

# Японсько-український семінар з питань енергетичної безпеки

~ на шляху до високоефективних технологій вугільної енергогенерації

*Київ, 3 лютого 2015 р.*

## Науково-дослідницька робота щодо застосування чистих вугільних технологій в Україні

**І. Вольчин**

[volchyn@gmail.com](mailto:volchyn@gmail.com)

**М. Чернявський**

[mchernyavski@yandex.com](mailto:mchernyavski@yandex.com)

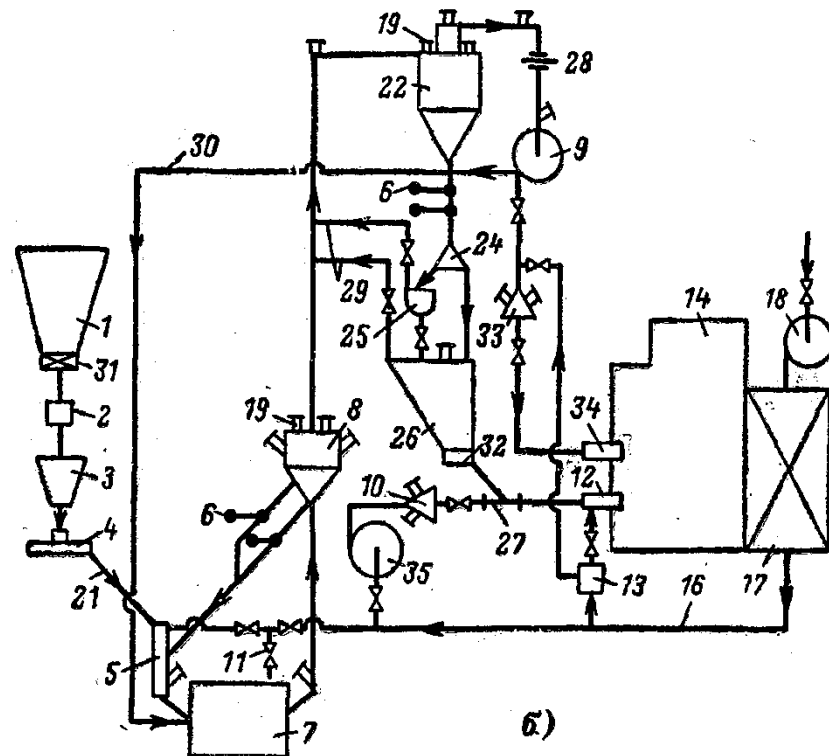
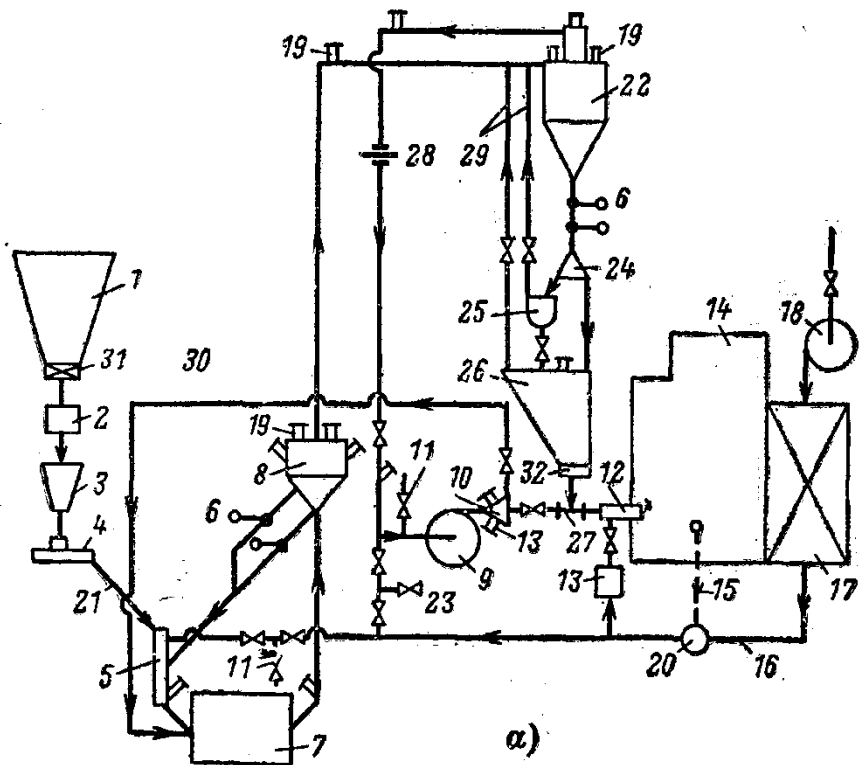
**Інститут вугільних енерготехнологій  
НАН України**

ТЕС	Місце знаходження	Проектне вугілля		Блоки, МВт	Котел (тип, кількість)	Турбіна (тип, кількість)
		марка	Q <sub>i</sub> , ккал/кг			
<b>ПАТ «Центренерго»</b>						
Вуглегірська	Донецька область, м. Світлодарськ	Донецьке Г, ДГ	5000	4x300	4 x ТП-312А	4 x К-300-240-2
Трипільська	Київська область, м. Українка	Донецьке А, П	5800-6000	4x300	4 x ТПП-210А	4 x К-300-240
Зміївська	Харківська область, Зміївський р-н	Донецьке А, П	6000	6x200 4x300	6 x ТП-100 4xТПП-210(А)	6 x К-200-130 3xК-300-240+К-325-240
<b>ПАТ «Донбасенерго»</b>						
Старобешівська	Донецька обл., Старобешівський р-н	Донецьке А, П	пиловугільні 6000	9x200 1x210	9 x ТП-100 1 x АЦКШ-670	10 x К-200-130
Слов'янська	Донецька область, м. Миколаївка	Донецьке А	5800	1x800	1 x ТПП-200-1	1 x К-800-240-2
<b>ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго»</b>						
Запорізька	Запорізька область, м. Енергодар	Донецьке Г, ДГ	5000	4x300	4 x ТПП-312А	1 x К-325-23,5 3 x К-300-240-2
Придніпровська	м. Дніпропетровськ	Донецьке А, П	6000	4x150 3x300	4 x ТП-90 2xТПП-210+ТПП-110	4 x К-160-130 2xК-300-240+К-310-23,5
Криворізька	Дніпропетровська обл., м. Зеленодольськ	Донецьке П	5900-6500	9x300	4 x П-50 5 x ТПП-210А	7 x К-300-240-2 2 x К-300-240
<b>ТОВ «ДТЕК Східенерго»</b>						
Луганська	Луганська область, м. Щастя	Донецьке А, П	5800-6000	6x200	4 x ТП-100 2 x ТП100А	6 x К-200-130
Курахівська	Донецька область, м. Курахово	В/зольне Г, ДГ	4100–4300	7x210	7 x ТП-109	1 x К-200-130-3 6 x К-210-130-3
Зуївська	Донецька область, м. Зугрес	Донецьке Г, ДГ	4730	4x300	4 x ТПП-312А	4 x К-300-240
<b>ПАТ «ДТЕК Західенерго»</b>						
Ладизинська	Вінницька область, м. Ладизин	Донецьке Г, ДГ	5000-5200	6x300	6 x ТПП-312	6 x К-300-240-2
Добротвірська	Львівська обл, Кам'янка-Бузький р-н	Льв.-Во- лин. Г	4950	2 x 150	2x ТП-92	2 x К-160-130
Бурштинська	Івано-Франківська обл., м.Бурштин	Льв.-Во- лин. Г	5000-5400	12x200	7xТП-100 5xТП-100А	12xК-200-130

**У 2012-2013 рр. було досягнуто баланс видобутку та споживання енергетичного бітумінозного вугілля і профіцит антрациту та напівантрациту**

Вугілля (2013 р.)		A <sup>d</sup> , %	Видобуток, тис. т	
Україна в цілому		40,3	82434,5	
У тому числі енергетичне		40,1	60125,0	
За марками	Д	42,4	362,6	
	ДГ	42,8	8634,0	
	Г	41,2	21876,6	
	Ж	34,1	246,6	
	Всього рядового вугілля			30873,2
	Всього вугільної продукції			21611,2
	П	37,8	8559,2	
	А	38,7	20446,0	
	Всього рядового вугілля			29005,2
	Всього вугільної продукції			20883,7

ТЕС	Спожито у 2013 р., тис. т	Якість палива			
		Q <sub>i</sub> <sup>г</sup> , ккал/кг	A <sup>г</sup> , %	W <sub>t</sub> <sup>г</sup> , %	S <sub>t</sub> <sup>г</sup> , %
<b>Антрацити та напівантрацити</b>					
Трипільська	2148,0	5472	20,93	8,43	1,37
Зміївська	3213,8	5493	20,88	9,23	1,83
Старобешівська	3740,0	5258	23,29	8,48	1,32
Слов'янська	1155,5	5439	21,60	8,78	1,18
Луганська	2347,7	5977	15,62	7,83	1,66
Придніпровська	1943,3	5514	21,85	7,43	1,56
Криворізька	3234,5	5767	22,46	6,14	2,43
<b>Всього (середня величина)</b>	<b>17782,8</b>	<b>5550</b>	<b>21,14</b>	<b>8,00</b>	<b>1,68</b>
<b>Бітумінозне вугілля</b>					
Вуглегірська	2590,0	5377	21,03	9,26	2,97
Курахівська	3788,8	4506	32,03	8,11	1,63
Зуївська	3118,5	4829	22,73	13,15	1,69
Запорізька	2604,1	5288	20,03	10,2	2,11
Ладжинська	2821,8	5091	18,75	11,59	1,85
Добротвірська	972,1	5368	21,47	9,23	1,87
Бурштинська	4750,2	5149	19,53	12,17	1,61
<b>Всього (середня величина)</b>	<b>19072,0</b>	<b>5100</b>	<b>22,70</b>	<b>10,91</b>	<b>1,82</b>



Індивідуальна замкнута схема пилоприготування з КБМ і з промбункером, поширена на ТЕС України:

а – подача пилу відпрацьованим сушильним агентом (для бітумінозного вугілля),

б – подача пилу гарячим повітрям (для антрациту)

# Шляхи заміщення та відновлення обладнання вугільних ТЕС України з підвищенням ефективності та екологічної чистоти

**Будівництво пиловугільних блоків 600-800 МВт з ультрапонадкритичними параметрами пари, з котлами баштової конфігурації, з твердим шлаковидаленням, з прямим вдуванням пилу в пальники, з системами сірко- та азотоочищення. Очікуваний ККД 40-41%. Планувалось з 2017-2019 рр. на Бурштинській, Луганській, Придніпровській ТЕС.**

**Будівництво ЦКШ-енергоблоків 300-350 МВт з низькою генерацією оксидів азоту і внутрішньотопковим зв'язуванням сірки. Очікуваний ККД 36-38%. Діапазон регулювання навантаження 30-100%. Здатні спалювати рядове вугілля та відходи вуглезбагачення. Планувалось з 2018-2022 рр. на Курахівській, Добротвірській, Придніпровській, Слов'янській ТЕС.**

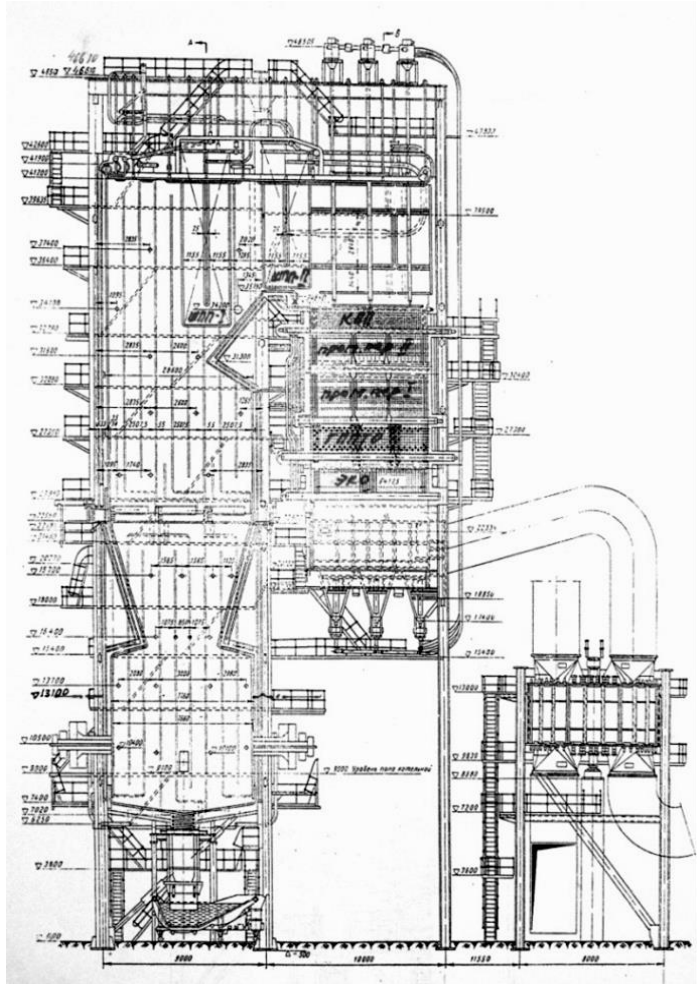
**Модернізація існуючих пиловугільних котлів з подовженням ресурсу. Очікуваний ККД 34-36%. В деяких проектах розглядалось впровадження систем прямого вдування пилу з вертикальними кільцевими млинами, а також будівництво колективних систем мокрого сіркоочищення.**



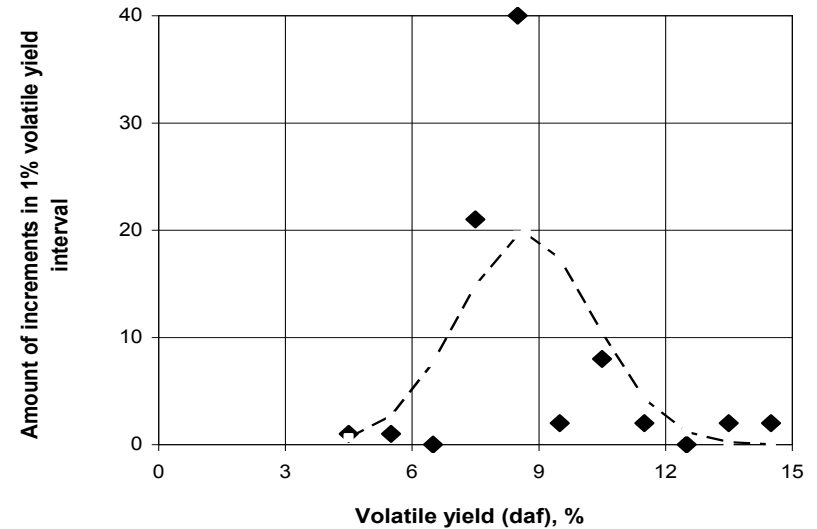
Розташування основних місць видобутку кам'яного вугілля і антрациту в Донбасі відносно зони АТО станом на листопад 2014 р.

Власність	Підприємство	Марка вугілля	Річний випуск (споживання), млн. т	
			2013	2014 (приблизно)
<b>Вугільні підприємства (видобуток)</b>				
ДП	Ш/у Південнодонбаське №1	ДГ	0,95	0,91
	Селідіввугілля	Г, ДГ	2,16	1,31
	Красноармійськвугілля	Г	0,61	0,68
	Лисичанськвугілля	ДГ	0,52	0,67
	Львіввугілля	Г	1,51	1,84
	Волиньвугілля	ДГ	0,38	0,31
ДТЕК	Добропіллявугілля	Г	2,88	2,67
	Павлоградвугілля	Г, ДГ	18,20	19,21
Всього марки Г, ДГ			27,21	27,59
З них вугільної продукції 71%			19,32	19,59
<b>ТЕС (споживання 2013)</b>				
ПАТ «Центренерго»	Трипільська	А, П	2,15	
	Змійвська	А, П	3,21	
	Вуглегірська	Г, ДГ	2,00 (для 3 блоків)	
ТОВ «ДТЕК Східенерго»	Луганська	А, П	2,35	
	Курахівська	Г, ДГ	3,79	
ВАТ «ДТЕК Дніпроенерго»	Запорізька	Г, ДГ	2,61	
	Криворізька	П	3,23	
	Придніпровська	А, П	1,95	
ВАТ «ДТЕК Західенерго»	Ладжинська	Г, ДГ	2,82	
	Добротворська	Г, ДГ	0,97	
	Бурштинська	Г, ДГ	4,75	
Всього марки А, П			12,89	
Всього марки Г, ДГ			16,94 (факт 2014 р. - 18,0)	

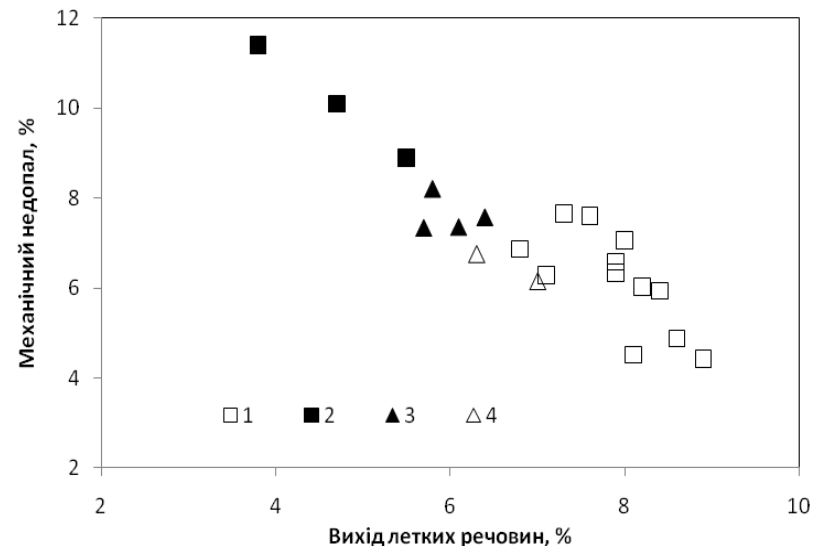
**Результати спалювання вугілля Г/А  
(суміші 10-20% бітумінозного вугілля марки ДГ  
і 90-80% антрациту з виходом летких речовин,  
що відповідає напівантрациту  $V_{daf} = 8-10\%$ )  
на котлах ТПП-210А**



**Котел ТПП-210А (Трипільська, Зміївська,  
Придніпровська, Криворізька ТЕС)**

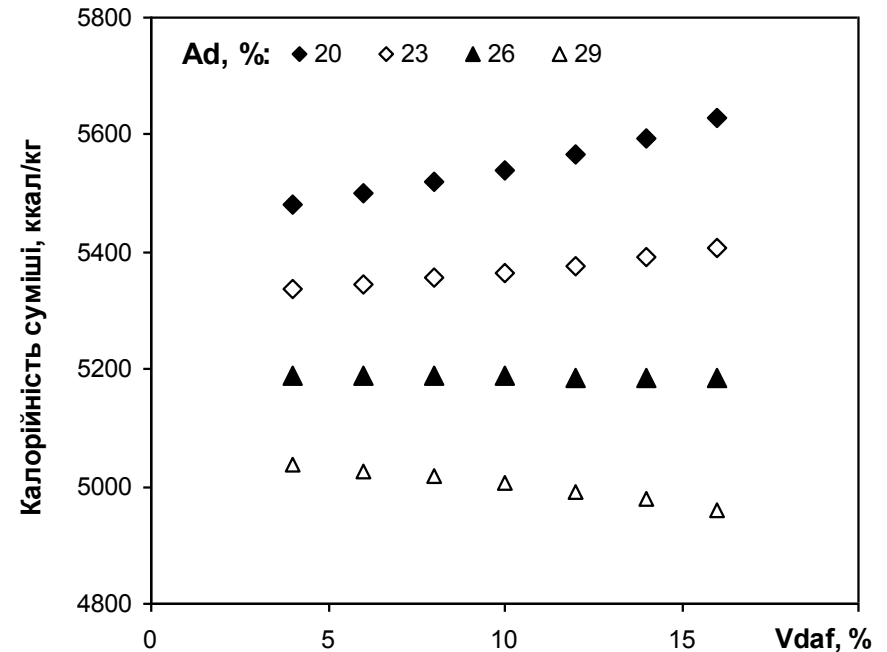
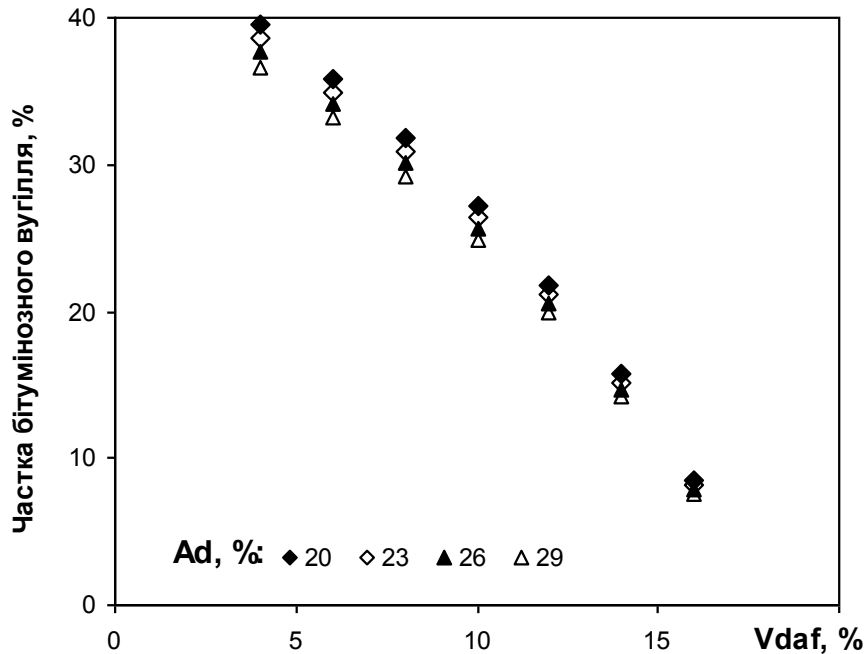


**Щільність розподілу точкових проб за значенням  
виходу летких речовин  $V_{daf}$**



**Залежність механічного недопалу від виходу летких речовин  $V_{daf}$  при спалюванні вугільних шихт на котлоагрегатах ТПП-210А: 1, 4 – А+П; 2, 3 – Г/А**





**Залежність граничної частки бітумінозного вугілля з Vdaf = 40,9%, Ad = 25% за критерієм безпечного виходу летких речовин суміші Vdaf = 18% та розрахункової калорійності суміші від виходу летких речовин основного палива при різних зольностях основного палива**

### **Умови комбінованого спалювання антрациту з бітумінозним вугіллям:**

- забезпечення однорідності сумішей за рахунок технологій рівномірного шихтування, наприклад, «один конвеєр – два дозатори», і зближення характеристик компонентів по крупності, зольності та вологості;
- використання стандартного відхилення розподілу показників точкових проб як міри однорідності паливної суміші;
- забезпечення відповідності класифікаційних показників сумішей до проектних марок котлоагрегатів;
- забезпечення для паливної суміші вимог ДСТУ 4083:2012 до калорійності та вмісту води як для вугілля 1-ї категорії якості;
- дотримання вимог чинних нормативних документів щодо граничного виходу летких речовин 20% для застосування палива в пилосистемах з бункером пилу та сушінням гарячим повітрям.

## Порівняння вартості імпортованого і вітчизняного вугілля на приході Трипільської та Зміївської ТЕС (попередня оцінка)

Вугілля	Калорійність, ккал/кг	Трипільська ТЕС		Зміївська ТЕС	
		Вартість, USD/т	Питома вартість, USD/т у.п.	Вартість, USD/т	Питома вартість, USD/т у.п.
<b>Імпортоване вугілля</b>					
Напівантрацит (ПАР)	5600	119,65	149,56	120,62	150,78
Напівантрацит (Росія)	6100	119,20	136,79	119,00	136,56
Бітумінозне (ПАР)	6000	114,61	133,71	115,58	134,84
Бітумінозне (Колумбія)	6000	115,17	134,37	116,14	135,50
Бітумінозне (Росія)	5850	106,01	126,85	105,81	126,61
<b>Українське вугілля (за ціновими заявками ТЕС на 2015 р.)</b>					
А+П	5500	108,60	138,22	109,58	147,51
Г+ДГ	5200	89,97	114,50	92,25	124,18
<b>Українське вугілля (за плановою собівартістю видобутку 1470 грн./т без ПДВ)</b>					
Всі марки	5350	116,97	153,04	119,25	156,03

- Комбіноване спалювання антрациту з бітумінозним вугіллям на антрацитових ТЕС України слід визнати технічно можливим та економічно доцільним.
- Антрацит (напівантрацит) для цього доцільно імпортувати, а бітумінозне (газове) вугілля використовувати українське.
- Це дасть змогу:
  - ✓ не закривати збиткові шахти, а збільшити видобуток вугілля (додаткова потреба 2-4 млн. т на рік);
  - ✓ зменшити собівартість продукції та вивести вугледобувні підприємства на беззбитковий рівень, підвищити інвестиційну привабливість та посприяти вдалій приватизації;
  - ✓ зменшити собівартість продукції до рівнів, які дозволять повністю відмовитись від державних дотацій, з одночасним збереженням робочих місць у галузі.
- Аргументами на користь використання на ТЕС України імпортованого вугілля з низьким вмістом сірки є як зменшення екологічних видатків, так і сприяння виконанню міжнародних зобов'язань України щодо скорочення шкідливих викидів.

# Чиста вугільна технологія

- Термін **чиста вугільна технологія** означає будь-яку технологію ... розгорнуту на новому або існуючому об'єкті, на якому планується досягти значного скорочення викидів в атмосферу діоксиду сірки чи оксидів азоту, пов'язаних з використанням вугілля при виробництві електроенергії (Біль Сенату США № 911, квітень 1987 року)
- На сьогодні термін **чиста вугільна технологія** означає будь-яку технологію, яка зменшує викиди оксидів сірки, оксидів азоту, ртуті, твердих частинок або інших забруднюючих речовин, що утворюються при використанні вугілля в енергетиці. Це досягається як зменшенням витрат палива на виробіток одиниці енергії шляхом ефективного спалювання, так і скороченням викидів забруднюючих речовин шляхом впровадження ефективних технологій очищення димових газів

# **Розробка технологій підвищення ефективності використання палива в котлах**

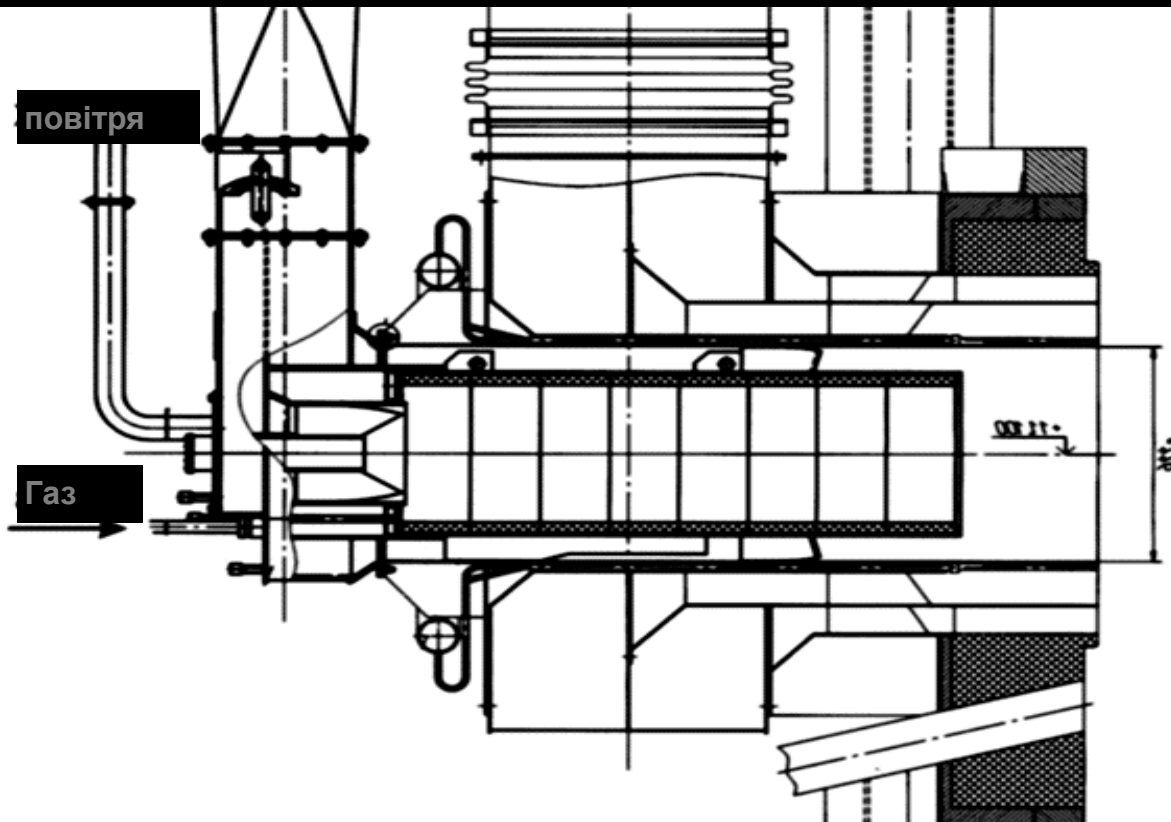
- Пальники з термохімічною підготовкою палива, використання яких зменшує вміст незгорілого вуглецю в леткій золі в 2-3 рази (для антрациту)
- Спільне спалювання вугілля та твердої біомаси на парових котлах
- Спільне спалювання вугілля різних марок
- Спалювання в котлах циркулюючого киплячого шару відходів вуглезбагачення

# Вихровий пальник з термохімічною підготовкою вугілля для котлогрегату ТПП-210А

аеросуміш

повітря

Газ



Параметр	Знач.
Теплова потужність	70 МВт
Тип вугілля	АШ, П
Витрата вугілля	6-13 т/год
Витрата газу	60-200 нм <sup>3</sup> /год

# Існуючий рівень концентрацій забруднюючих речовин на ТЕС України

Забруднююча речовина	Існуючий стан, мг/нм <sup>3</sup>	Директива 2001/80/ЕС, мг/нм <sup>3</sup>	Директива 2010/75/EU, мг/нм <sup>3</sup>
<b>Тверді частинки</b>			
Електрофільтр			
Осаджувальний електрод < 12 м	650-1200		
Осаджувальний електрод ≥ 12 м	250-2100	50	20
Мокрий скруббер Вентурі	1100-3200		
<b>Діоксид сірки</b>	2000-7000	400	200
<b>Оксиди азоту</b>	500-1800	200	200

# Загальний вид мокрого скрубера Вентурі з мокрим електрофільтром

Реконструкція в межах існуючої комірки

Збереження труби Вентурі та нижньої частини краплевловлювача

Спорудження нового мокрого електрофільтра.

Витрата зрошувальної води в трубі Вентурі – до  $0,24 \text{ л/м}^3$

Швидкість димових газів в мокрому ЕСФ – до  $1,5 \text{ м/с}$

Висота електродів – 8-10 м

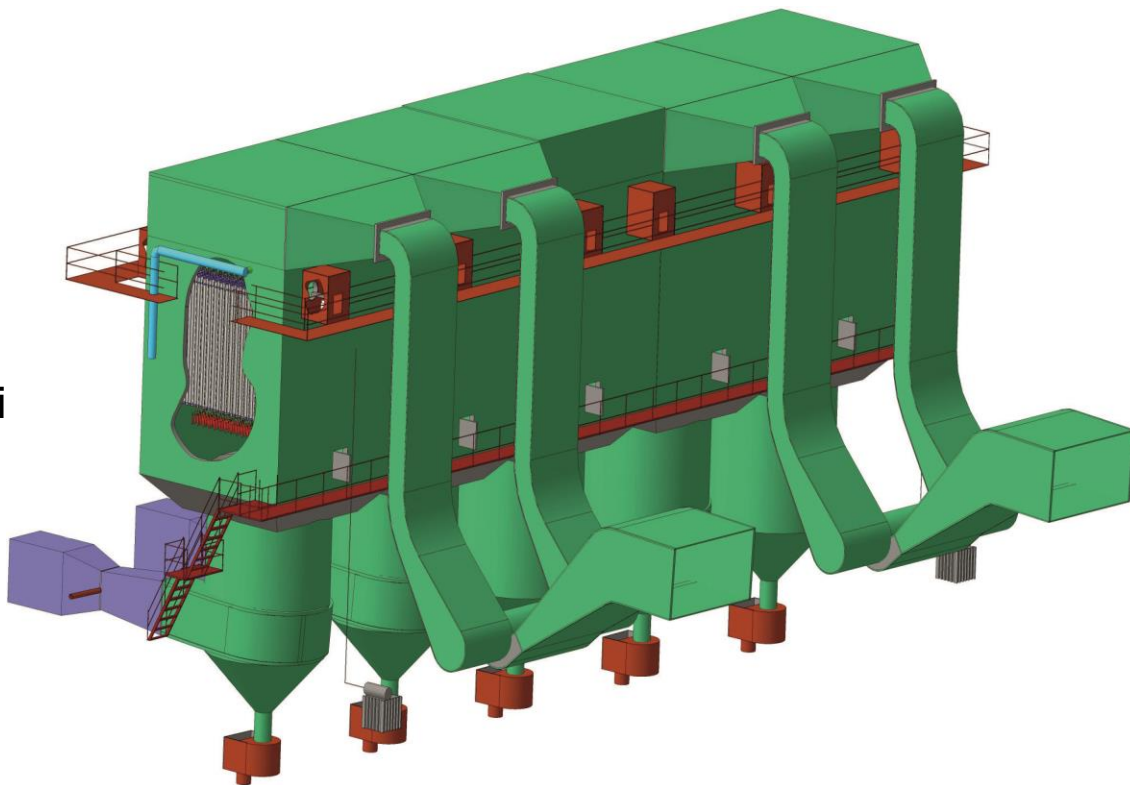
Час перебування – 6-8 с

ККД пилоочищення –  $> 99.5 \%$

Сорбент – вапняковий пил

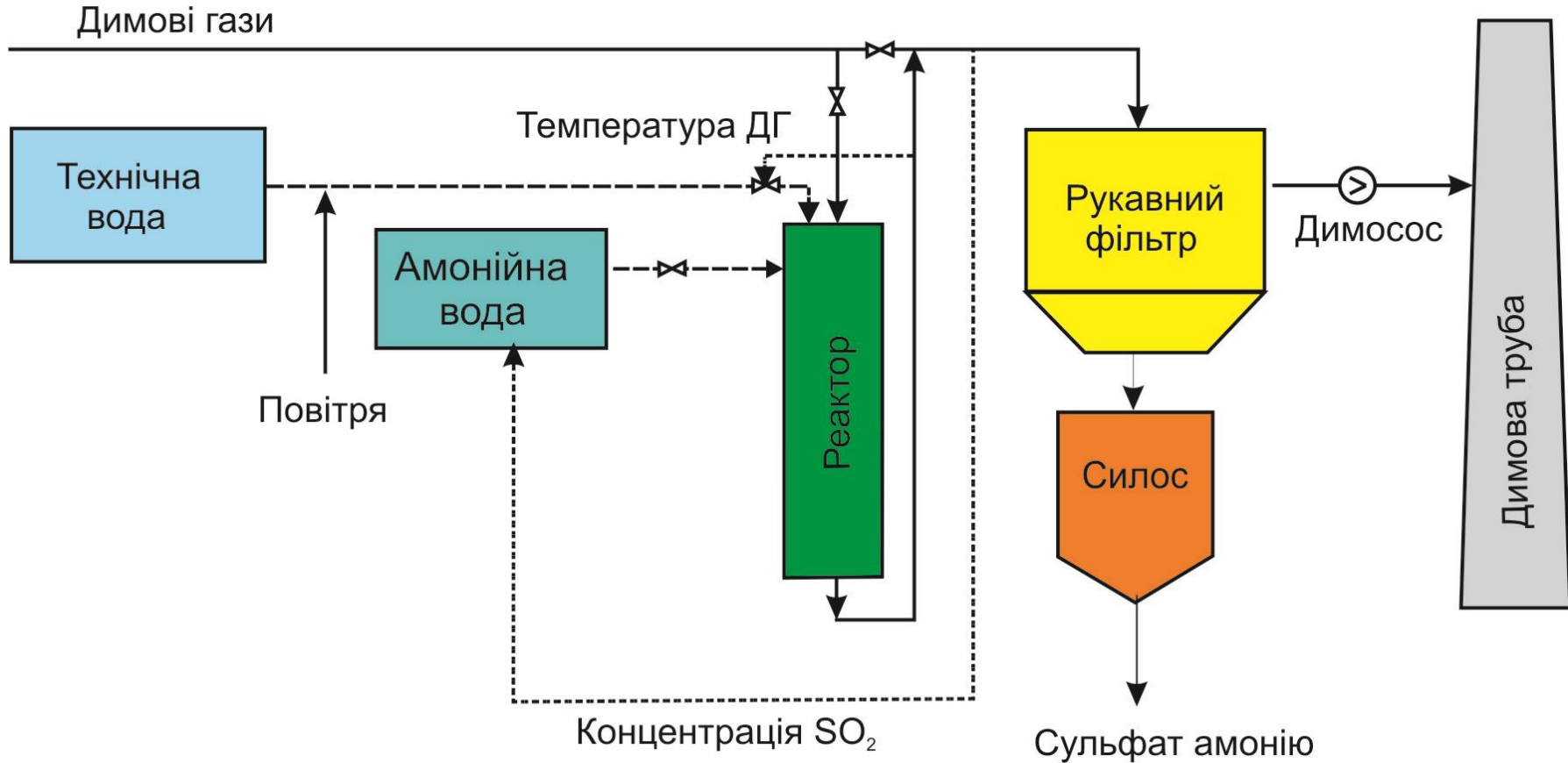
ККД сіркоочищення – до  $94 \%$

Вихідна температура –  $63-70 \text{ }^\circ\text{C}$





# Принципова схема напівсухої амонійної десульфуризації



**Ефективність – більше 96 %**  
**Субпродукт – сухий сульфат амонію**