКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ



1 – сировина; 2 – подрібнення; 3 – прожарювання; 4 – подрібнення; 5 – приготування вуглецевої маси; 6 – пресування; 7 – випалювання; 8 – графітування; 9 – механічна обробка; 10 – готові вироби

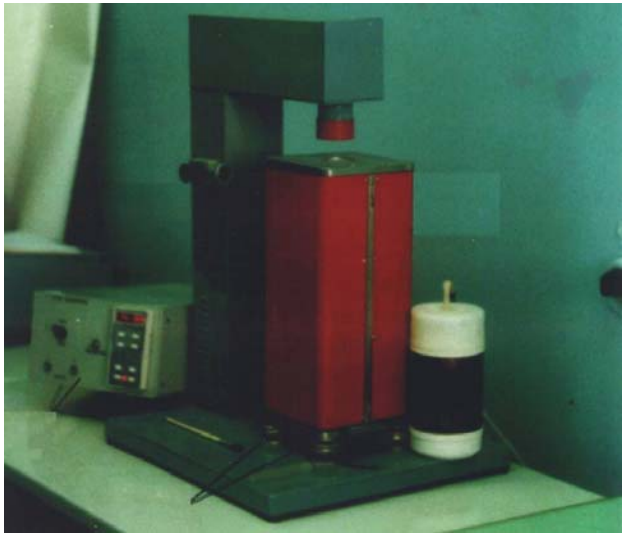
ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ

В основу вибору сировинної бази покладено визначення та аналіз властивостей сировинних матеріалів, від яких безпосередньо залежать експлуатаційні характеристики електродів

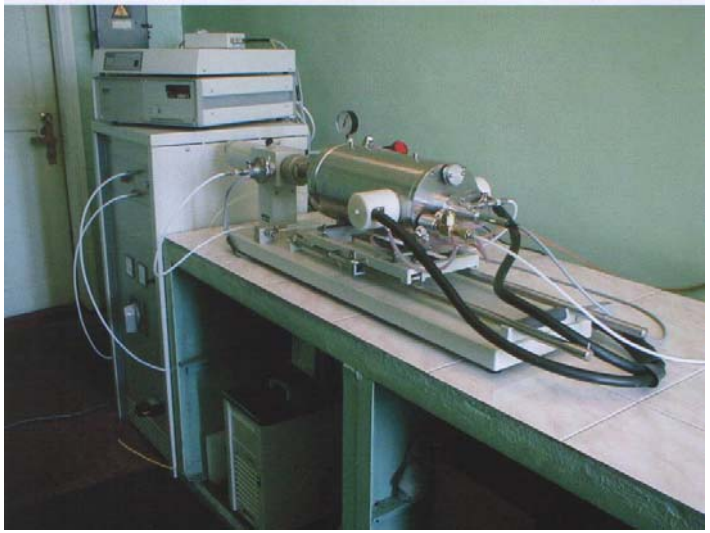
Ступінь графітування коксів - дифрактометр ДРОН-3

Виготовлення зразків електродів - змішувальна машина HKS-50

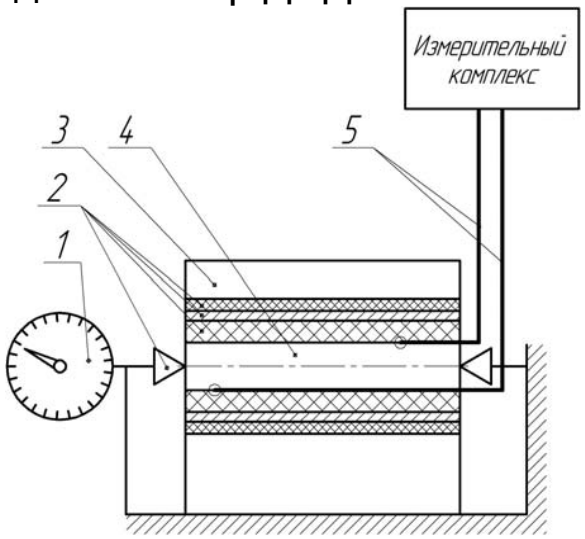
ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ



КТР - дилатометр ДИД-2



КТР - дилатометр DIL 402/8 G-Py

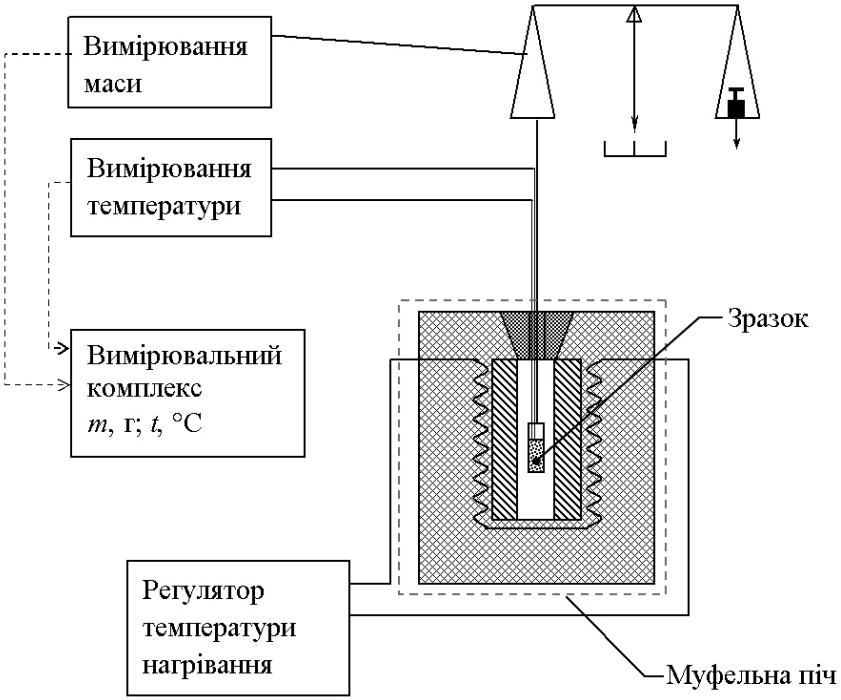


1 – багатооборотна індикаторна головка;
2 – система центрування;
3 – піч; 4 – зразок; 5 – хромель-алюмелеві термопари

Установка для вимірювання КТР не випалених заготовок

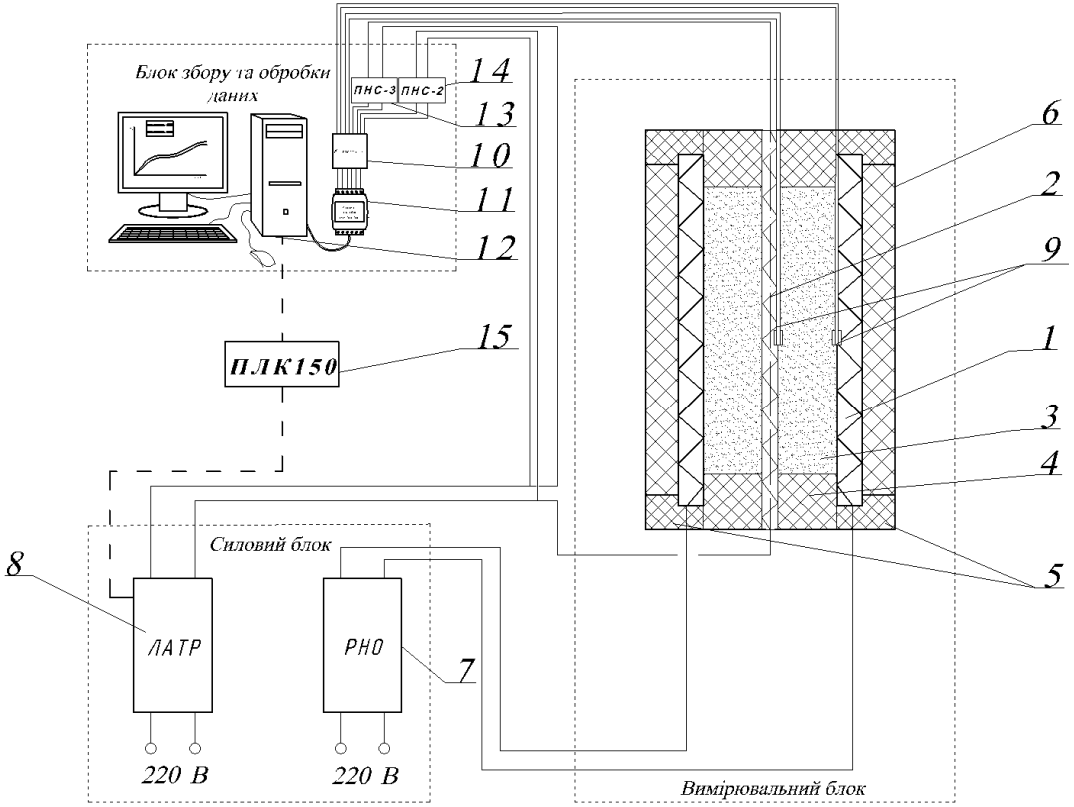
ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ

Динамічна в'язкості пеків - Віскозиметр Brookfield RV DV-II+



Установка для визначення втрати маси «зелених» заготовок при їх випалюванні

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ



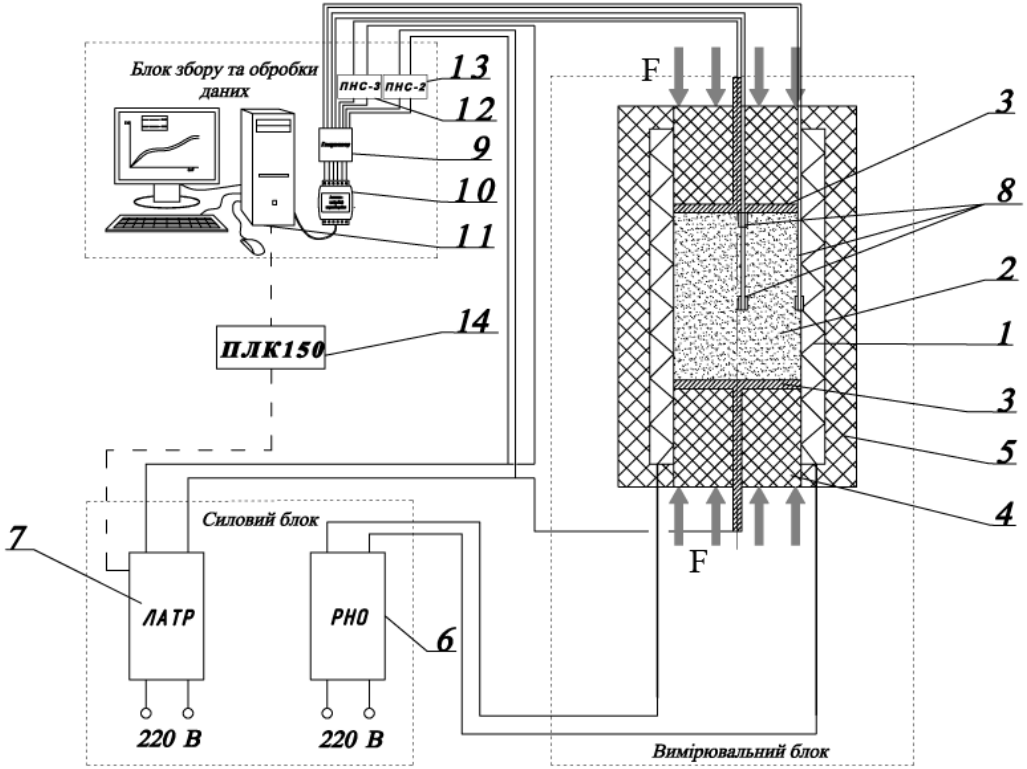
$$\lambda = \frac{q_l \ln(d_2/d_1)}{2\pi\Delta t} = \frac{UIk_l \ln(r_2/r_1)}{2\pi\Delta t l}$$

де q_l – лінійна густина теплового потоку, Вт/м;
l – відстань між потенційними проводами, м;
U – електрична напруга між потенційними проводами, В;
I – сила струму через центральний нагрівник, А;
$k1$ – коефіцієнт форми, що враховує неодномірність теплового потоку;
r_1, r_2 – радіуси розташування внутрішньої і зовнішньої термопар, м;
Δt – різниця температури із врахуванням суперпозиції температурних полів, К

1 – фоновий нагрівник; 2 – центральний нагрівник; 3 – досліджуваний матеріал; 4 – мулітокремнеземисті пробки; 5 – мулітокремнеземисті фасоні плити; 6 – вогнетривка вата; 7 – регулятор напруги для фонового нагрівника; 8 – регулятор напруги для центрального нагрівника; 9 – термопари; 10 – комутуючий пристрій; 11 – аналого-цифровий перетворювач; 12 – блок обробки і реєстрації даних (ПК); 13 – перетворювач напруги; 14 – перетворювач струму; 15 – програмований контролер

Установка для визначення коефіцієнта теплопровідності вуглецевих сипучих матеріалів

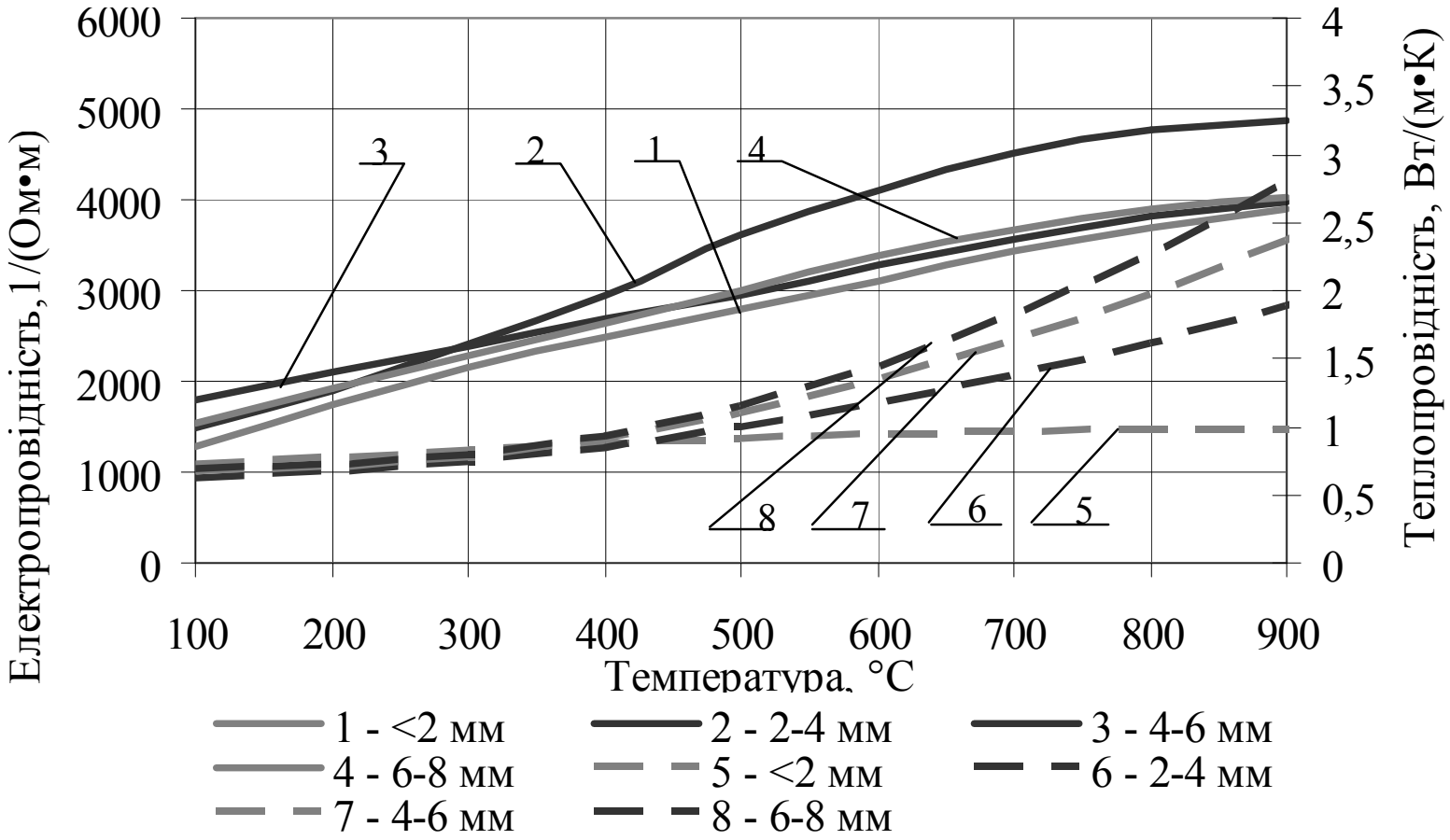
ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ



1 – спіральний нагрівник; 2 – досліджуваний матеріал; 3 – графітовий електрод; 4 – торцева теплоізоляція; 5 – радіальна теплоізоляція; 6 – регулятор напруги спірального нагрівника; 7 – регулятор напруги для вимірювальної ділянки; 8 – термопари; 9 – комутуючий пристрій; 10 – аналого-цифровий перетворювач; 11 – блок обробки і реєстрації даних (ПК); 12 – перетворювач струму; 13 – перетворювач напруги; 14 – програмований контролер

Установка для визначення питомого електричного опору вуглецевих сипучих матеріалів

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ



Температурна залежність електропровідності (1–4) та коефіцієнта теплопровідності (5–8) графітованого коксового дріб’язку різного фракційного складу

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ

Найменування показника	Одиниця	Марка коксу					
		LPC-U ф. «Nippon Steel Chemical Co LTD» (Японія)	LPC-UL, ф.«Nippon Steel Chemical Co LTD» (Японія)	«А» Seadrift Coke LP «Carbid/Graphite Groupjns» (США)	«Б» SeadriftCoke LP «Carbid/Graphite Group, Ins» (США)	RM ф. «Petco Enterprises LTD» (Японія)	RX ф. «Petco Enterprises LTD» (Японія)
Істинна густина	г/см^3	2,13	2,14	2, 14-2,15	2,14	2, 14-2,15	2, 14-2,15
КТР $\times 10^{-6}$	К$^{-1}$	0,37	0,26	0,36	032	033	0,30
Зола	%	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Сірка	%	0,3	0,3	0,5	03	02	0,2
Структура	бал	5,3	5,4	5,3	5,5	5,4	5,6
Анізометрія	-	1,60	1,61	1,59	1,62	1,62	1,64
Адсорбційна здатність (до мастила)	мл/100 г	31,0	32,0	31,0	30,0	29,0	30,0
Пружне розширення	%	14,5	15,5	15,0	15,0	15,5	16,0
Коефіцієнт міцності часток (КМЧ)	%	35	34	29	26	36	34
Насипна маса	г/см^3	0,72	0,74	0,87	0,88	0,90	0,92

Фізико-хімічні властивості коксу голчастої структури різних виробників (дані ПАТ «Укрграфіт»)

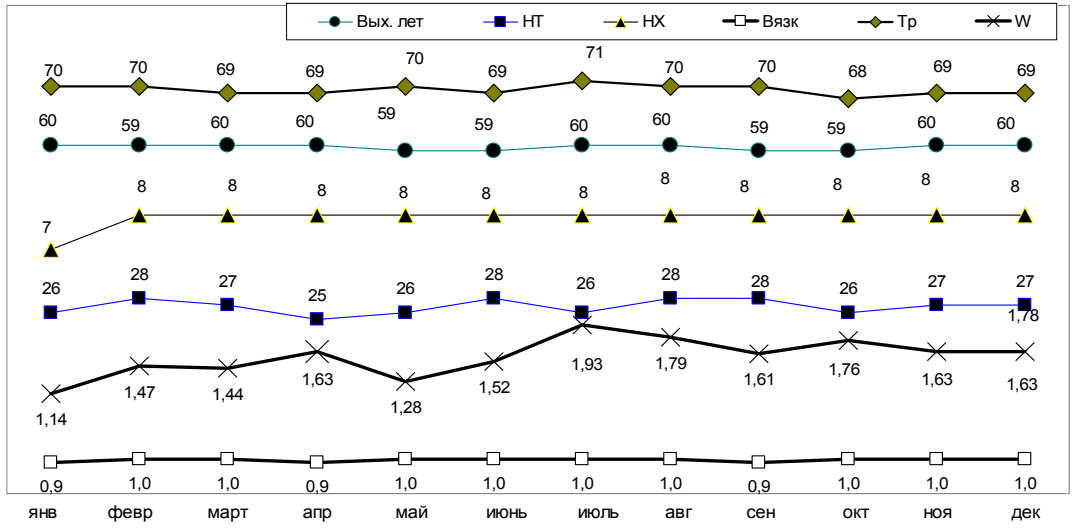
ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ

Параметр	Оцінка похи-бки	LPC-U ф. «Nippon Steel Chemical Co LTD», (Японія)	LPC-UL ф. «Nippon Steel Chemical Co LTD», (Японія)	«А» Seadrift Coke LP «Carbid/Graphite Groupjns», (США)	«Б» Seadrift Coke LP «Carbid/Graphite Groupjns», (США)	RM ф. «Petco Enterprises LTD», (Японія)	RX ф. «Petco Enterprises LTD», (Японія)
a, А	±0,002	2.467	2.463	2.465	2.467	2.464	2.466
c, А	±0,005	6.724	6.716	6.726	6.724	6.721	6.727
Ir., г/см^2	±0,005	2.26	2.27	2.26	2.26	2.27	2.26
g	±0,02	0.9	0.95	0.89	0.9	0.92	0.89
Fw(002), (°,кут.)	±0,1	0.32	0.32	0.33	0.45	0.24	0.32
Fw(100), (°,кут.)	±0,1	0.25	0.34	0.26	0.74	0.4	0.63
Fw(004), (°,кут.)	±0,1	0.41	0.35	0.45	0.33	0.34	0.42
Fw(110), (°,кут.)	±0,1	0.47	0.57	0.31	0.69	0.48	0.42
Lc, нм	±2	26	26	25	17	40	26
G (002-004)	±0,001	0.015	0.009	0.013	0	0.015	0.014
Lc, нм	±2	43	18	25	7	14	8
G (100-110)	±0,001	0.015	0	0.004	0	0	0

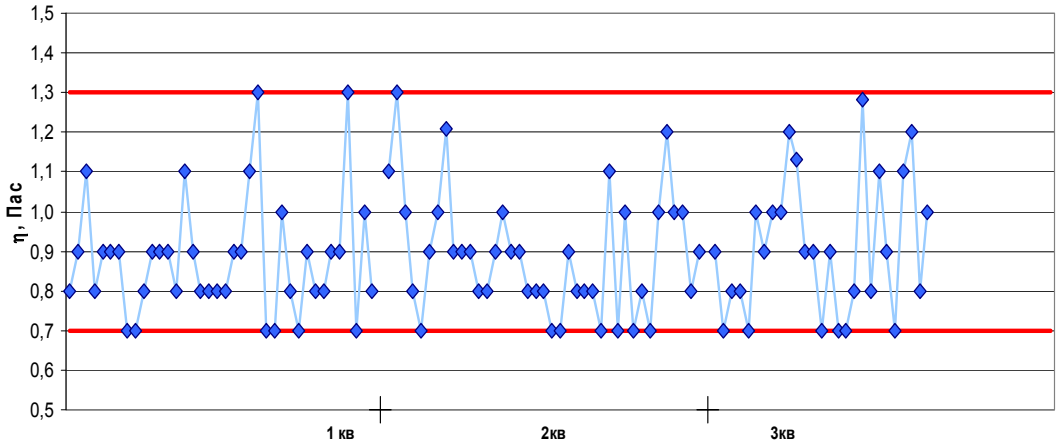
«а» й «с» – параметри гексагональної кристалічної решітки графіту; Ir – рентгенівська щільність;
g – ступінь графітування; Fw – кутова ширина (на напів-висоті) дифракційної лінії;
Lc і La – відповідно, оцінки товщини й діаметра пакетів вуглецевих сіток; G – оцінка неоднорідності впакування.

Структурні параметри графітованих коксів різних марок

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ



Значення показників якості пеку ДКХЗ марки Б



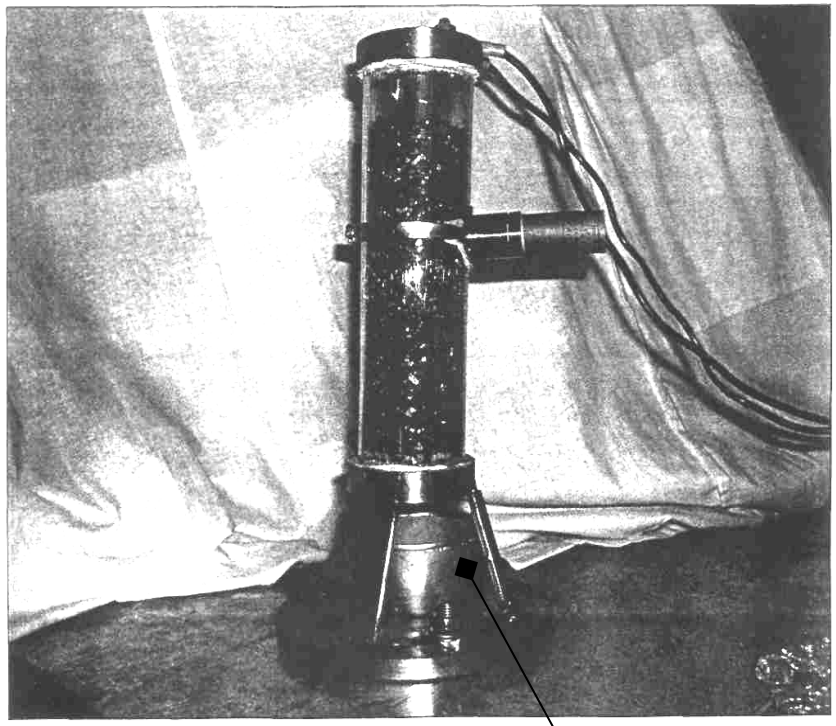
В'язкість пеку марки Б у 1-3 кварт. 2005 р.

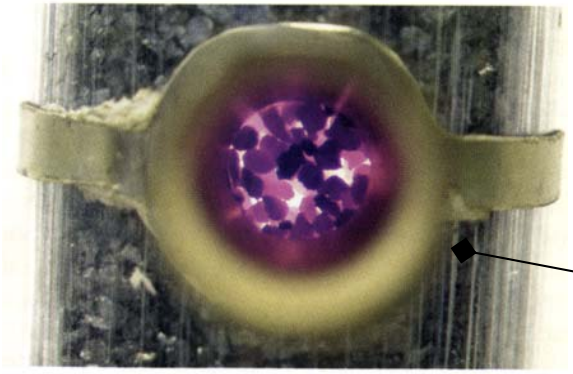
ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИБОРУ СИРОВИННОЇ БАЗИ

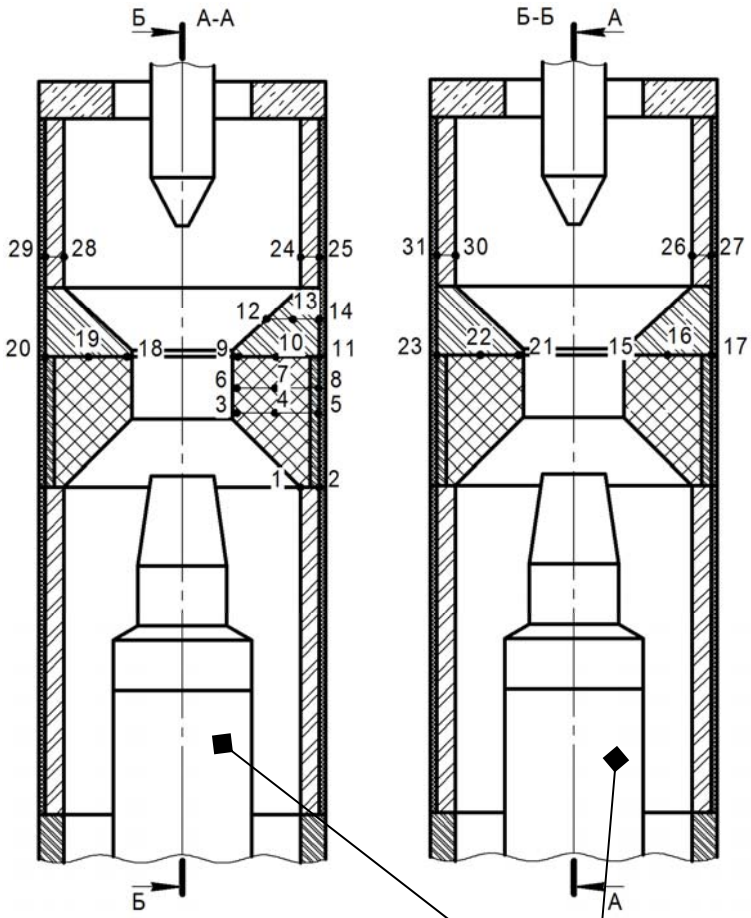
У напрямку «Вдосконалення вибору сировинної бази на підставі розроблених науково-технічних методів аналізу властивостей матеріалів» (ПАТ «Укрграфіт» при науковому супроводі ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ і НТУУ «КПІ»):

- розроблено науково-обґрунтовану методику вибору сировинної бази виготовлення вуглеграфітової продукції;
- створено науково-виробничу лабораторну базу для визначення якості сировини для виготовлення електродів, яка відповідає світовому рівню за контролем сировини;
- розроблено комплекс показників технологічної придатності коксу, який включає оцінку мікроструктури, макроструктури, коефіцієнту термічного розширення та ін.;
- впроваджено у виробничу практику наукові принципи дослідження мікроструктури коксів, визначення пористості матеріалів згідно ASTM E1245-00, визначення ступеню анізометрії згідно методики ПАТ «Укрграфіт» №06-26-01;
- впроваджено у практику інноваційні установки для вимірювання теплопровідності та електропровідності сипучих матеріалів до 1000 °С, що не мають аналогів у пострадянських країнах;
- отримано акредитацію на випробувальну лабораторію ПАТ «Укрграфіт» (Атестат про акредитацію №2Т645 НААУ).

ЕЛЕКТРОКАЛЬЦИНАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ

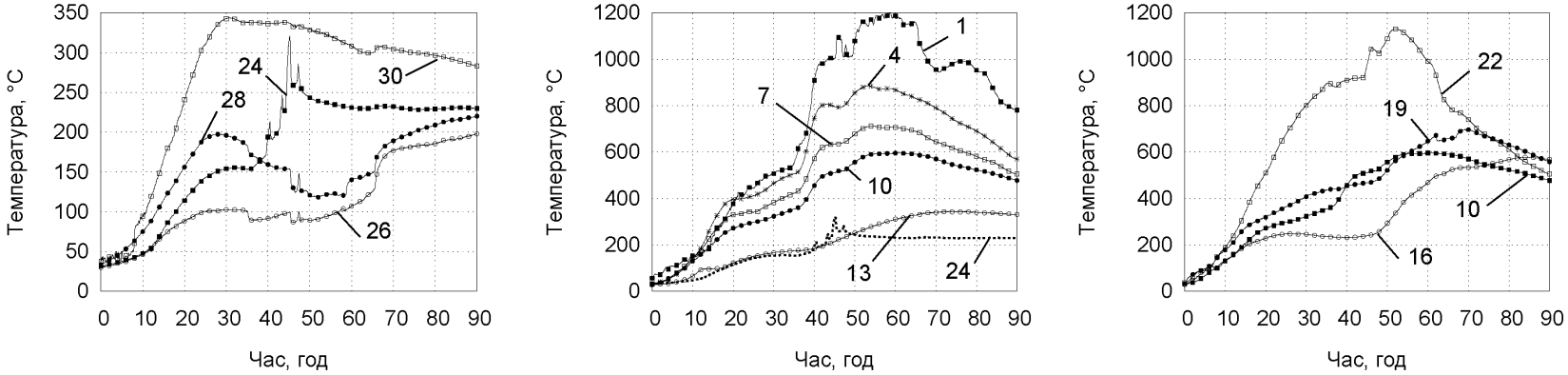


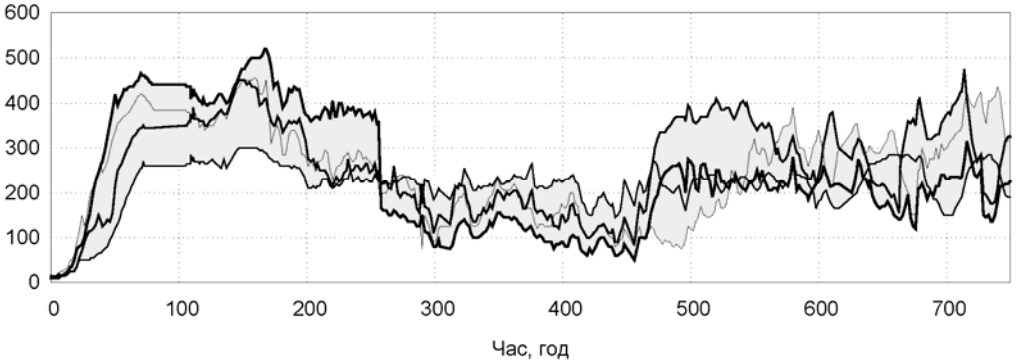




Експериментальні дослідження на фізичній моделі та діючому обладнанні

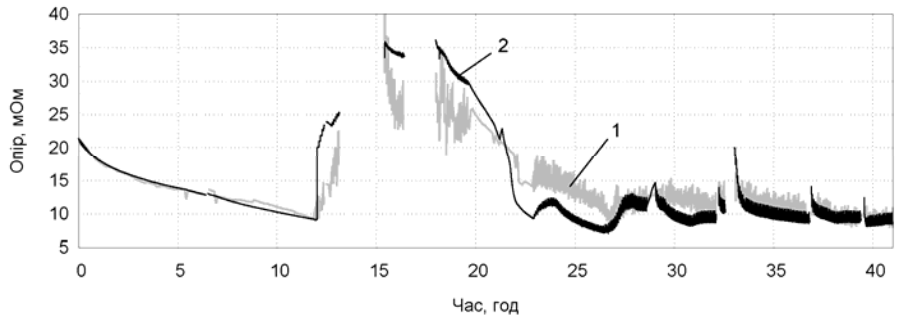
ЕЛЕКТРОКАЛЬЦИНАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ

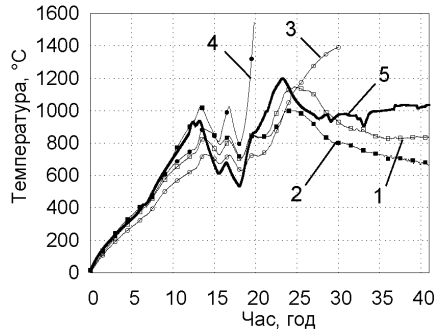




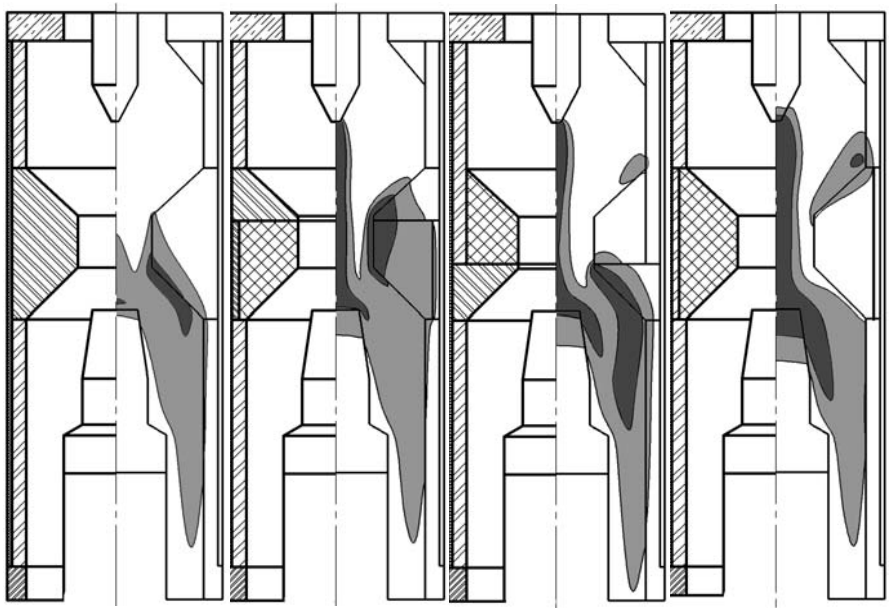
Результати експериментальних досліджень електрокальцинаторів

ЕЛЕКТРОКАЛЬЦИНАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ

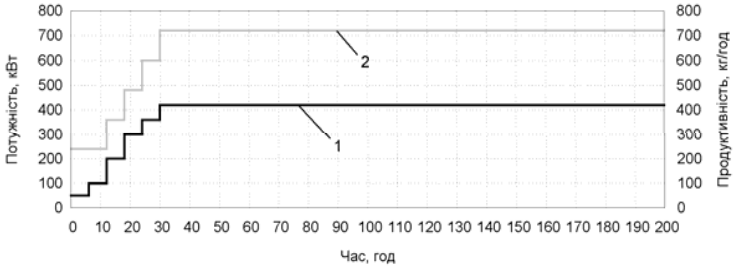




Верифікація числової моделі теплоелектричного стану електрокальцинатора



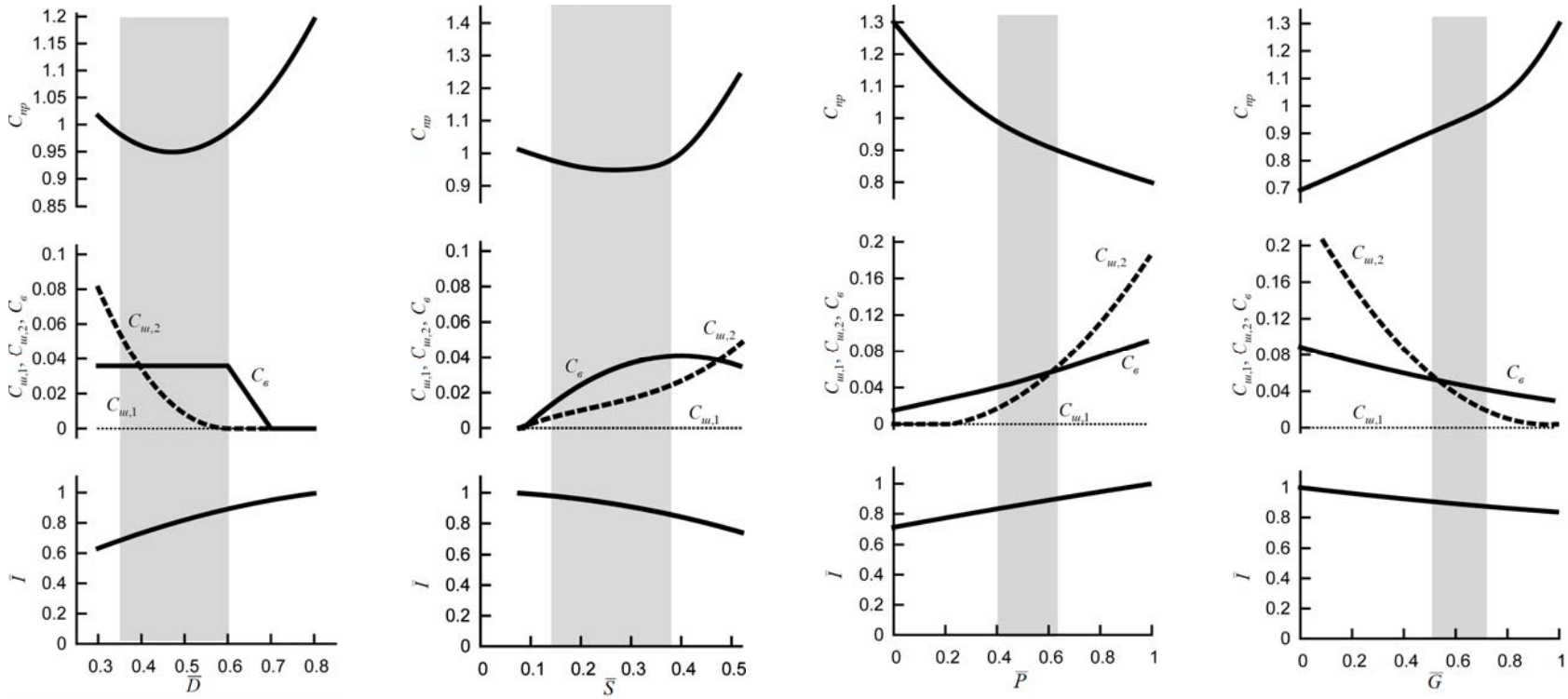
Результати числового дослідження впливу геометрії дросель-шайби на теплоелектричний стан електрокальцинатора



1 – режим підводу активної електричної потужності; 2 – режим зміни продуктивності електрокальцинатора

Енергоефективний регламент роботи електрокальцинатора розроблений за допомогою числової моделі

ЕЛЕКТРОКАЛЬЦИНАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ



$$\overline{D} = \frac{D_{\text{др}}}{D_{\text{вн}}} \qquad \overline{S} = \frac{H_{\text{др}}\delta_{\text{др}}}{\max\{H_{\text{др}}\delta_{\text{др}}\}} \qquad \overline{P} = \frac{P - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \qquad \overline{G} = \frac{G - G_{min}}{G_{max} - G_{min}}$$

Діаграми залежності технологічних показників роботи електрокальцинатора за різних геометричних параметрів дроселювального пристрою та активної електричної потужності і продуктивності

ЕЛЕКТРОКАЛЬЦИНАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ

В частині електрокальцинації матеріалів на основі вуглецю авторськими колективами ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, ПАТ «Укрграфіт» і НТУУ «КПІ» розроблено та впроваджено у виробничу практику:

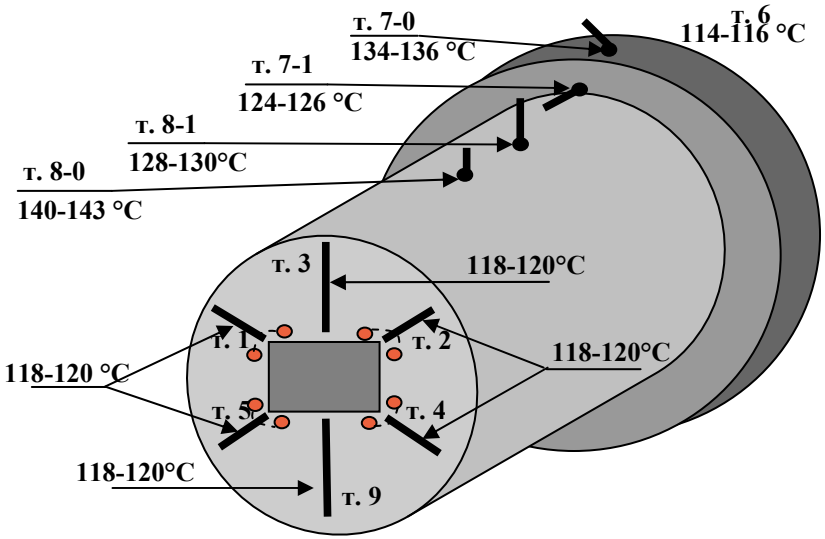
- наукові результати досліджень електрокальцинації антрациту, на підставі яких визначено технологічні та технічні параметри модернізації електрокальцинаторів;
- лінію електрокальцинації антрациту у складі 7 електрокальцинаторів потужністю 1600 кВА кожний;
- принципово нову конструкцію електрокальцинатора, з оптимальною геометрією робочої зони, що дозволяє каналізувати електричний струм і забезпечити одностадійне прожарювання антрациту при зменшенні питомих витрат електроенергії і збільшенні виробничої продуктивності обладнання;
- нову конструкцію електрокальцинатора для прожарювання антрациту, разом з пусковим та експлуатаційним регламентами його роботи, що забезпечує безремонтний період обладнання у 3 та більше разів і ПЕО кінцевого продукту не вище за 1000 мкОм•м.

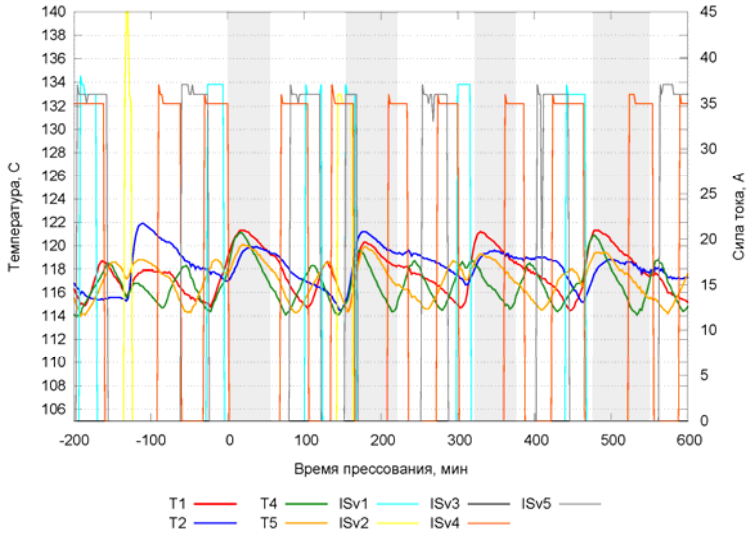
АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ДОЗУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ НАПОВНЮВАЧА

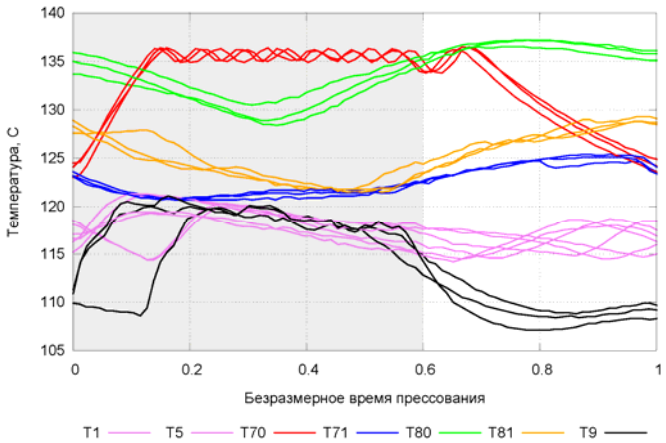
В частині «Автоматизовані системи дозування компонентів наповнювача із забезпеченням достатньої точності відтворення технології» авторським колективом ПАТ «Укрграфіт» впроваджено у виробничу практику:

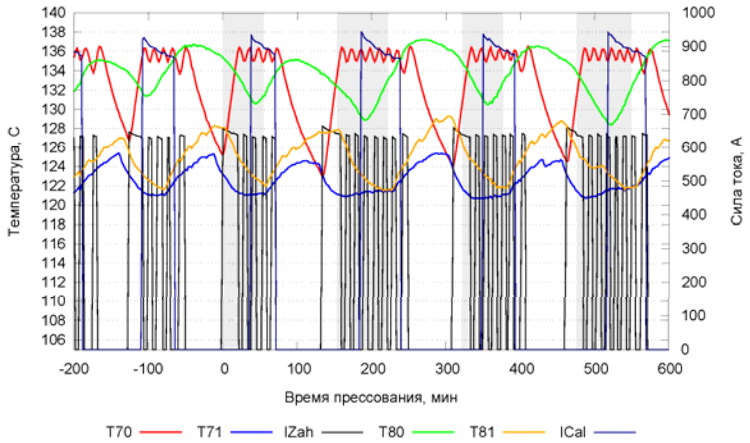
- автоматизовану систему дозування (АСУД) сухих компонентів шихти й сполучного кам’яновугільного пеку, що забезпечує стабільність технологічного процесу та якість кінцевого продукту;
- нові регламенти експлуатації АСУД на підставі науково-технічних досліджень роботи автоматизованої системи дозування при створенні нових видів продукції.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕРОБКИ ПРЕС-МАСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ЕЛЕКТРОДІВ



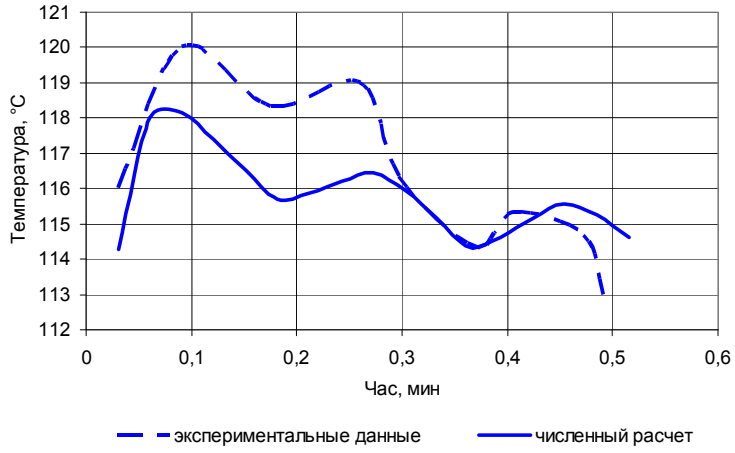


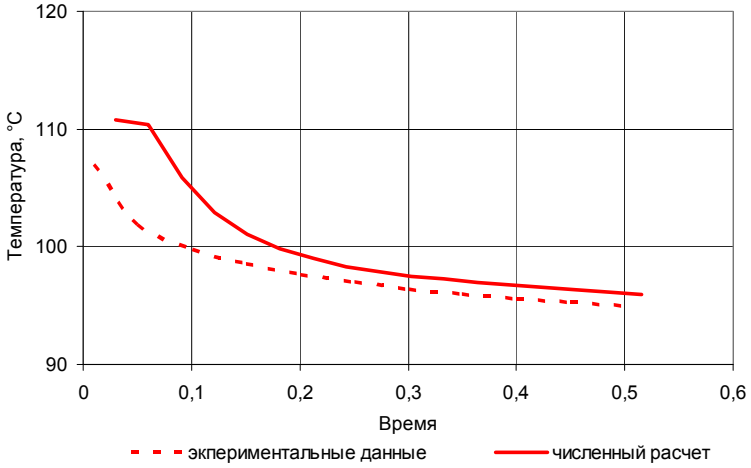


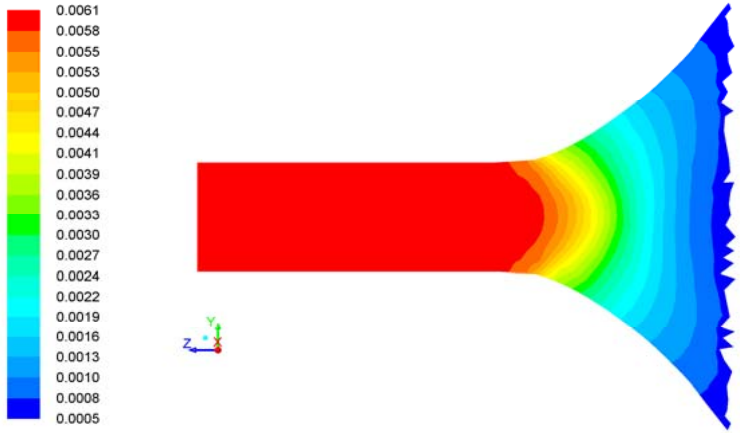


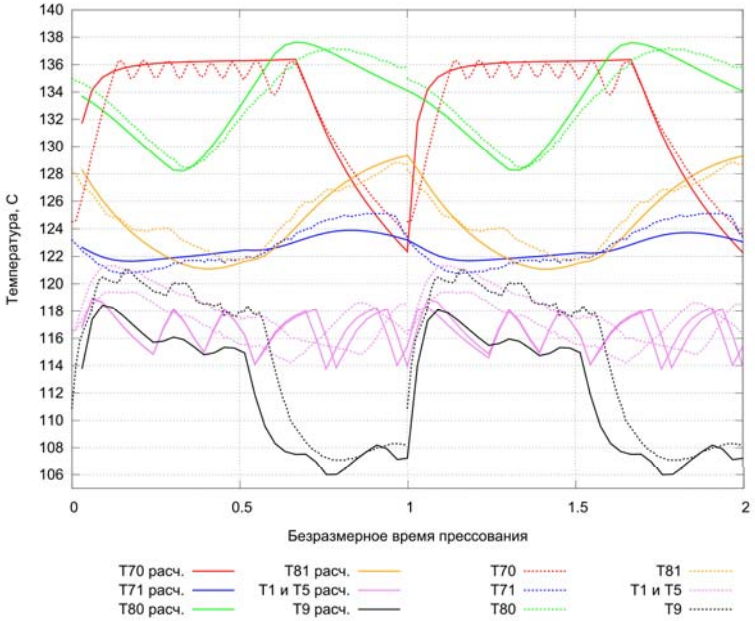
Експериментальні дослідження теплоелектричного стану мундштука діючого пресового обладнання

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕРОБКИ ПРЕС-МАСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ЕЛЕКТРОДІВ





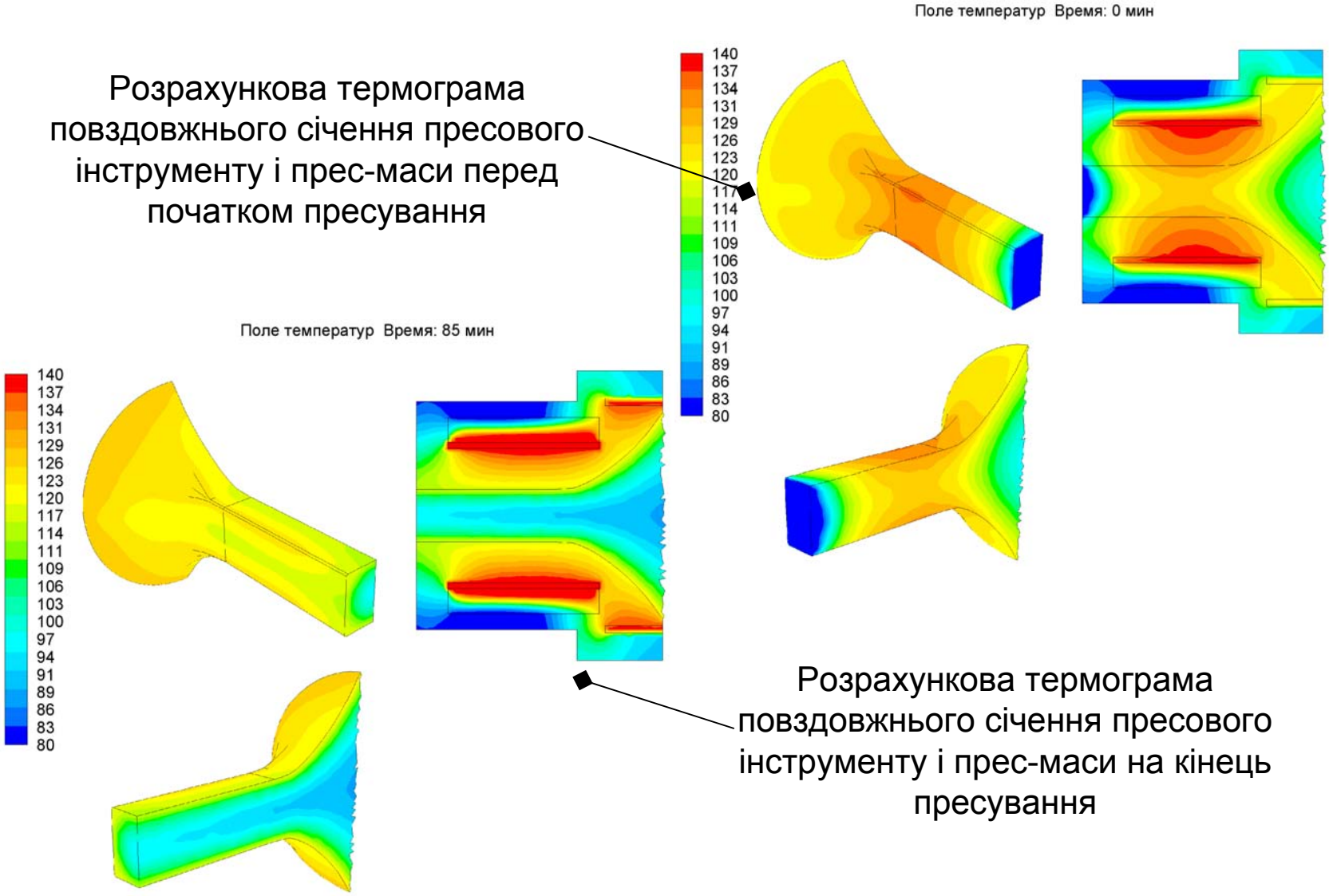




Верифікація числової моделі фізичних полів пресового інструменту (рідина Бінгама)

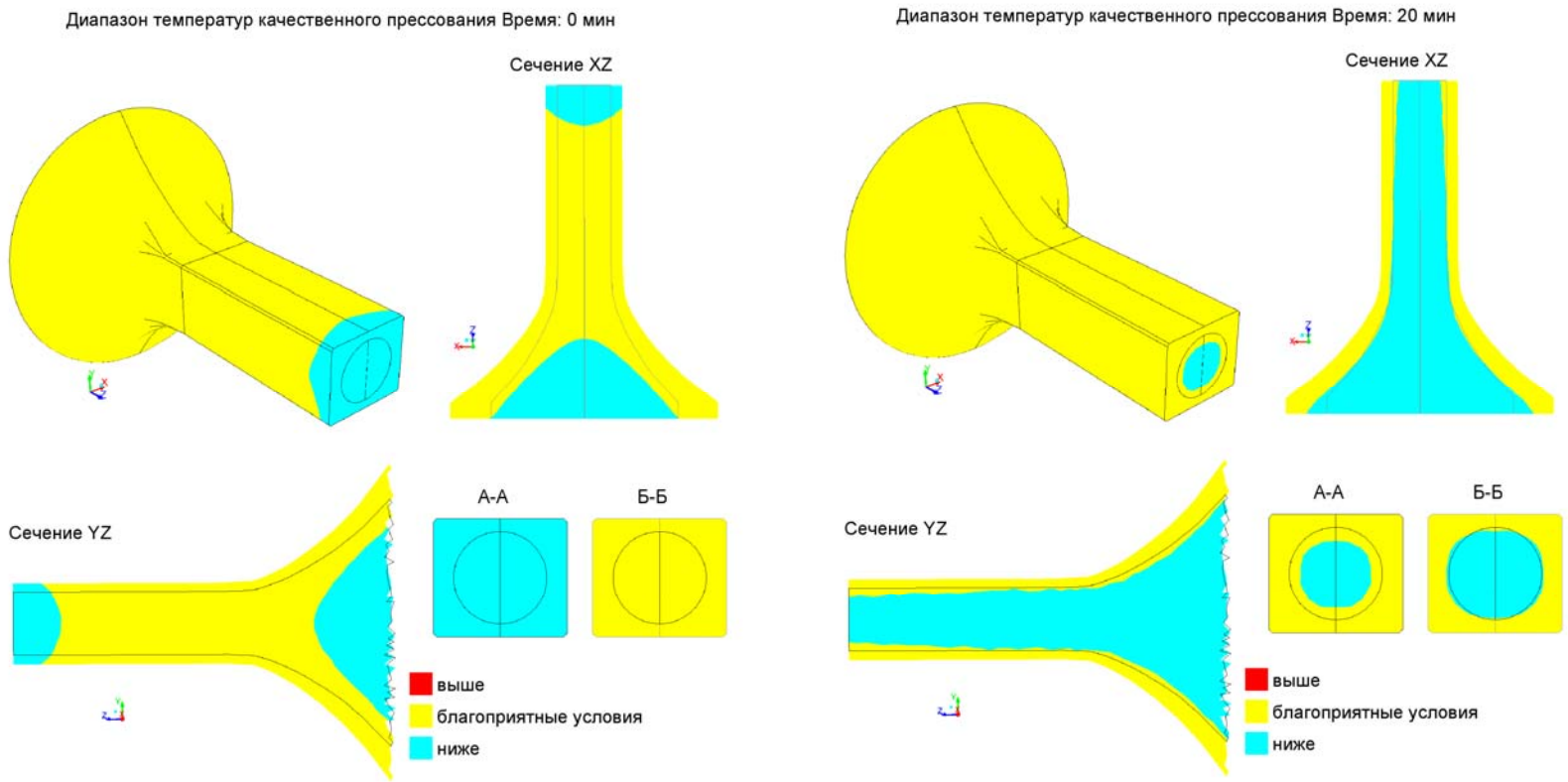
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕРОБКИ ПРЕС-МАСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ЕЛЕКТРОДІВ

Розрахункова термограма повздовжнього січення пресового інструменту і прес-маси перед початком пресування



Розрахункова термограма повздовжнього січення пресового інструменту і прес-маси на кінець пресування

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕРОБКИ ПРЕС-МАСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ЕЛЕКТРОДІВ



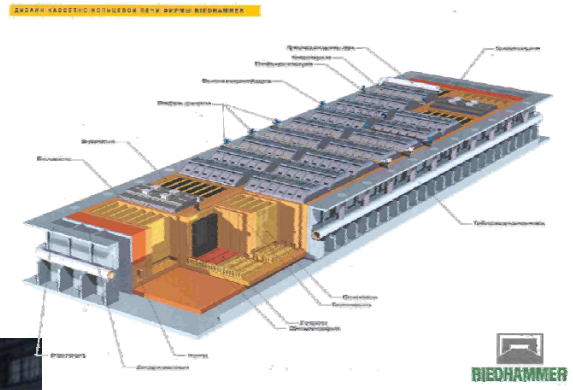
Результати числового моделювання температурного режиму бездефектного пресування

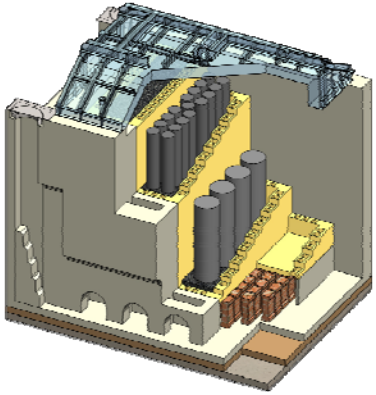
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕРОБКИ ПРЕС-МАСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ЕЛЕКТРОДІВ

В частині модернізації переробки прес-маси та виготовлення заготовок електродів методом екструзії авторськими колективами ПАТ «Укрграфіт» і НТУУ «КПІ» впроваджено у виробничу практику:

- результати науково-технічних досліджень параметрів маси, призначеної для пресування заготовок електродів та теоретичного аналізу модернізації виробничої ділянки змішування компонентів та пресування суміші;
- сучасну установку для змішування «Eirich», яка забезпечує високий ступінь гомогенізації суміші, а також усталене сумішеутримування і термостабілізацію компонентів;
- сучасну технологію вакуумного пресування заготовок;
- програмний комплекс з розрахунків тепло-гідродинамічного стану процесу пресування вуглеграфітових заготовок на пресі зусиллям 6300 т.с. з мундштуком різних типорозмірів, що дозволяє задавати теплові параметри пресового інструменту та швидкість пресування для прогнозування таких важливих технологічних параметрів як розподіл температури, швидкості, тиску та зсувних напружень.

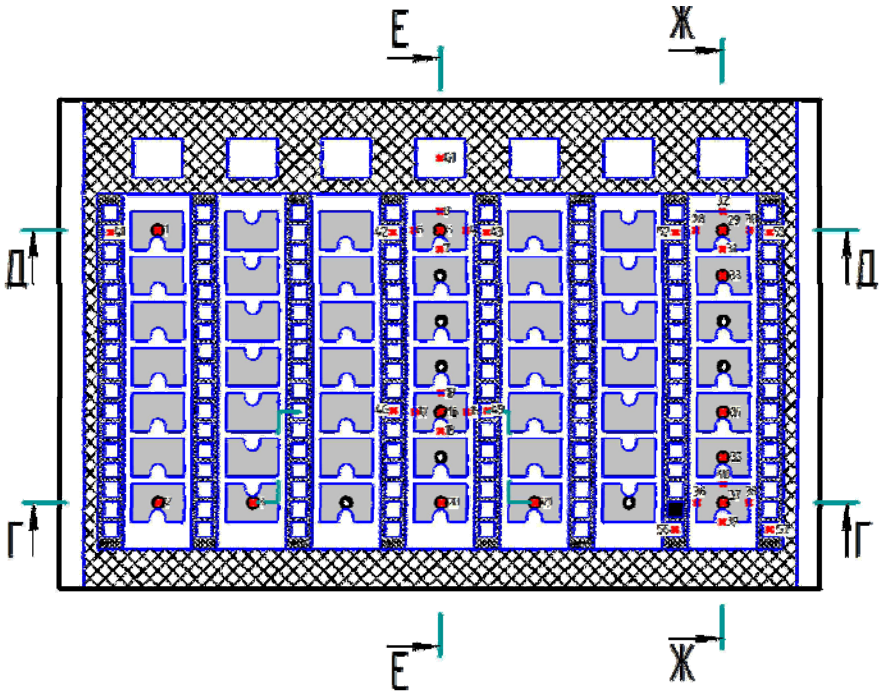
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК У ПЕЧАХ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

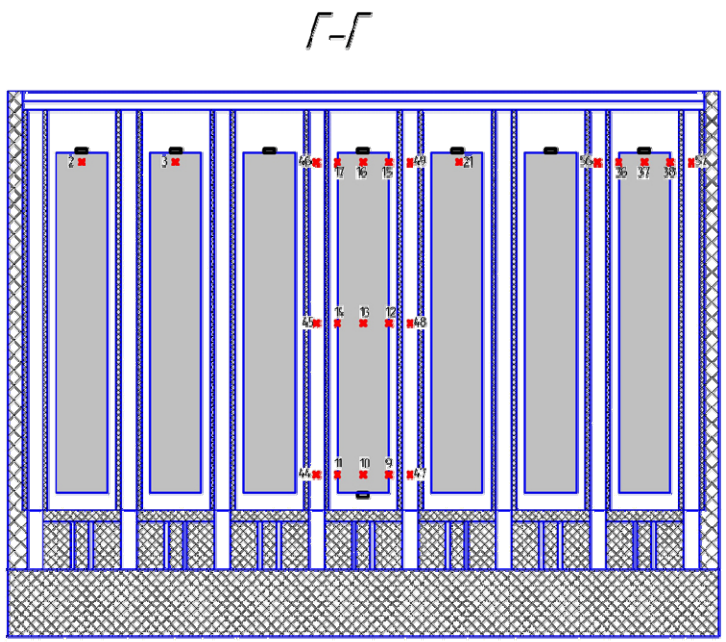


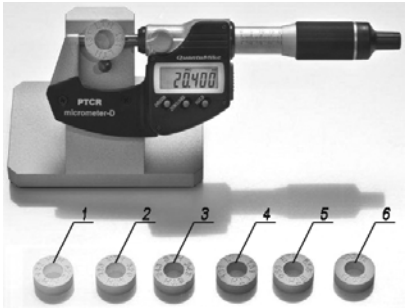


Модернізації випалювальних печей

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК У ПЕЧАХ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

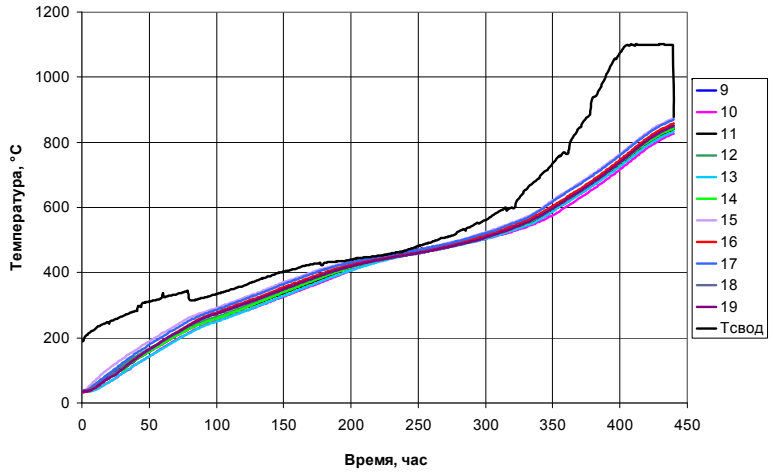


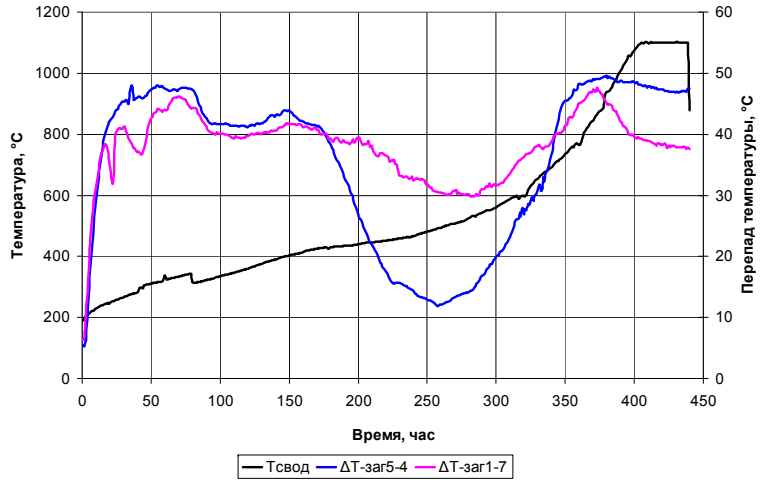


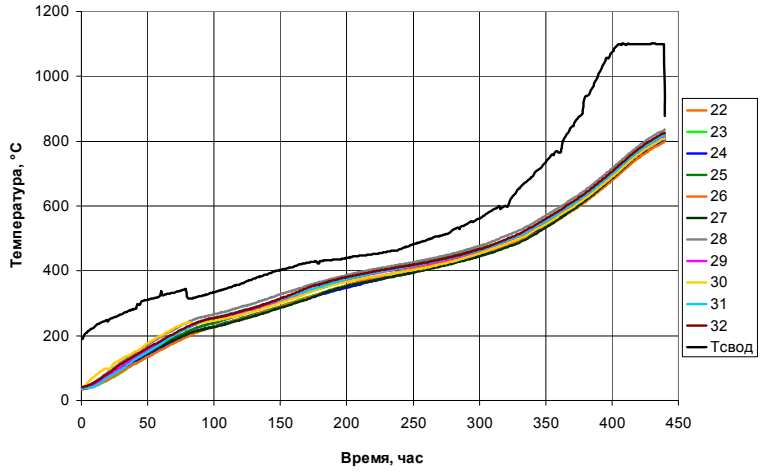


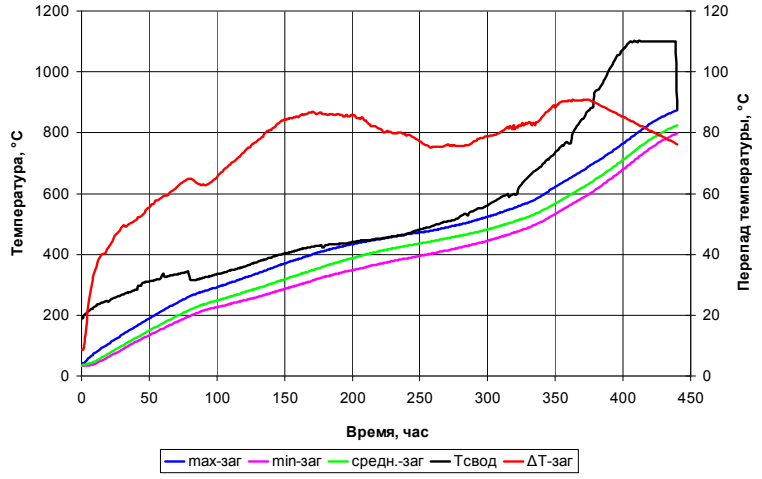
Експериментальні дослідження теплового стану діючої камери печі випалювання

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК У ПЕЧАХ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ



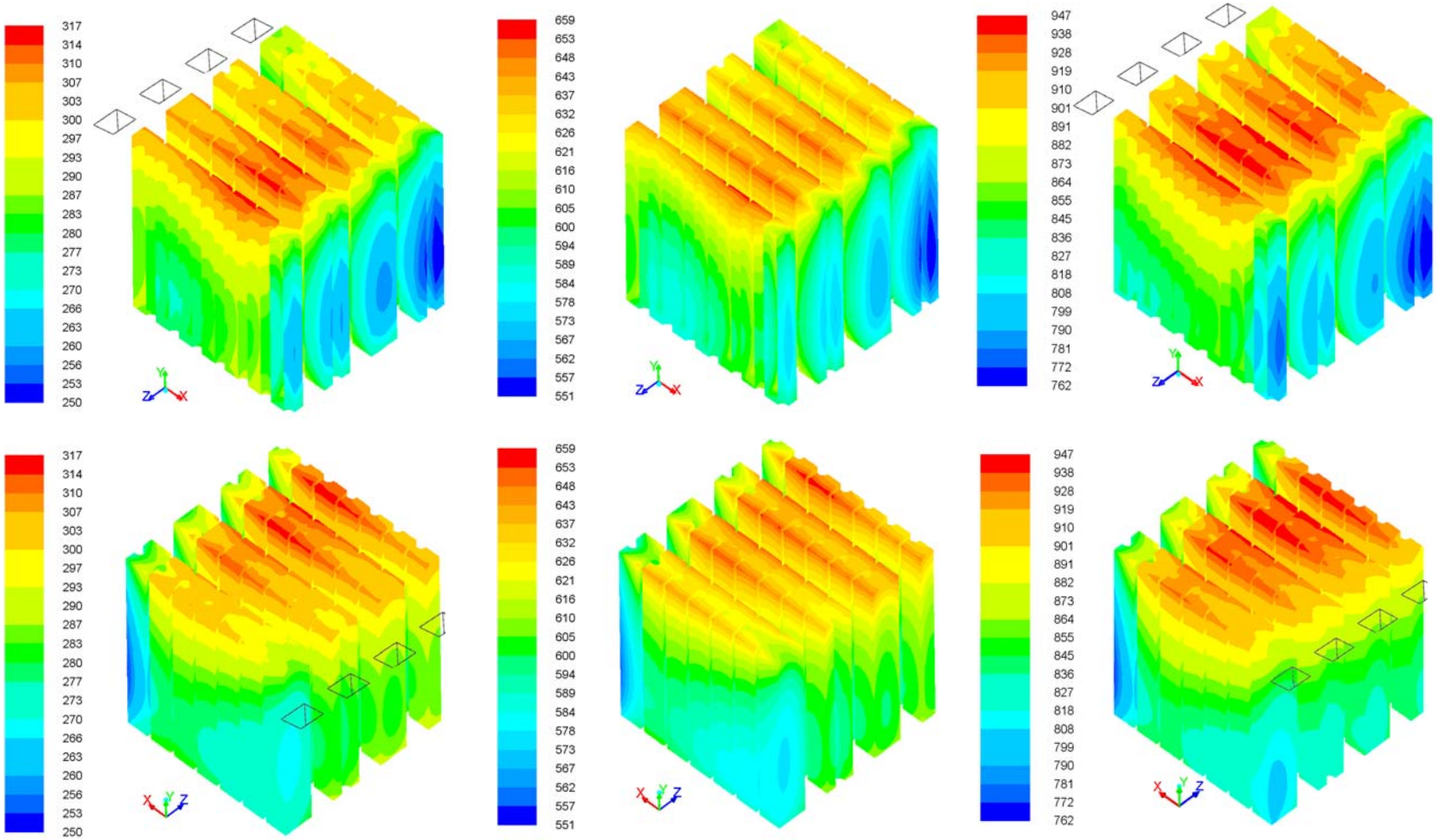






Результати експериментальних досліджень камери печі випалювання

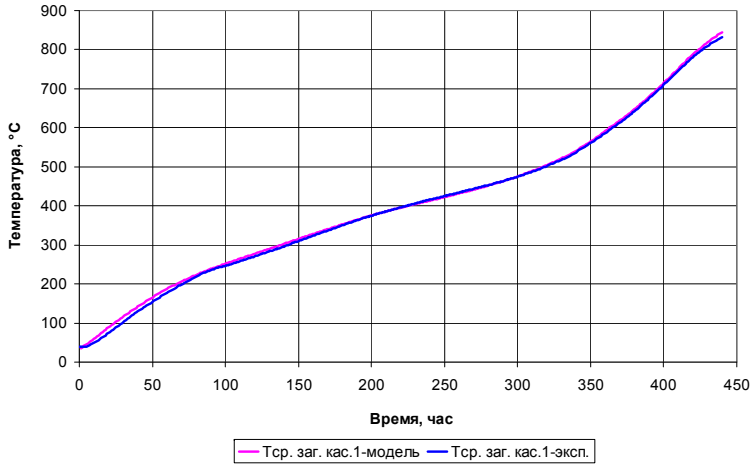
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК У ПЕЧАХ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

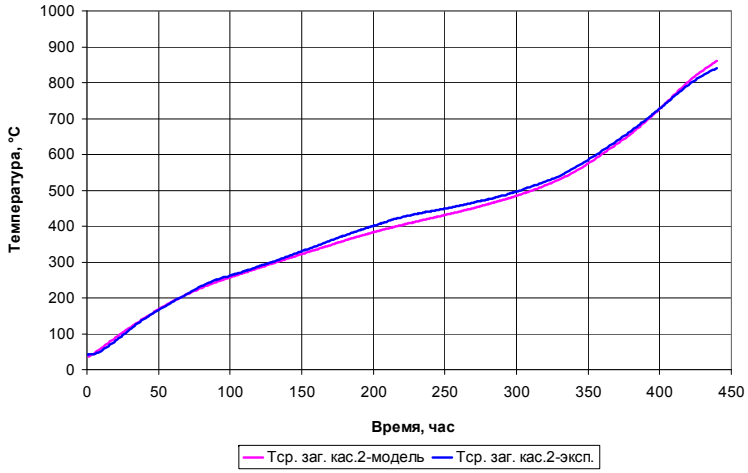


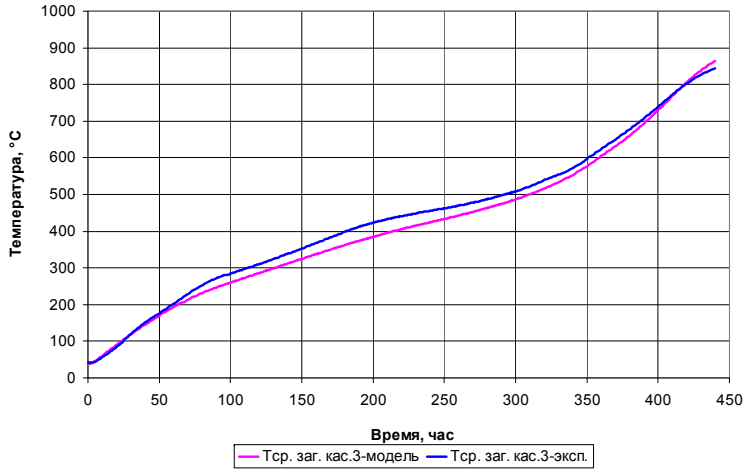
120 година 360 година 440 година

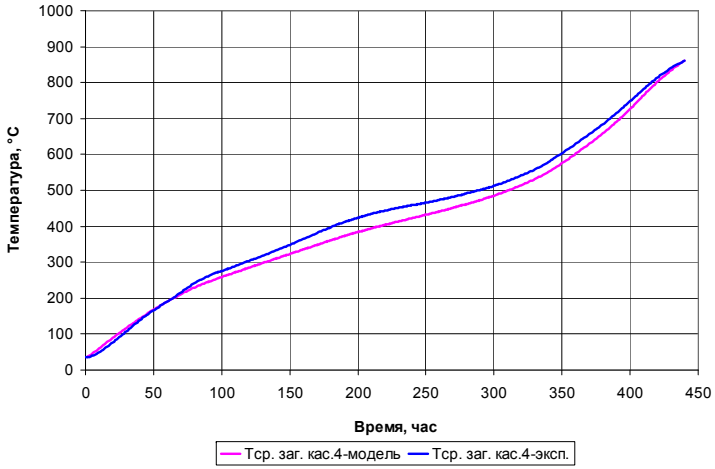
Числове моделювання тепло-гідродинамічного стану камери печі випалювання

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК У ПЕЧАХ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ



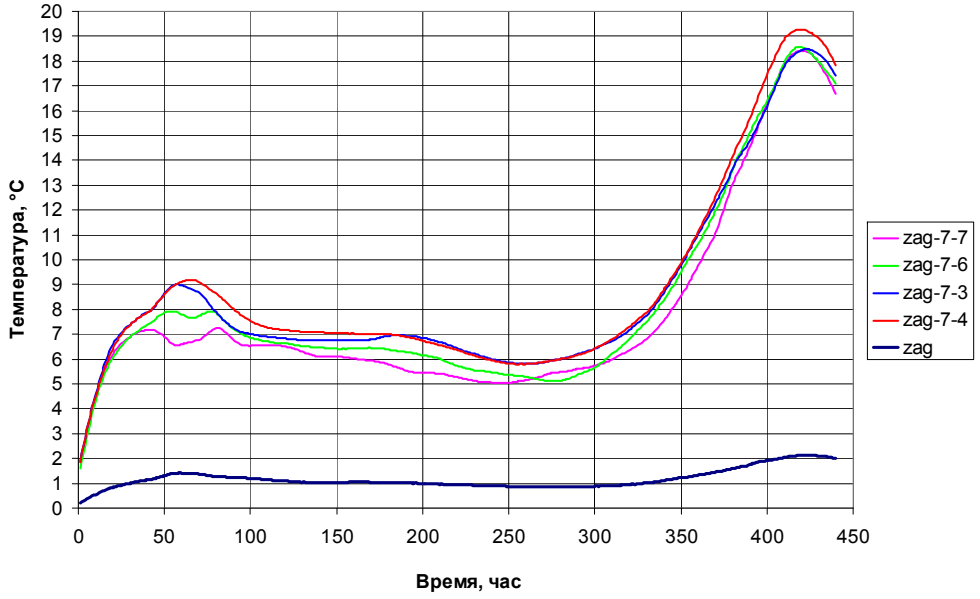






Верифікація числової моделі тепло-гідродинамічного стану камери печі випалювання

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК У ПЕЧАХ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ



Числова оцінка впливу конструктивних параметрів камери печі випалювання (перекриття муфельних каналів) на середньооб’ємну температуру заготовок

Енергоефективний регламент випалювання розроблений за допомогою числової моделі

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК У ПЕЧАХ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

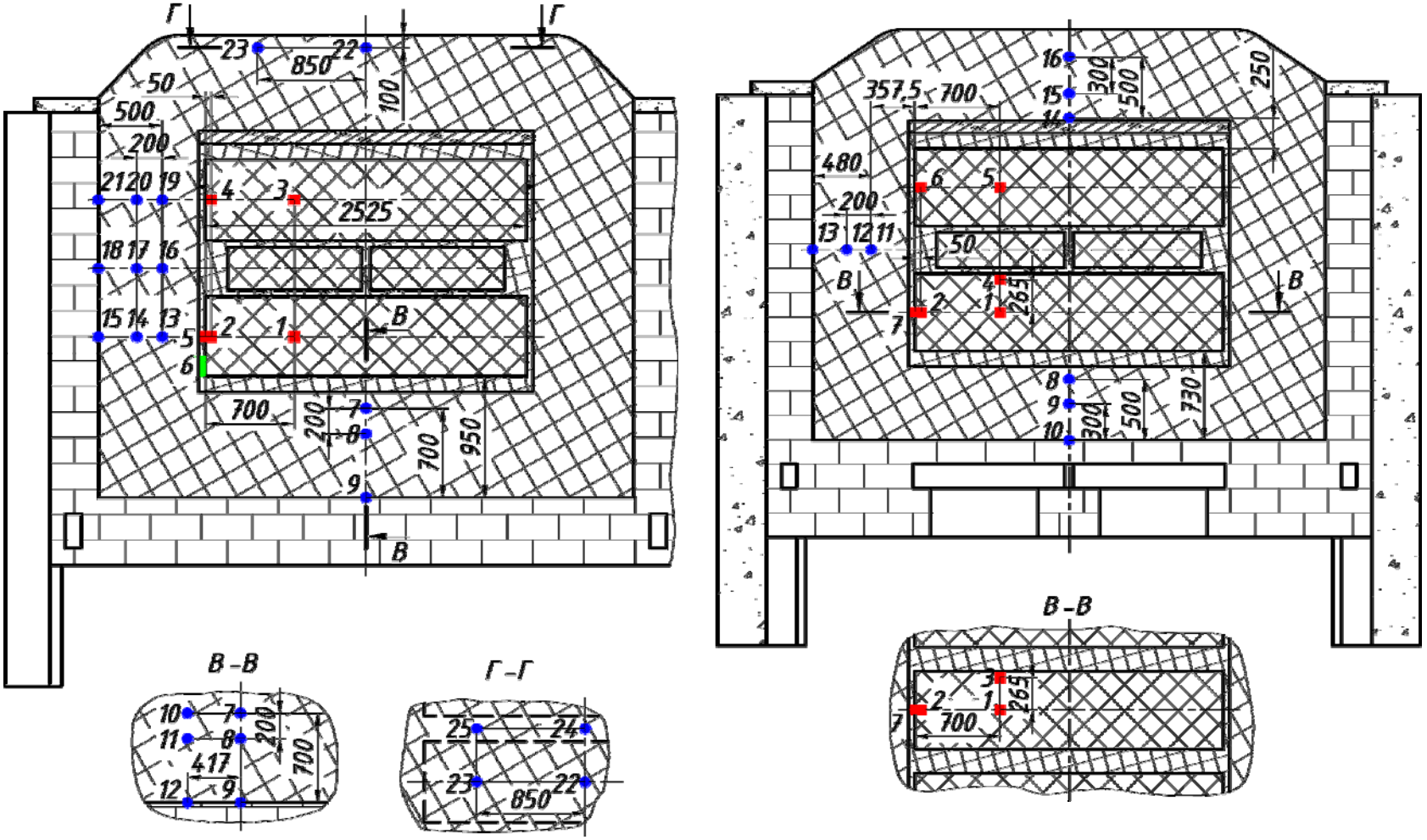
В частині модернізація термічної обробки вуглецевих заготовок у печах випалювання (термічної обробки) нової генерації авторськими колективами ПАТ «Укрграфіт» і НТУУ «КПІ» виконано:

- введено в експлуатацію дві багатокамерні кільцеві печі (№7 і №10) із загальною продуктивністю понад 3200 т/міс;
- впроваджено систему автоматизованого поточного контролю та менеджменту відносно кінцевої якості заготовок;
- виконано модернізацію за проектом “PIECOSERWIS” багатокамерної печі № 7 випалювання заготовок з обладнанням газовими пальниками з керованими витратами газу та повітря, системою рекуперації та автоматизації пальників;
- розроблено технологічні регламенти випалювання електродної продукції в печах випалювання, які реалізують ресурсоенергозбереження та зменшення виходу бракованих виробів на (7–10) %.

В результаті модернізації досягнуті такі показники:

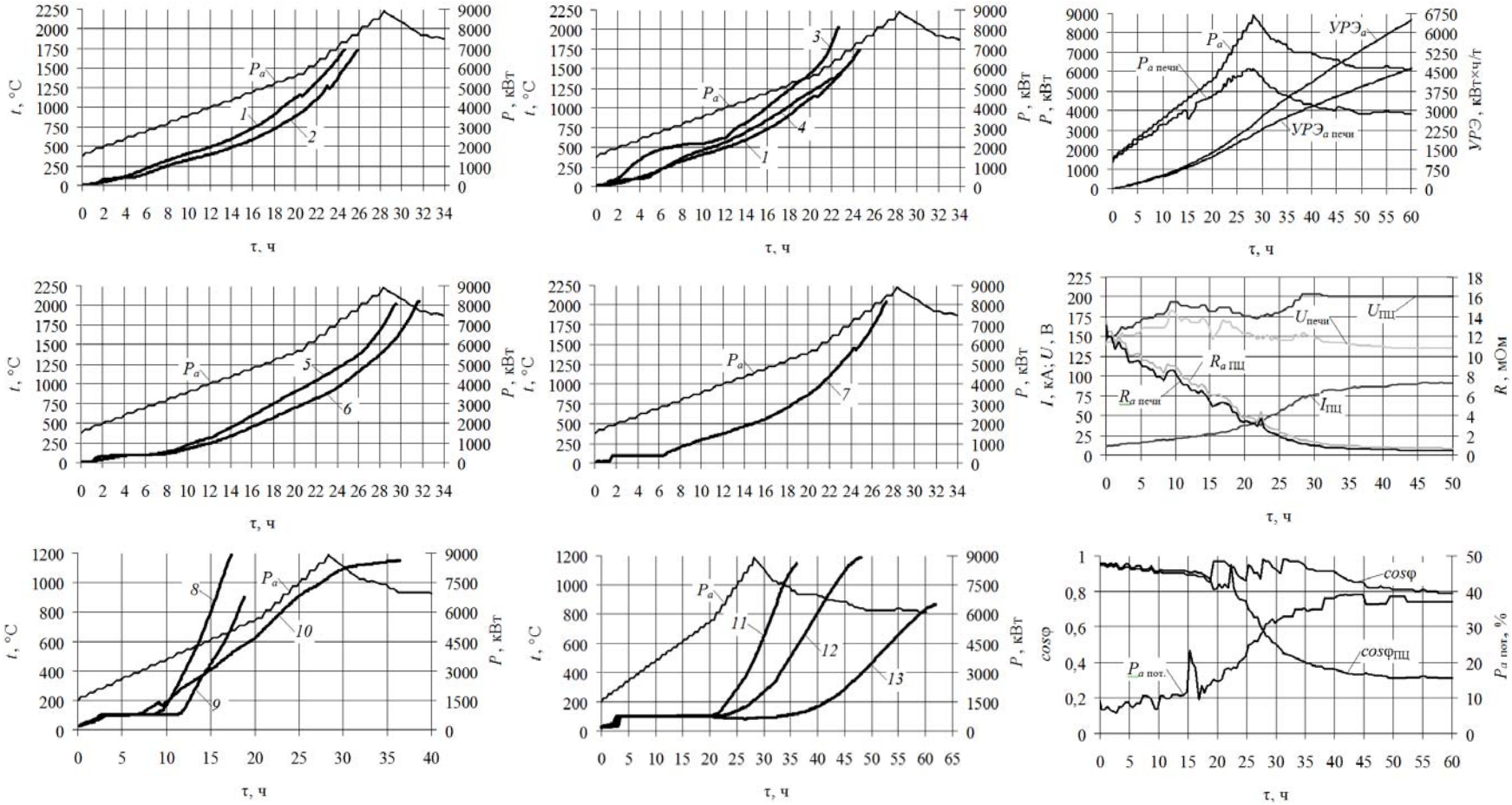
- витрати газу після модернізації в перерахунку на умовне паливо складають 0,124 т у.п./т продукції порівняно з 0,220 т у.п./т продукції до модернізації;
- питомий електроопір обпалених заготовок рівномірний та стабільний і становить не більше (42–45) мкОм·м.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРАФІТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК



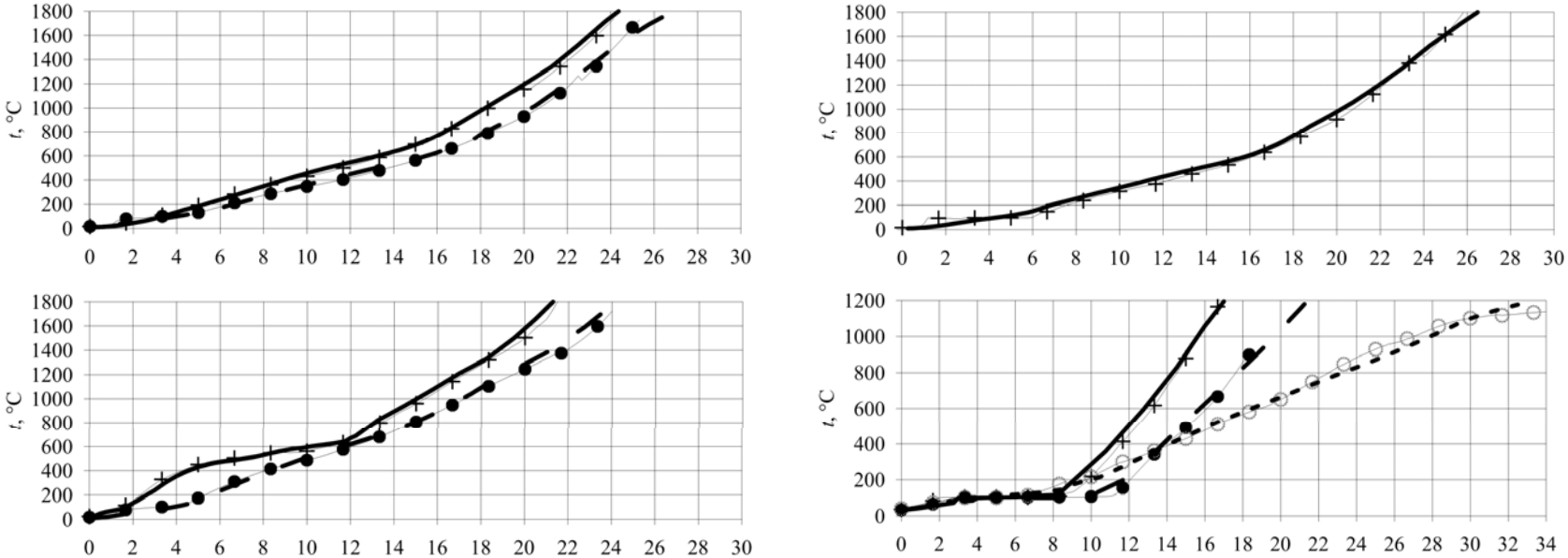
Експериментальні дослідження теплоелектричного стану діючих печей графітування змінного та постійного струму

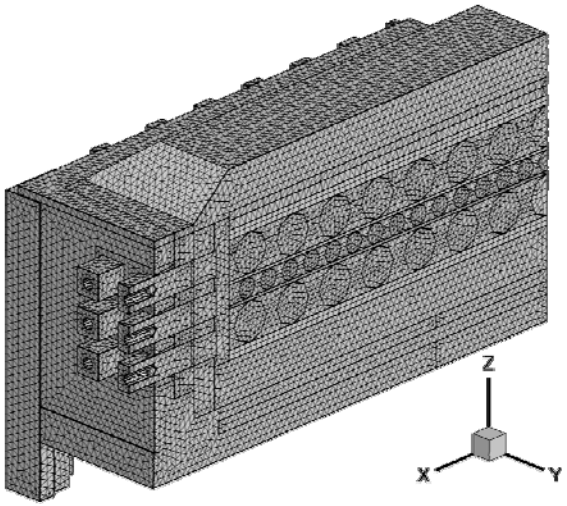
ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРАФІТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК

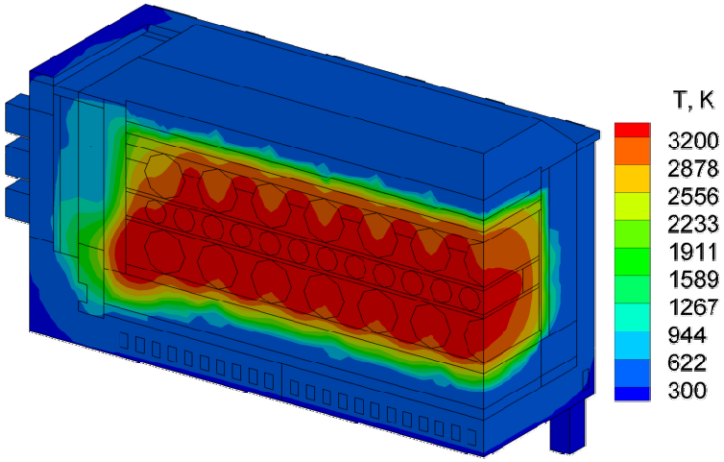


Результати експериментальних досліджень теплоелектричного стану діючої печі графітування змінного струму

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРАФІТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК

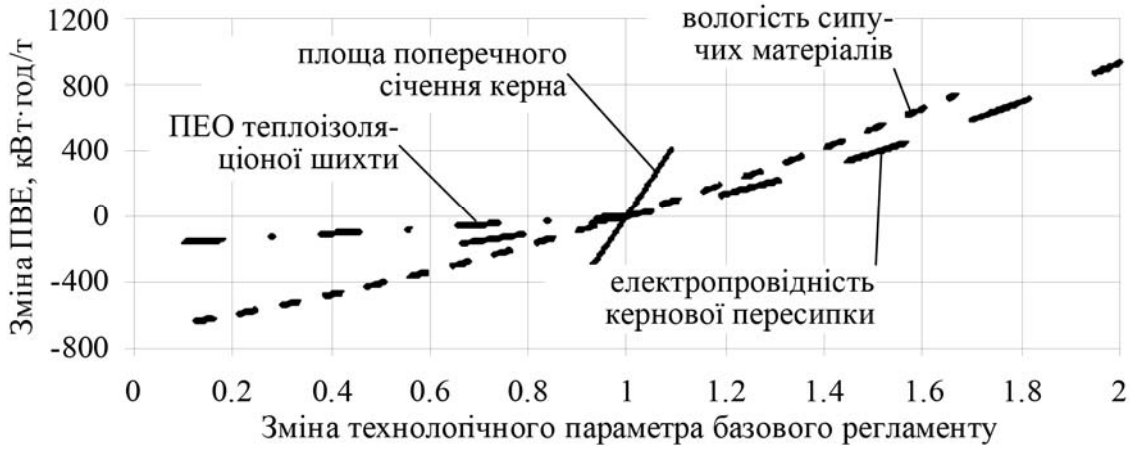




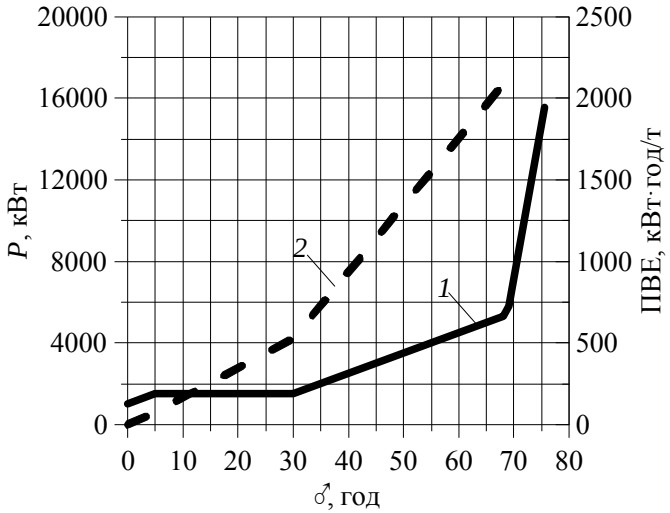


Верифікація числової моделі тепло-електромеханічного стану печі графітування

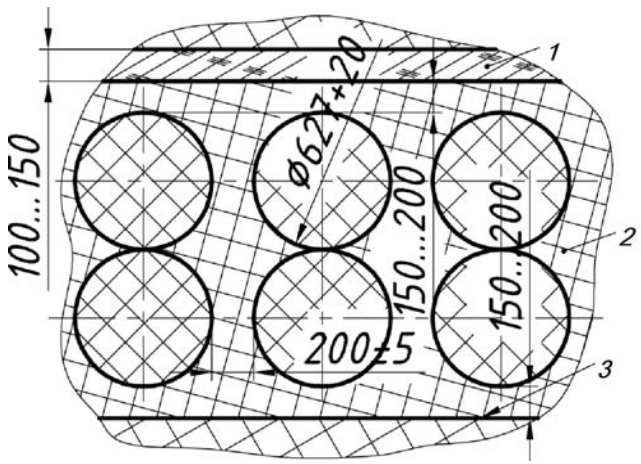
ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРАФІТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК



Інтенсивність впливу визначальних параметрів технологічного регламенту на зміну ПВЕ необхідної для досягнення заданого рівня температури заготовок

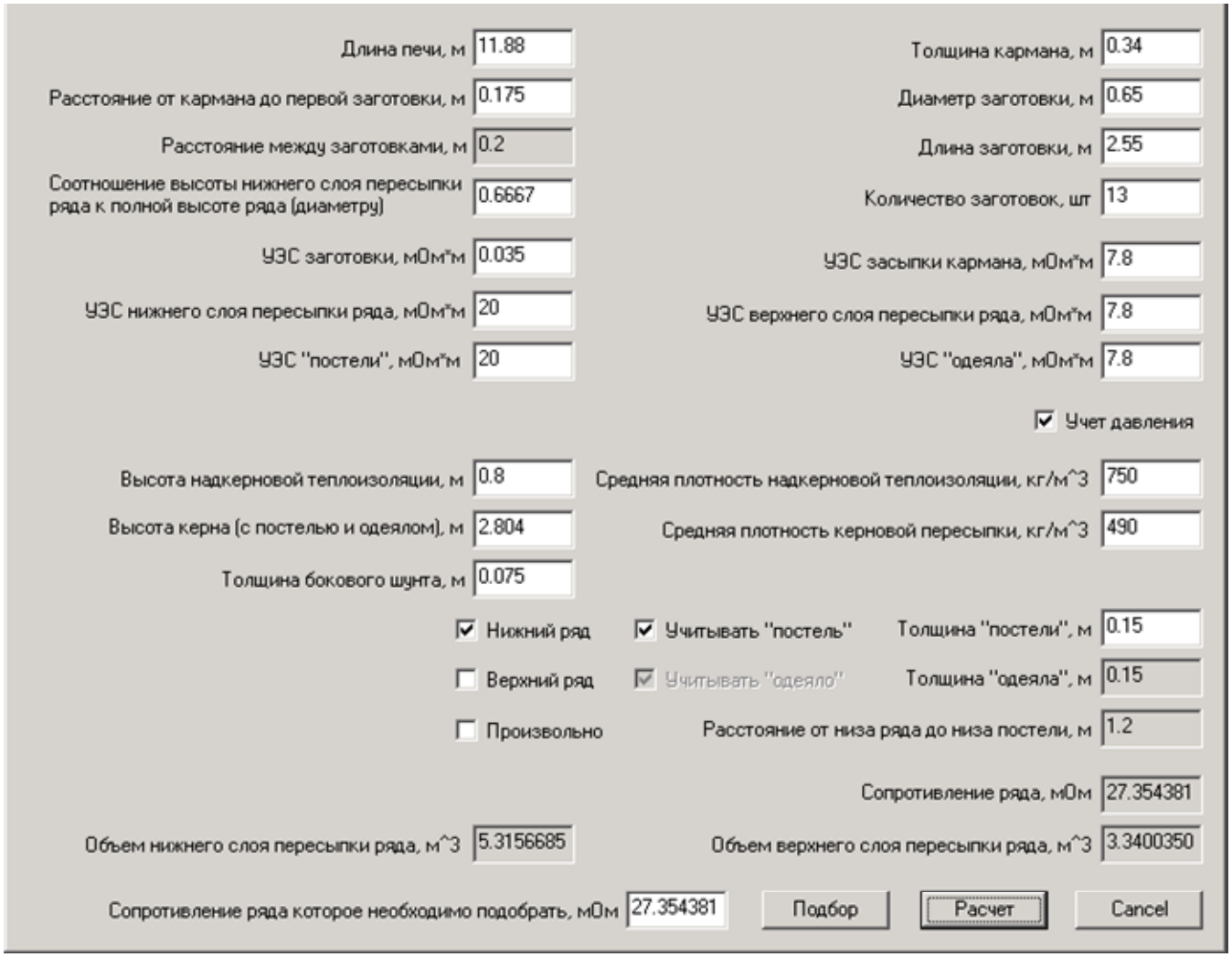


1 – графік вводу електричної потужності, кВт;
2 – графік зміни ПВЕ, кВт·год/т



Енергоефективні регламент підводу електричної енергії та схема формування керна при графітування довговимірних заготовок

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРАФІТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК



Програмне забезпечення для апріорної оцінки електричного опору рядів керна

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРАФІТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК

В частині вдосконалення технології графітування вуглецевих заготовок у високотемпературних печах авторськими колективами ПАТ «Укрграфіт» і НТУУ «КПІ» розроблено та впроваджено у виробничу практику:

- методику підготовки та моніторингу технологічного процесу в печах графітування Ачесона;
- наукоємний комп'ютерний інжиніринг для розробки ресурсоенергозберігаючих технологічних регламентів графітування нових видів продукції – числову модель визначення теплоелектричного та механічного стану печей графітування;
- автоматизовану систему температурного моніторингу процесу графітування, що забезпечує енергоощадне керування виробничим циклом;
- впроваджено систему науково-обґрунтованих критеріїв для опису регламентів підводу електричної потужності у печі графітування;
- енергозберігаючі регламенти роботи печей графітування за рахунок інтенсифікації графіків підведення електричної потужності, що збільшило кількість робочих кампаній печі на рік і вихід продукції запрограмованої якості.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРАФІТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК

В результаті впровадження інноваційних розробок досягнуті такі результати:

- витрати електроенергії на одну кампанію печі зменшилися на 10 % із заданими показниками якості графітованої продукції;
- вихід графітованих електродів, питомий електроопір яких відповідає світовим зразкам, становить до (96–98) %;
- випуск продукції збільшився на (15–20) % за рахунок інтенсифікації графіка підводу потужності в печі графітування електродів.

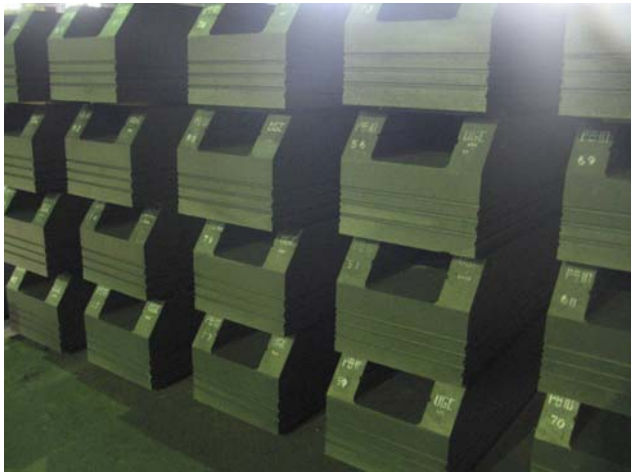
ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КАТОДНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Автоматизована лінія механічної обробки катодної продукції фірми “WASSMER”

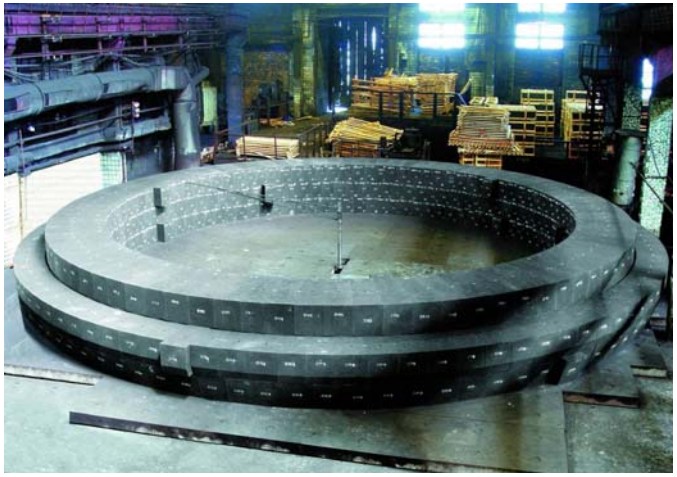
НОВІ МАРКИ ВУГЛЕЦЕВО-ГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ

Аноди і бруси графітовані для титано-магнієвої промисловості

Графітовані електроди



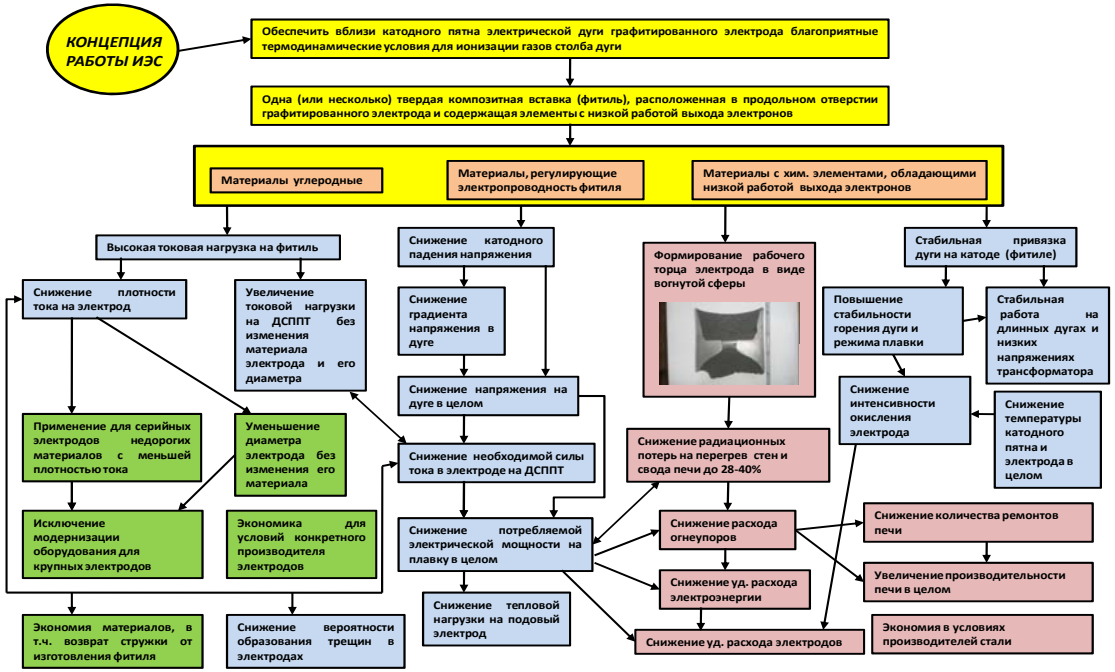
Катодна продукція для алюмінієвих електролізерів



Вуглеграфітова продукція для металургійних печей

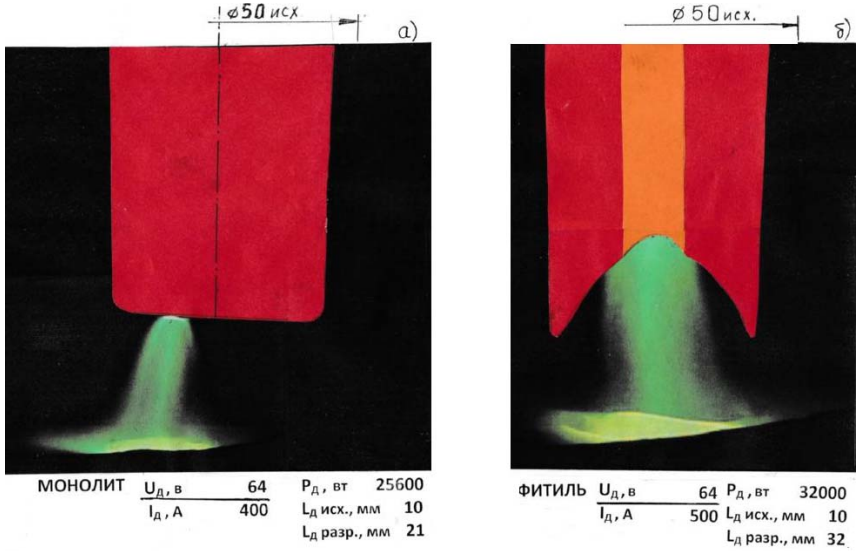
НОВІ МАРКИ ВУГЛЕЦЕВО-ГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ

Графітований композитний електрод Ø350 мм, що використовується на 12-тонній печі ДСП ПТ

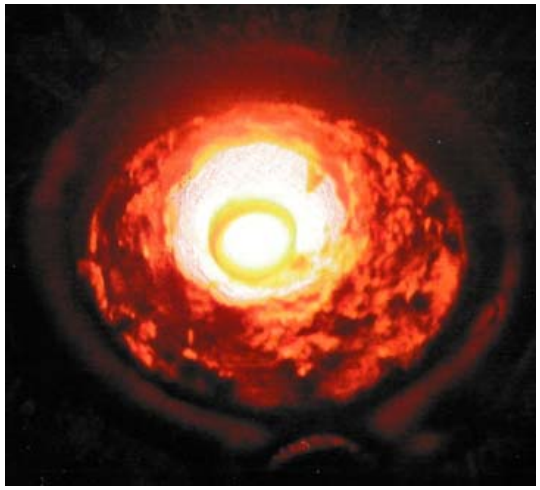


Основні технічні показники та їх взаємозв’язок при виробництві і експлуатації композитних електродів

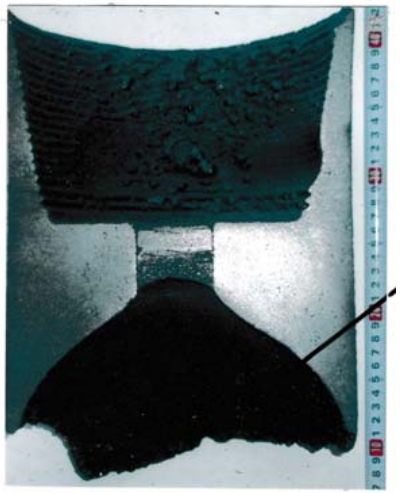
НОВІ МАРКИ ВУГЛЕЦЕВО-ГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ



Вигляд дуги на монолітному і ґнотовому електродах



Торець композитного електроду, вид знизу, Ø230 мм, ореола Ø95 мм



Макротемплет композитного електрода номінальним Ø350 мм (діаметр робочого кінця Ø230 мм)

ІННОВАЦІЙНЕ РЕСУРСО-ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ

- Споруджено та введено в експлуатацію утилізаційну котельню з трьома котлами-утилізаторами РК 25 14/320 виробничою потужністю до 25 т/год перегрітої пари з регенерацією теплоти димових газів за печами прожарювання коксу та антрациту, що дозволяє зекономити на витратах природного газу до 1000 м^3/год.
- Модернізовано силову електричну підстанцію «Графіт» - 150/10 кВ.
- Модернізовано газоочисне устаткування за печами прожарювання.
- Споруджено та реконструйовано водоочисні споруди.

Очисні споруди дощових стоків ПАТ «Укрграфіт»

ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Впроваджено методико з більш чистого виробництва Організації Об'єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО).

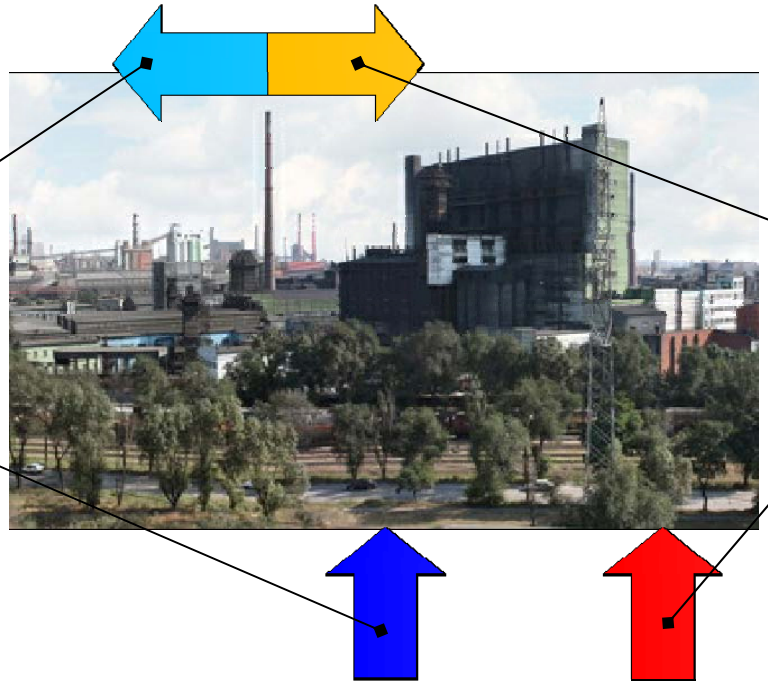
Забезпечено зменшення викидів CO_2:

- на стадії електрокальцинації антрациту - на (15–18) %;
- на обертових печах прожарювання - на 9,8 кг на тонну готової продукції;
- на печах графітування - в середньому більш ніж 20 т на кампанію.

НА СЬОГОДНІ

CO=1000 кг/доб
400 мг/м³
11 %

Q=576МВт · год/доб
495 Гкал/доб
96%



В МИНУЛОМУ

CO=9100 кг/доб
6000 мг/м³
100 %

Q=600МВт·год/доб
495 Гкал/доб
100%

ПОРІВНЯННЯ РОЗРОБОК ЗІ СВІТОВИМИ АНАЛОГАМИ

Відповідність якості вуглецево-графітової продукції світовому рівню

Технічні характеристики	Од. вим.	Величина показника	
		ПАТ «Укрграфіт»	Японський виробник
Уявна щільність	г/см^3	1,6	1,56
Істинна щільність	г/см^3	1,95	1,95
Загальна пористість	%	17,9	20
Відкрита пористість	%	14,9	17,5
Діаметр основної пори	μм	3,9	6
Вміст зольних домішок	%	2,0	5
Постійна лінійна зміна	%	0,03	0,05

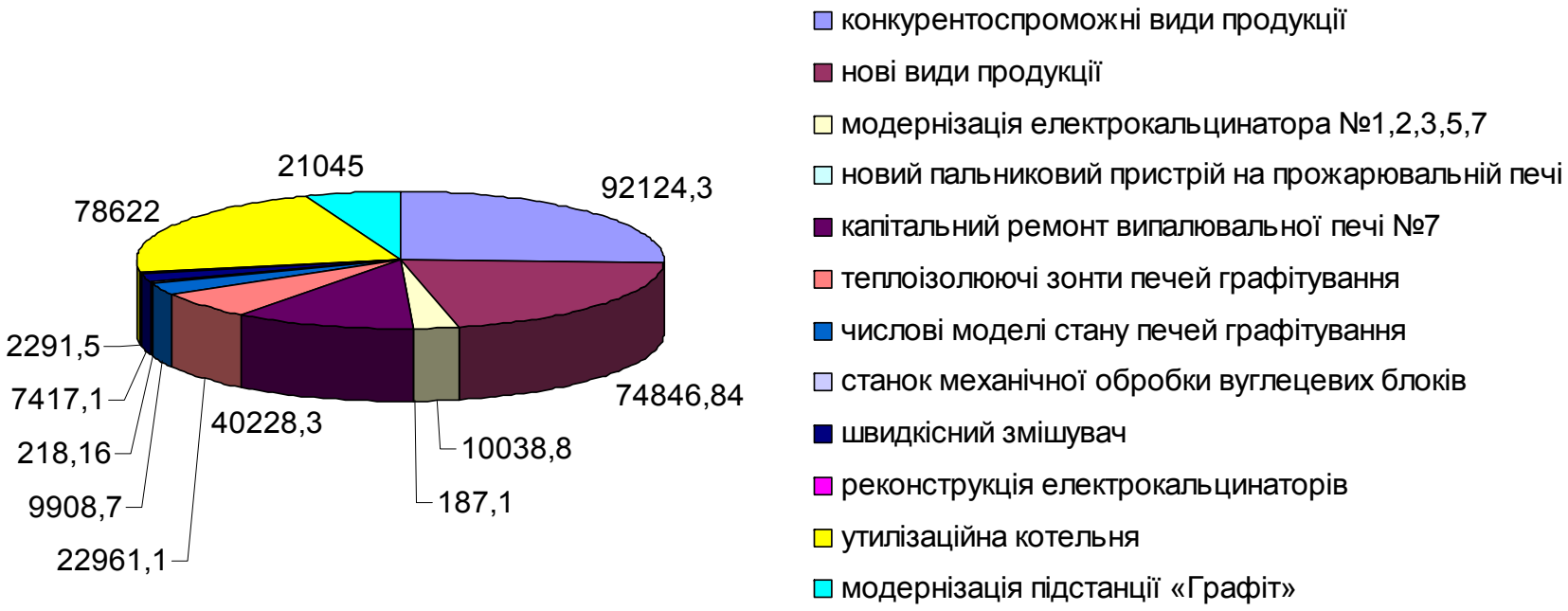
Якість продукції ПАТ «Укрграфіт», яка відповідає світовим зразкам, досягнута за таких умов:

- зменшенні витрат природного газу від 14 % до 43,6 %;
- зменшенні питомих витрат електроенергії при електрокальцинації антрациту на (15–20) %;
- зменшенні витрат електроенергії на 1 кампанію печі графітування Ачесона від 6 % до 10 %;
- підвищенні виходу графітованих електродів (до 96–98 %).

ЗАГАЛЬНА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Економічна ефективність роботи має подвійний ефект, який полягає власне у підвищенні прибутковості підприємства, збільшенні відрахувань акціонерам, а також сприяє збільшенню податкової складової підприємства у бюджетній сфері.

Загальний економічний ефект, отриманий завдяки комплексу робіт «Розробка та впровадження інноваційних технологій виробництва вуглецево-графітової продукції для електрометалургії» складає понад 359 млн грн.



АПРОБАЦІЯ РОБОТИ

Результати роботи мають науково-практичний характер і втілені у виробництво у вигляді обладнання та технологічних регламентів. За результатами наукових досліджень:

- захищено 1 докторську і 8 кандидатських дисертацій;
- опубліковано 10 монографій, 108 статей (з них 33 статті в журналах, що входять до наукометричної бази SCOPUS);
- отримано 51 патенти України, Російської Федерації і Республіки Білорусь на винаходи, корисні моделі та промислові зразки.

Результати роботи доповідалися на більш ніж 25-и міжнародних наукових конференціях

ВИСНОВКИ

Головним результатом роботи є:

- удосконалення сировинної бази для виробництва вуглецевої та вуглеграфітової продукції на підставі науково-технічних методів аналізу властивостей використовуваних матеріалів;
- впровадження сучасних технологій виробництва вуглецевої та вуглеграфітової продукції на стадіях: електрокальцинування вихідних вуглецевих матеріалів; дозування компонентів наповнювача; підготовки прес-маси для виготовлення заготовок методом екструзії; термічної обробки вуглецевих заготовок в печах випалювання і заключної стадії – графітування;
- розробка нових марок (видів) вуглецевих виробів, що забезпечують конкурентоспроможність на світових ринках – графітовані бруси та аноди верхнього та нижнього вводу для магнієвих електролізерів; графітовані електроди для сталеплавильних печей; катодна продукція і вуглеграфітова футеровочна продукція для агрегатів чорної та кольорової металургії, зокрема, електролітичного виробництва алюмінію; композитні графітовані електроди для дугових сталеплавильних печей постійного струму, який немає аналогів у світовій практиці.