

ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2024

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТТА ЗА ПОВИШАВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА СЯРООЧИСТВАЩИ ИНСТАЛАЦИИ С ПОДМЯНА НА ДЮЗИ ПО ДЮЗОВИ НИВА

Светослав Динев

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF INCREASING THE EFFICIENCY OF FLUE GAS DESULFURIZATION INSTALLATIONS BY REPLACEMENT OF NOZZLES ON SPRAY LEVELS

Svetoslav Dinev

Different types of nozzles for spray levels used in flue gas desulfurization installations have been considered. The selected nozzles for the modernization of the flue gas desulfurization installation on unit 8 at „TPP Maritsa East 2“ EAD are working with the „TwinAbsorb“ technology patented by „Lechler“. It has been experimentally proven that the new nozzles significantly increase the degree of desulfurization of flue gas desulfurization installation 8.

ВЪВЕДЕНИЕ

Очистването от серен диоксид (SO_2) във въглищните централи се осъществява с помощта на сяроочистващи инсталации (СОИ). Процесът на сяроочистване на димните газове, който се прилага в СОИ в „ТЕЦ Марица изток 2“ ЕАД е мокър варовиково-гипсов процес с интензифицирано окисляване. Този процес преди всичко отстранява серния двуокис (SO_2), както и хлороводорода (HCl) и флуороводорода (HF) от димния газ и го превръща в гипс ($\text{CaSO}_4/2\text{H}_2\text{O}$), калциев хлорид (CaCl_2) или съответно в калциев флуорид (CaF_2). Реакциите протичат в абсорбери.

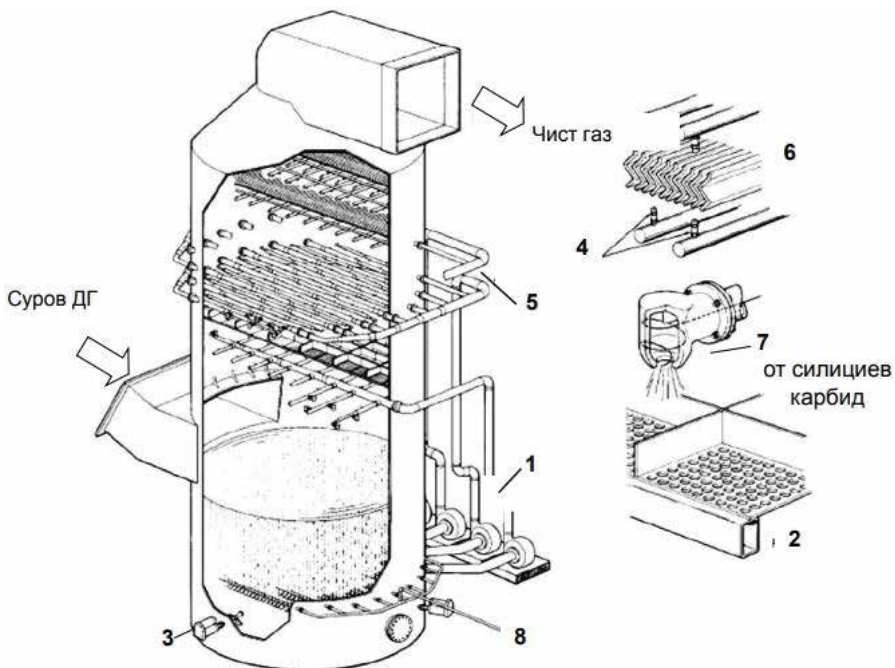
Димният газ, идващ от котела, влиза в абсорбера над нивото течност. Утайникът на абсорбера се пълни със суспензия,

състояща се предимно от вода и гипс (продукта от реакцията), както и варовик (CaCO_3).

Суспензията се изпомпва към горната част на абсорбера (посредством рециркуляционни помпи за суспензия) и се разпръсква в абсорбера чрез дюзови нива състоящи се от система дюзи. Падащите капчици суспензия и димен газ се движат като насрещни потоци, причиняващи интензивно смесване. В резултат на това газовете SO_2 , HCl и HF се абсорбират от водата (също така и летливата пепелина се абсорбира до известна степен, която обаче не участва по-нататък в химичните реакции). В следващия етап варовикът и кислородът реагират с разтворените газове до получаване на гипс, калциев хлорид или калциев флуорид (фиг.1).

В „ТЕЦ Марица изток 2“ ЕАД всички енергийни блокове (ЕБ) от 1 до 8 работят със сярочистващи инсталации (СОИ), като блокове 1 и 2 работят със СОИ 1/2, блокове 3 и 4 със СОИ 3/4, блокове 5 и 6 със СОИ 5/6, блокове 7 и 8 със СОИ 7 и СОИ 8. Всички тези СОИ отговарят на изискванията за степен на сярочистване, за постигането на които са реализирани различни видове мерки [1, 2, 3, 4].

В практиката най-често се използват следните мерки за повишаване на степента на сярочистване в СОИ: монтаж на допълнителни дюзови нива, подмяна на дюзите по дюзовите нива, монтаж на решетъчни дъна, монтаж на отражателни пръстени, преразпределение на зоните за подаване на окисляващ въздух и др.



Фиг. 1. Принципна схема на СОИ работеща на база мокър варовиково-гипсов процес с интензивно окисляване: 1-рециркулационни помпи и дюзови нива; 2-решетъчни дъна; 3-бъркалки; 4-дюзи за промивна система на капкоуловител; 5- промивна система на капкоуловител; 6- капкоуловител; 7-дюза за дюзовите нива; 8-система за интензивно окисляване.

ОСНОВНИ МОМЕНТИ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА СОИ 8. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА НАСТОЯЩАТА РАБОТА.

Преди модернизацията СОИ 8 работи със четири основни дюзови нива с монтирани на тях еднопосочни и двупосочни тангенциални дюзи на фирма „Lechler“ Германия, модел от 2000 г. (фиг.2).

След въвеждане на новите изисквания за степен на сяроочистване, за да ги постига СОИ 8 трябваше да работи с по-високо рН и по-голям разход на варовик. Това наложи да се направи модернизация, която да осигури нормална и ефективна

работа на СОИ 8 при оптимални стойности на рН и разход на варовик. Основните мерки, които се реализираха бяха:

- монтаж на допълнително пето дюзово ниво със съвременни тангенциални дюзи;
- подмяна на дюзите със съвременни тангенциални на дюзови нива от едно до четири;
- монтаж на отражателен пръстен между първо и второ дюзово ниво.

За да е възможно да се оцени приноса за повишаване на ефективността само на дюзите се налага изследването да се реализира за дюзови нива от едно до четири. Поради това обект на настоящата работа е подмяната на дюзите на дюзови нива от едно до четири.



Фиг. 2. Дюзи на дюзовите нива преди модернизацията

Целта на настоящата работа е да се направи избор на дюзи за дюзовите нива от първо до четвърто преди модернизацията и да се определи експериментално ефекта от подмяната им след модернизацията.

За постигане на целта е необходимо да се решат следните задачи:

- да се направи подробно проучване на дюзите за дюзови нива, които се предлагат на пазара и на техните основни характеристики;
- избор на подходящи дюзи;
- експериментално изследване в реални работни условия на работата на дюзите;
- анализ на получените резултати.

ПРОУЧВАНЕ И ИЗБОР НА ПОДХОДЯЩИ ДЮЗИ ЗА ДЮЗОВИТЕ НИВА НА АБСОРБЕРА НА СОИ 8, ПРЕДИ МОДЕРНИЗАЦИЯТА

Дюзите за дюзови нива за СОИ се класифицират по няколко основни признака:

- според подаването на флуида спрямо оста на дюзата биват аксиални (фиг.3.а) и тангенциални (фиг.3.б);
- според броя на посоките на флуида биват еднопосочни (фиг.3.в) и двупосочни (фиг.3.г);
- според броя на главите биват едноглави (фиг.3.б) и двуглави (фиг.3.в,г); -според вида на конуса, който създават биват с плътен конус (фиг.3.д) и с кух конус (фиг.3.е);

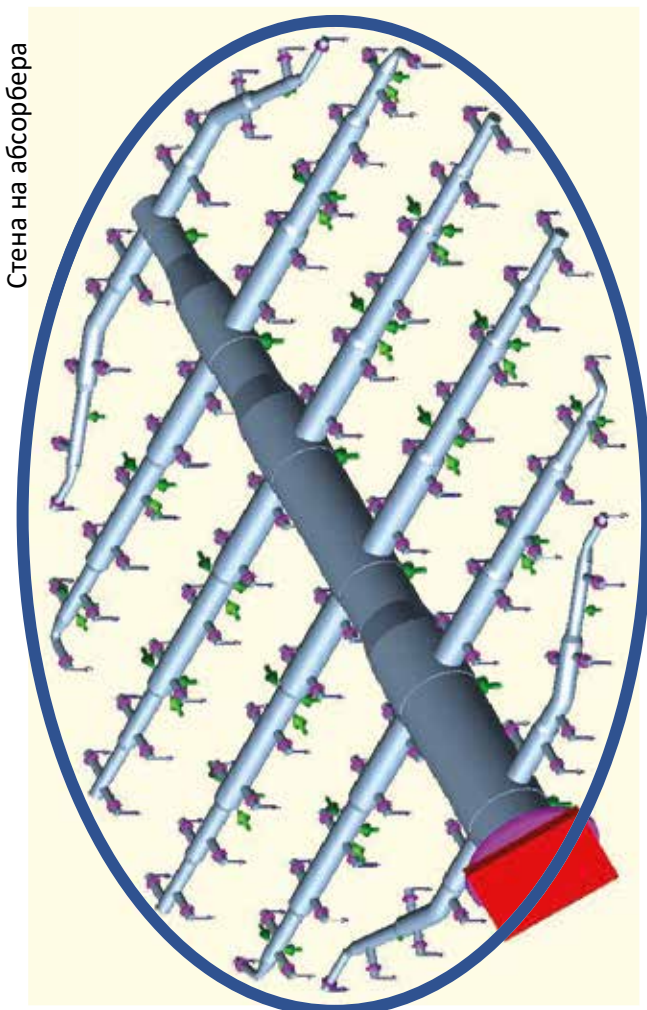
Ефективността на СОИ до голяма степен зависи от осигуряване на максимална повърхност за масов трансфер - фино диспергиране и хомогенно разпределение на сорбента в потока димни газове. Това означава, че дюзите трябва да осигурят плътна завеса и силно разпрашени капки. Колкото повече са дюзите и колкото по ситни капки осигуряват, толкова по високо е взаимодействието между димните газове и варовика. Т.е. намалява се процента на димни газове, които напускат СОИ без да реагират със сорбента.



Фиг. 3. Видове дюзи за дюзови нива на абсорбери в СОИ

Друго важно съображение, което е отчетено при избора на дюзи е износването на стената на абсорбера (фиг.4). За да се спази това обикновено по периферията на дюзовите нива се монтират еднопосочни дюзи от типа „плътен конус“ (фиг.3.д) и с по-малък ъгъл при върха на конуса (обикновено 90°). Тази мярка води до намаляване на ефективността на СОИ, но предпазване на стената от износване.

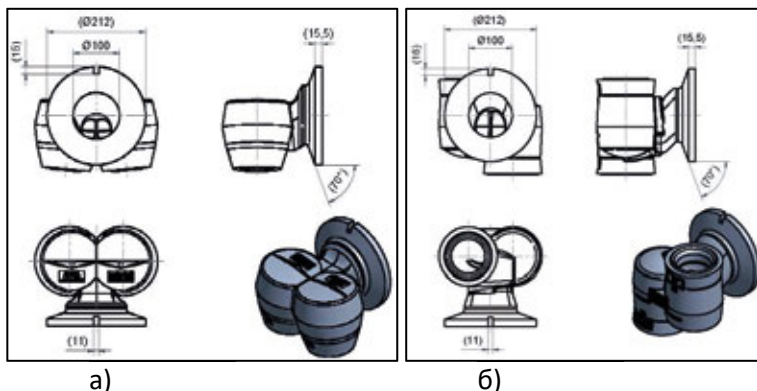
Отчитайки всички тези съображения и опита на специалистите експлоатиращи и ремонтиращи СОИ вече повече от 20 години, беше изготвено задание за проектиране, изработка и доставка на дюзи за дюзовите нива, които да изпълнят необходимите изисквания.



Фиг. 4. Схема на разпределение на колектор и разпръсквачи на дюзови нива от едно до четири на СОИ 8

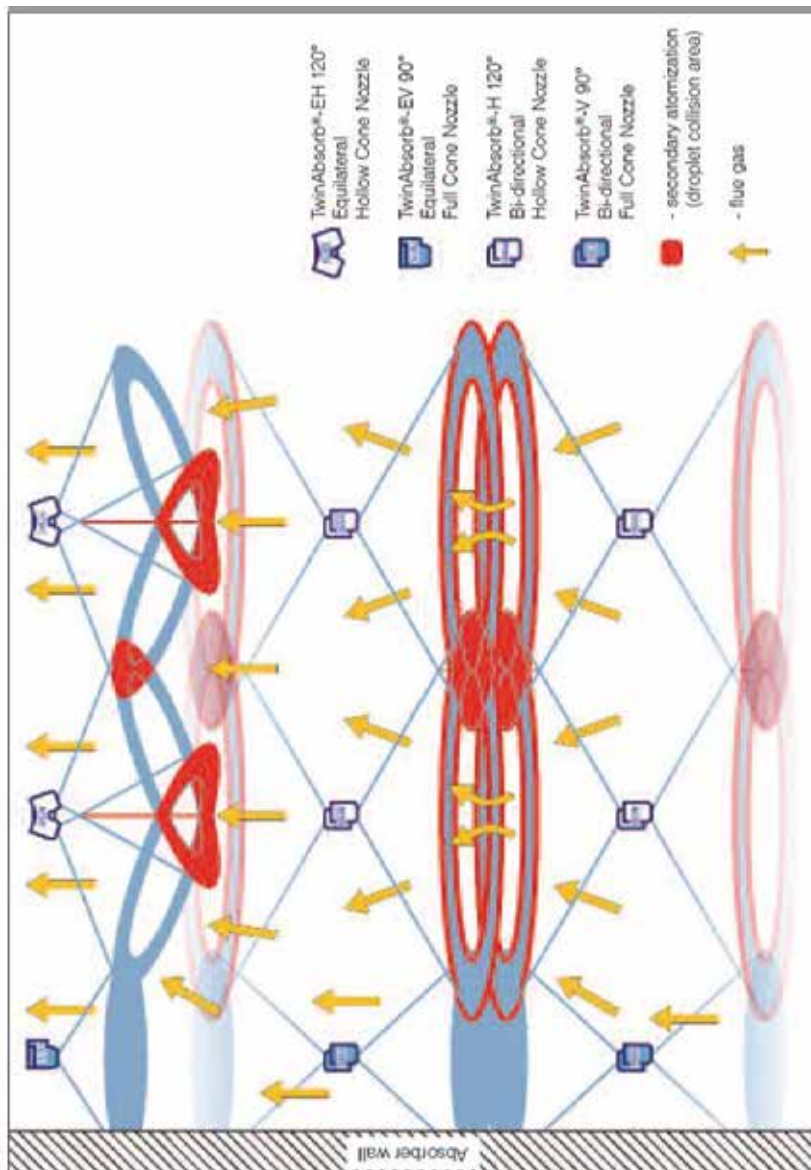
Интерес прояви фирма „Lechler“ Германия, която разполага и със научно-изследователски център, занимаващ се основно с дюзи за дюзови нива за абсорбери на СОИ. След провеждане на няколко срещи и уточняване на всички особености, те направиха предложение за дюзи за дюзовите нива на СОИ 8, с които ще се постигне необходимата ефективност. Предложените дюзи реализират технология „TwinAbsorb“, която е патент на „Lechler“ (фиг.5) [5].

За периферията на нивата са предложени тангенциални еднопосочни двуглави дюзи с тип на струята „плътен конус“ и ъгъл при върха на конуса 90° (фиг.5.а). Във вътрешността на нивото се предлагат тангенциални двуглави двупосочни дюзи с тип на струята „кух конус“ и ъгъл при върха на конуса 120° (фиг.5.б).



Фиг. 5. Дюзи „TwinAbsorb“ на „Lechler“ Germany

Характерна особеност и голямо предимство на дюзите работещи по технологията „TwinAbsorb“ е постигането на множество вторични сблъсъци на капките, наричани по-нататък вторични атомизации (фиг.6). Това повишава масовия обмен и от там по-добро взаимодействие между димния газ и сорбента. Постига се и капка с много по-малки размери от конвенционалните дюзи. С червен цвят на фиг.6 се виждат множеството вторични атомизации, които се осъществяват благодарение на технологията „TwinAbsorb“ заложена в конструкцията на дюзите [5].



Фиг. 6. Принцип на работа и предимства на дюзи „TwinAbsorb“ произведени от „Lechler“ Germany

Проектирани, изработени и доставени са тангенциални дюзи „TwinAbsorb“ произведени от „Lechler“ Germany. С цел запазване на конструкцията, разпределението и компоновката на съществуващите дюзови нива и захранващите ги помпени агрегати, новите дюзи осигуряват същите дебит и налягане, като старите. Данните за доставените дюзи са дадени в таблица 1.

Таблица 1.
Доставени дюзи за модернизацията на СОИ 8

Номер на дюзово ниво	Вид на тангенциалната „TwinAbsorb“ дюза от материал силициев карбид		Брой дюзи			Дебит на дюза	Налягане на дюза
	В сърцевината	До стената (по периферията)	в сърцевината	До стената	Общо	[m ³ /h]	[bar]
Първо	Двупосочни двуглави „кух конус“ ъгъл при върха 120°	Еднопосочни двуглави „плътен конус“ ъгъл при върха 90°	84	36	120	83	0,5
Второ							
Трето							
Четвърто							
Пето	Еднопосочни двуглави „кух конус“ ъгъл при върха 120°	Еднопосочни двуглави „плътен конус“ ъгъл при върха 90°	160	80	240	50	0,8

Експериментално изследване в реални работни условия на работата на дюзите. Анализ на получените резултати.

Както се казва по-горе, модернизацията на СОИ 8 включва реализация на три основни мерки за повишаване на ефективността. Всички те бяха реализирани: монтира се допълнително пето дюзово ниво със доставените съвременни тангенциални дюзи и захранващ го помпен агрегат; доставените нови тангенциални дюзи за дюзови нива от едно до четири са монтирани; монтиран е отражателен пръстен между първо и второ дюзово ниво.



а)

б)

Фиг. 7. Извършена модернизация на СОИ 8:

а) четвърто и пето дюзови нива; б) отражателен пръстен между първо и

След модернизацията СОИ 8 е въведена в експлоатация. Доказана е ефективност, изразяваща се в степен на сярочистване, удовлетворяваща напълно поставените изисквания.

За да се оцени коректно и надеждно каква част от подобрението се дължи на новите дюзи са планирани и извършени експериментални изследвания, отнасящи се за дюзови нива от едно до четири. По този начин са елиминирани подобренията в ефективността дължащи се на допълнителното пето дюзово ниво. Оценката на ефективността от новите дюзи е извършена с анализ и сравняване на данни преди и след модернизацията. Това е извършено в следната последователност:

НАБАВЯНЕ НА ДАННИ ЗА ИЗСЛЕДВАНИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРЕДИ МОДЕРНИЗАЦИЯТА

Преди модернизацията СОИ 8 работи със четири дюзови нива, захранвани със четири помпени агрегата. За оценка ефективността от подмяна на дюзите, изразяваща се в повишаване на степента на сярочистване, е необходимо да се набавят данни за следните параметри, дадени в таблица 1.

Таблица 2.

Параметри използвани за оценка ефективността от новите дюзи

Параметър	Серен диоксид на вход в абсорбер $SO_{2\text{вход}}$	Товар на енергийния блок	pH	Разход димен газ
Дименсия	[mg/Nm ³]	[MW]	[-]	[Nm ³ /h]

Данните за тези параметри се записват и съхраняват постоянно на сървъри, като автоматично се изготвят часови, дневни и месечни рапорти. В настоящата работа са използвани осреднените стойности от рапортите за един час, съдържащи средночасови данни за всеки един параметър за всеки един час от денонощието. Извадени са средночасови данни за такива часове, в които инсталацията е работила при максимални стойности на товар на енергийния блок, разход на димен газ и серен диоксид на вход в абсорбера. Свалени са данните за степен на сярочистване за 10 отделни случая или 10 средночасови стойности при максимално натоварване на СОИ 8.

НАБАВЯНЕ НА ДАННИ ЗА ИЗСЛЕДВАНИТЕ ПАРАМЕТРИ СЛЕД МОДЕРНИЗАЦИЯТА

След модернизацията СОИ 8 работи с пет дюзови нива, захранвани със пет помпени агрегата, нови дюзи и монтиран отражателен пръстен между първо и второ дюзови нива. За да бъде изключено влиянието на допълнителното дюзово ниво се избират определени часове, в които агрегата захранващ го се изключва. Тези часове не са избрани случайно. Това са такива диапазони, по време на които серен диоксид на вход в абсорбера,

товар на енергийния блок и разход на димен газ са с не по-голяма разлика от 0,5% от свалените за тях данни преди модернизацията. По този начин е елиминирано влиянието на пето дюзово ниво.

След изключване на агрегата се настройва стойност на рН с разлика не по-голяма от 0,5% от стойността, при която са свалени данните за степен на сярочистване преди модернизацията. Остава се да работи така СОИ 8 до достигане на установен режим на работа. В това положение са свалени данни за степен на сярочистване за 10 отделни такива случая или 10 средночасови стойности.

$$\Delta_i = E_i'' - E_i' \quad [\%],$$

където: E_i' и E_i'' в [%] са съответно средночасова стойност за степен на сярочистване преди и след модернизацията за i -тия случай. За това изследване i се изменя от 1 до 10 (за избраните 10 отделни случая).

Положителната разликата в тези данни Δ_i показва повишаване на степента на сярочистване след модернизацията (табл.3).

Таблица 3.
Повишаване на ефективността от
новите дюзи и отражателния пръстен

	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}	$\Delta_{ср}$
Повишаване на степента на сярочистване [%]	3,43	3,54	3,59	3,48	3,56	3,32	3,61	3,39	3,42	3,37	3,47

ОТЧИТАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ОТРАЖАТЕЛНИЯ ПРЪСТЕН

От табл.3 се вижда, че средно с 3,47% се е повишила степента на сярочистване след модернизацията, като това се дължи на новите дюзи, монтирани на дюзови нива от едно до

четири и монтажа на отражателния пръстен между първо и второ дюзови нива. За да се определи влиянието само на дюзите, трябва да се изключи влиянието на отражателния пръстен. Това за конкретния случай практически е неизпълнимо. Поради това за изключване влиянието на пръстена се използват резултати от проведени подобни изследвания в практиката. Те показват, че средно един отражателен пръстен допринася за повишаване на степента на сярочистване на една СОИ в диапазона между $0,5 \div 0,75\%$ [1, 2, 3, 4]. Стъпвайки на тези данни, може да се заключи, че подмяната на дюзите на дюзови нива от едно до четири на СОИ 8 допринася за повишаване на ефективността, изразена в степен на сярочистване, между 2,72% и 2,97%.

АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Получените резултати доказват повишаване на степента на сярочистване на СОИ 8 при монтаж на съвременни тангенциални дюзи „TwinAbsorb“ от 2,72% до 2,97%. Невъзможно е да се определи тежестта на влияние в подобрението на отделните типове дюзи (за периферията и сърцевината на нивата), както и на отделните дюзови нива. Резултатите са достоверни общо за дюзовите нива от едно до четири и за съвместната работа на двата вида дюзи. Отчитайки това и общия брой на дюзите за четирите нива (480 бр.), може да се определи, че средно една дюза подобрява степента на сярочистване от 0,0056% до 0,0061%. Това безспорно се дължи на множеството вторични атомизации водещи до по-добър обмен между димните газове и сорбента.

От въвеждане в експлоатация след модернизацията до момента СОИ 8 има надработени около 15 000 работни часа. За този период на работа не е констатиран нито един пропуск на абсорбера в зоната на дюзовите нива. По време на средните годишни ремонти в този период не са констатирани сериозни износвания по антикорозионното и антиабразивно покритие по стената на абсорбера в зоната на дюзовите нива. Това означава, че монтираните по периферията на нивата дюзи от вида еднопосочни тангенциални двуглави „плътен конус“ с ъгъл при върха на конуса 90° не износват и не нарушават покритието по стената на абсорбера.

За периода на работа на СОИ 8 след подобренията не е констатиран случай на паднала или счупена дюза. Това доказва надеждността на конструкцията на дюзите и качеството на тяхната изработка.

На база анализът на получените резултати могат да се формират някои основни изводи от настоящата работа:

- дюзите „TwinAbsorb“ повишават степента на съроочистване;
- след модернизацията на СОИ 8 новите дюзи за дюзови нива от едно до четири и монтирания между първо и второ дюзови нива отражателен пръстен повишават степента на съроочистване средно с 3,47%;
- новите дюзи монтирани на дюзови нива от едно до четири повишават степента на съроочистване средно от 2,72% до 2,97%;
- дюзите монтирани по периферията на нивата (в близост до стената) не износват и нарушават покритието по стената респективно самата стена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологията „TwinAbsorb“ използвана за производство на дюзи за дюзови нива на СОИ, патентована от фирма „Lechler“ Германия дава много добри резултати и е изключително надеждна.

Експерименталните изследвания в настоящата работа доказват силното влияние на дюзите върху ефективността на работа на СОИ. Това се изразява в повишаване на степента на съроочистване, намаляване на експлоатационните разходи и подобряване на надеждността на работа на инсталацията.

Дюзите за дюзови нива на абсорбери част от СОИ, са много важен елемент в тези инсталации. Правилно подбрани, отчитайки всички особености на конкретната СОИ, те влияят съществено на нейната работа. Могат значително да подобрят ефективността и да намалят разходите за експлоатация и поддръжка.

Постоянно завишаващите се екологични изисквания към СОИ, налагат постоянно и непрекъснато да се търсят начини и реализират мерки за повишаване на тяхната ефективност.

ЛИТЕРАТУРА

1. Динев С., Дочев Н., Мазников С., Петков П., „Анализ и реализации на мерки за повишаване на ефективността на сярочистващи инсталации на блокове от 1 до 4 в ТЕЦ Марица изток 2 ЕАД“. Сборник доклади-Международен енергиен форум 2019г.
2. Тотев Т., „Изработване на работен проект за изграждане на 5 (пето) дюзово ниво, отражателни пръстени, реконструкция, модернизация и промяна на местоположението на капкоуловителя и реконструкция и модернизация на тръбопроводите за окисляващ въздух на абсорбери СОИ 7 и 8 в ТЕЦ "Марица Изток 2" ЕАД“ 2016г. – работен проект.
3. Тотев Т., „Повишаване степента на сярочистване на СОИ 7“. 2021г. – работен проект.
4. ТИ-Т-ЕМ Консорциум, „Повишаване степента на сярочистване на СОИ 1/2 и 3/4 не по-малко от 97%“ 2021г. – работен проект.
5. <https://www.lechler.com/de-en/lechler-uk>

АВТОР

д-р инж. Светослав Динев Динев - „ТЕЦ Марица изток 2“ ЕАД,
s.dinev@tpp2.com