

ДОКЛАД

Опит от експлоатацията на сярочистващите инсталации в “ТЕЦ Марица Изток – 2” ЕАД

1. Увод

ТЕЦ “Марица Изток 2” ЕАД е най-голямата базова кондензационна топлоелектрическа централа с инсталирана мощност от 1450 MW. Тя е проектирана да работи по технология за изгаряне на лигнитни въглища с изключително високи баластни показатели, в това число и сярата, която, в различните партии въглища, варира от 2.5% до 6%.

В резултат на тази специфика на използваното гориво (ниско калорично, с високо съдържание на сяра, влага и пепел) се предполага отделянето на относително високи количества димни газове с високо съдържание на серен двуокис. Единствената възможност за редуциране емисиите на SO₂ е изграждането на сярочистващи инсталации, тъй като централата е изградена специално за оползотворяване на ниско калорични български лигнити.

Поради тази причина в ТЕЦ “Марица Изток 2” ЕАД се построиха сярочистващи инсталации, като избраната технология е т.нар. *мокър варовиков метод*, при който реагентът е варовикова суспензия.

Проектът за изграждането на сярочистващата инсталация на блок 7 и 8 в централата стартира още през 1998г. Общата му стойност е 110 млн.ДМ и главен изпълнител е германският Консорциум “Кльокнер INA/SHU”. Финансирането се осигурява от Европейската банка за възстановяване и развитие, Европейската инвестиционна банка и Програма “ФАР”. НЕК финансира адаптирането на системата.

Изграждането на инсталацията е необходимо, тъй като при изгарянето на съдържащите голямо количество сяра въглища във въздуха се отделят вредни емисии.

Строителството е поверено на бившето ГУСВ. Парите по заема ще се връщат за 10 години при 3 годишен гратисен период.

Първата копка беше направена през м.октомври 1998г.

На 15.04.1999г. бе предаден първия фундамент на абсорбера на блок 7.

За първи път инсталацията проработи на димен газ през м.февруари 2001г. В средата на м. май 2001г. бе започнато тестването, експериментирането и оптимизирането на системата като процес.

Във връзка с поетите от страната ангажменти в преговорния процес с ЕС и с оглед на предстоящото въвеждане на Директива 2001/80/ЕС, която е в сила от 27.11.2001г. и поставя нови, много по-строги изисквания към големите горивни инсталации, а по-специално към пределно допустимите концентрации на емисиите на серен двуокис (S), азотни оксиси (N) и прах, изпускани от тях в атмосферата. Република България, като страна, кандидат за членство в Европейския Съюз, трябва да се съобрази с тези изисквания и да ги постигне до 01.01.2008г. или, в процеса на преговори, да договори преходни периоди.

За изпълнение на поетите задължения е необходимо да се предприемат широкообхватни действия и да се изпълнява целенасочена политика в това направление.

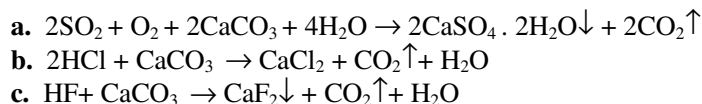
Както беше отбелязано по-горе ТЕЦ “Марица Изток 2” ЕАД е най-голямата термична централа в България. Тя в голяма степен определя нормалната работа на националната енергийна система, а с това и функционирането на различните отрасли на икономиката. Това води до значителни емисии на вредни газове в атмосферата и налага прилагането на комплекс от мерки за предотвратяване на замърсяването. Решаването на проблема с емисиите на вредни газове се основава на принципите на устойчивото развитие; намаляване и предотвратяване на риска за човешкото здраве; предимство на предотвратяване на замърсяването.

При работа на СОИ блок 7 и 8 в течение 6500 ч/год в атмосферата не се изхвърлят средно 200 000 т. серен двуокис.

2. Описание и технологична схема на СОИ

Сярочистващите инсталации (СОИ) на блокове 7 и 8 в ТЕЦ “Марица Изток 2” работят на принципа на мокър варовиково-гипсов процес с интензифицирано окисляване. Този процес преди всичко отстранява серния двуокис (SO₂), също хлороводорода (HCl) и флуороводорода (HF) от димния

газ и го превръща в гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), калциев хлорид (CaCl_2) или съответно в калциев флуорид (CaF_2). Реакциите протичат в абсорбер според следните химически зависимости:



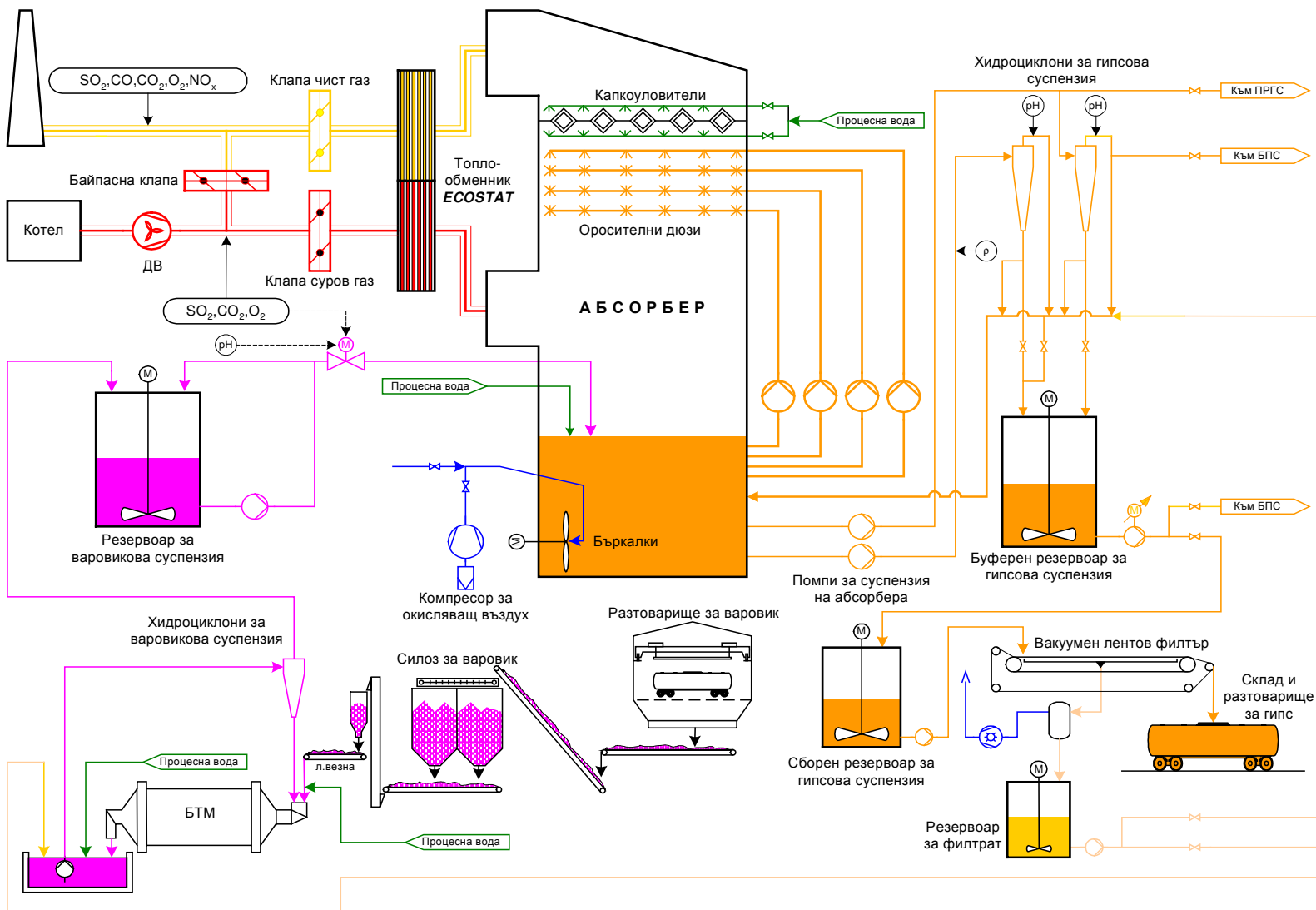
Реакциите протичат на няколко междинни етапа. През първия етап, който се явява определящ за кинетиката на реакцията – SO_2 , HCl и HF трябва да бъдат разтворени в течна фаза.

Варовиковата суспензия се подготвя в барабанно-топкови мелници (БТМ), чрез мокро смилане. Постъпващият варовик към БТМ е с фракция $0 \div 10$ мм. Смятаната варовикова суспензия от БТМ постъпва в шахта, от където, чрез помпа се подава към хидроциклони за сепариране. Долния поток от хидроциклоните се връща за досмилане, а готовата суспензия от горния поток се подава към резервоарите за варовикова суспензия. Готовата суспензия има следните характеристики: съдържание на твърда фаза 25%; едрина на частиците $R_{63} \leq 10\%$. Така подготвената суспензия се подава към абсорбера чрез помпи за варовикова суспензия.

Димният газ, идващ от котела, влиза в абсорбера над течното ниво и преминава в горната му част (фиг.1). Дъното, или утайникът, на абсорбера е пълен със суспензия, състояща се предимно от вода, гипс и варовик. Суспензията се изпомпва към горната част на абсорбера (посредством рециркуляционни помпи за суспензия) и се разпръсква в абсорбера чрез система от дюзи. Падащите капки суспензия и димен газ се движат като насрещни потоци (в противоток), причиняващи интензивно смесване. В резултат на това газовете SO_2 , HCl и HF се абсорбират от водата.

В следващия етап варовикът и кислорода реагират с разтворените газове до получаване на гипс, калциев хлорид и калциев флуорид. Кислородът се подава в абсорбера чрез компресори за оксидиращ въздух директно в утайника.

Полученият в резултат на реакциите гипс попада в утайника на абсорбера, където протича уедряване на образуваните частици. Отделянето на едрите частици гипс от суспензията става посредством системата от помпите за суспензия на абсорбера и хидроциклони. Суспензията от горния слив се връща обратно в абсорбера за уедряване, а съгъстената, състояща се от едри частици гипсова суспензия се подава, в зависимост от необходимостта или към багерна помпена станция, или към лентовите вакуумни филтри на инсталацията за обезводняване. След осушаване до съдържание на 10% свободна влага гипсът посредством система от лентови транспортъри попада в склада за осушен гипс, откъдето чрез кратцер-кран и лентов транспортър може да бъде извозен с ЖП или автомобилен транспорт. Отделения филтрат се връща в системата за подготовка на варовиковата суспензия или в абсорбера.

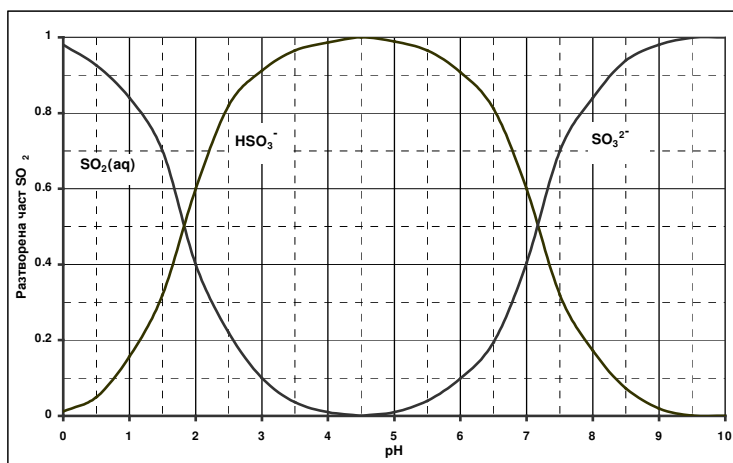


Фиг.1 Опростена технологична схема на СОИ - мокър варовиков метод в ТЕЦ "Марица Изток-2" ЕАД

Основната регулируема величина в абсорбера е стойността на рН. Регулиращото въздействие е дебита варовикова суспензия (G_{BC}). Заданието за стойността на рН ($4.5 \div 5.5$) може да се зададе ръчно или да бъде формирано на база съдържание на SO_2 (при зададено отношение $CaCO_3/SO_2$). Предпочитания обхват за стойността на рН е $4.5 \div 5.5$. На фиг. 2 е показана диаграмата на реакционното равновесие на системата SO_2 /вода. От диаграмата е видно, че при стойности на рН по-малки от 4.5 делът на недисоциирания SO_2 в течността нараства чувствително, а оттук равновесното парциално налягане в газовата фаза, което от своя страна определя минималната достижима концентрация на замърсителя в чистия газ.

Степента на дисоциационата реакция $SO_2(aq) + H_2O \leftrightarrow HSO_3^- + H^+$ се засилва с увеличаването на стойността на рН от 0 до 4.5, като по този начин се намалява концентрацията на разтворения недисоциирал SO_2 в течността и се увеличава концентрацията на бисулфитни йони.

При стойности на рН по-големи от 4.5 започва дисоцирането на бисулфитните йони до сулфитни $HSO_3^- \leftrightarrow SO_3^{2-} + H^+$. С нарастване на рН над 5.5 концентрацията на сулфитните йони се увеличава значително за сметка на бисулфитните йони. Получаването на сулфитни йони не е желателно, защото при реакция с $CaCO_3$ от варовика се получава калциев сулфит, който се натрупва по варовиковите частици и води до т.н. блокинг ефект, в следствие на който калциевия карбонат не може да реагира.

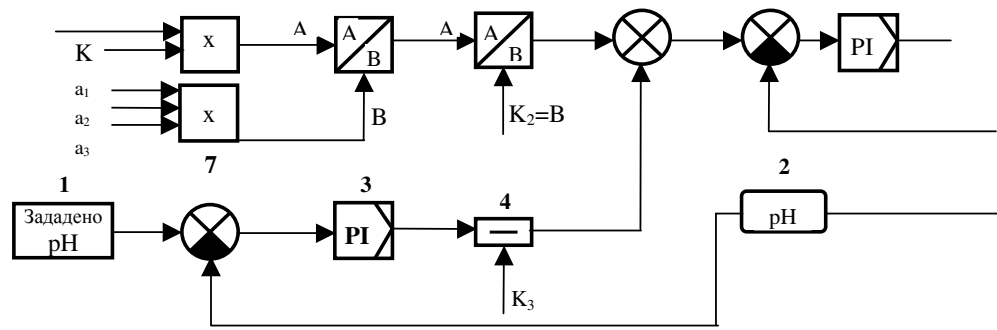


Фиг. 2: Реакционно равновесие на системата SO_2/H_2O при $25^\circ C$.

На Фигура 3 е показана принципната схема на системата за автоматично управление на рН. Чрез ръчен задатчик (1) се задава стойността на рН на входа на ПИ регулатор (3), като преди това заданието се коригира със стойността на рН в абсорбера (2). Стойността на изхода от регулатора се получава в m^3/h варовикова суспензия ($0-130 m^3/h$), от която в блок 4 от схемата се изважда коефициента k_3 . Коефициента k_3 се равнява на половината от максималния обхват на регулиращия вентил за варовикова суспензия, така че след корекцията ще се получи стойност с която ще се увеличи или намали количеството на подаваната варовикова суспензия към абсорбера (G_{BC}). Към така получения сигнал се прибавя сигнал, който е формиран чрез пресмятане на теоретичното необходимо количество варовикова суспензия по количеството на SO_2 , постъпващо в абсорбера с димните газове. Количеството на постъпващия SO_2 се пресмята чрез измерения дебит на димни газове ($F_{дг}$) и концентрацията на SO_2 (C_{SO_2}) в блок 5 от схемата. Получената стойност се умножава в 6 по коефициента k_1 , който представлява стехиометричното отношение на $CaCO_3$ към SO_2 плюс 5% запас. Резултата се коригира в 8 с коефициент, който отразява характеристиките на варовиковата суспензия. В 9 стойността се разделя на коефициента k_2 , който представлява максималният обхват на регулиращия вентил.

Така формираното вече задание се подава на входа на втори ПИ регулатор (10), чрез който се регулира количеството на варовикова суспензия към абсорбера.





a_1 - чистота на CaCO_3 , [%]
 a_2 - плътност на варовиковата суспензия, [g/l]
 a_3 - съдържание на сухо вещество във варовиковата суспензия, [%]

K_1 - стехиометричен коефициент
 K_2 - коефициент за корекция на обхвата
 K_3 - корекция по обхват

Фиг.3 Схема на САУ стойността на pH в абсорбера

3. Технически проблеми и опит от експлоатацията на СОИ

3.1. Варовиково стопанство

Варовика постъпва от “Вародобив” – Шумен. Кариерата е разположена на повече от 200км от ТЕЦ “Марица Изток-2”. Доставка се осъществява чрез жп транспорт, като вагоните, превозващи по два броя контейнери за варовик се установяват на гара Аспарухово (на няколко километра от кариерата) и оттам всеки контейнер се превозва с автотранспорт за запълване, връща се обратно и се поставя на вагона. Тези манипулации се изпълняват трудно, особено в условията на ниски температури през зимните месеци. Голямото разстояние и дългото пътуване причиняват замръзване на варовика в контейнерите и предизвикват изключителни затруднения при разтоварването в централата. Считаме, че особено благоприятно за комплекса “Марица Изток” ще бъде, ако се разработят кариери на близко разстояние с използване на саморазтоварващи се вагони, които няма да се движат през възлови централни гари от републиканската мрежа на БДЖ. Изборът на фракция 0÷10мм, използването на контейнери за превоза и до СОИ на ТЕЦ “Марица Изток-2” и тяхното разтоварване чрез контейнерообръщачи не позволява доставка на варовик от втори алтернативен източник. Самото разтоварване, като последователност от технологични операции, в този си вид е доста комплицирано и би следвало да се избягва при бъдещите СОИ. При възприетата схема също така липсва резервираност – разполагаме с един кран-спредер, един транспортър и един изгребвач, което предполага, че всички възникнали аварии трябва да се отстраняват в спешен порядък, за да се включат в работа съоръженията. Решението да се използва варовик от по-едра фракция, позволяваща складиране в открит склад е много по-изгодно от експлоатационна гледна точка, отколкото съществуващото, със закрит силос, не притежаващ възможности за маневриране поради ограничен обем и липса на байпасна линия за подаване към кофачните елеватори при неговото запълване.

По проект разтоварището за варовик е с дължина 100м, позволяваща вметването по двата жп коловоза на по 8 вагона (с дължина 14м), т.е. едновременно разтоварване на 32 контейнера. Използването на 20-метрови вагони обаче позволява на двата коловоза да се разтоварват едновременно само по 4 вагона, т.е. 16 контейнера, което е два пъти по малко от предвиденото в проекта.

При използване на саморазтоварващи се вагони ще отпадне нуждата от ранжирна инсталация, създаваща ежедневни проблеми със своята характерна система от въжета.

Използването на роторни екстрактори за изгребване на материала от бункерите и силоза и изсипването му на ГТЛ бе свързано с редица проблеми поради забиването на греблата им във варовика, демонтирането им и дефектирането на редукторите. Проблемите бяха решени с монтиране на честотни преобразуватели на електродвигателите за постъпателно преместване на роторните изгребвачи.

3.2. Система за подготовка на варовиковата суспензия

Използването на кофачни елеватори с пластмасови кофички се оказва неудачно поради често чупене на кофичките. Новите проекти би следвало да предвиждат метални кофички.

Получаваният като суровина варовик отговаря на изискванията на договора за доставка като химически състав. При изискване за съдържание на CaCO_3 от 96%, варовикът от мина “Добромир”

съдържа 97.5%, т.е. примесите, пречателни за неговото пълно разтваряне в абсорбера са минимално количество – 2.5%. Независимо от добрия химичен състав, беше получена партида, която не можа да се смели нормално, предизвика бързо износване на топките в мелниците и доведе до поражения на помпите за варовикова суспензия. Това налага, в обема на входящ контрол да се следят и физико-механичните характеристики на варовика. Нормално смиланият се варовик има средно- до финозърнеста структура с равномерно оцветяване в блед до силно бежов цвят. Макроскопски не се наблюдават пукнатини, петна и ивици, което говори за висока чистота и отсъствие на примеси. Твърдият, трудно смилан варовик има масивна текстура, дребнозърнеста плътна структура с неравномерно оцветяване от сивобежов, през зеленикаво-черен до бледокафеникав цвят. Наблюдават се места на добре изразени гнезда от кафеникаво вещество, предполагащи присъствие на примеси със състав по-различен от този на основната скала. Микроскопското наблюдение показва, че двата вида материал са кристалинен варовик с органогенен произход и структура. Минералният състав на нормалния варовик е еднообразен, представен от калцитови зърна (кристали) с размери от 150 до 250 μm с характерните си полисинтетни ламели. Варовикът е слабо порест, наблюдава се слаба прекристализация. Трудно смиланият варовик има минерален състав от ситнозърнест калцит с размери на кристалите 20-50 μm , т.е. 10 пъти по-малки от тези на нормалния варовик. Наблюдава се висока плътност, почти без наличие на пори. В общата маса има гнезда, изградени от концентрични кръгове на организмови скелети на фораминифери с тъмно оцветена спойка от доломитови кристали между тях. Установяват се също примеси от органичен тригенен материал от глинесто вещество, заедно с хидроокиси, люспи от кварц и мусковит. Цветът на тригенния материал е тъмнокафяв до червеникав. Нормално смиланият се варовик показва твърдост по Моос около 3.5, докато трудно смиланият се – от 3.5 до 4.3. Добре е също така да се следи индекса на Бонд, представляващ разхода на електроенергия за смилане на определен обем варовик.

Друг недостатък при проектирането на мелничното отделение се оказаха дренажните шахти на мелниците с квадратно, а не кръгло сечение и обем, по-голям от необходимия, в резултат на което в тях се създават застошни зони и “мъртви” запълнени с полусмлян варовик участъци. Първоначално монтираните дренажни помпи “Galigher” се оказаха функционално непригодни и през лятото на 2003г. бяха заменени с помпи “Warman”.

3.3. Газоходи, клапи, компенсатори и топлообменник

3.3.1. Газоходи

Газоходите са основен елемент от схемата за осъществяване на нормалната работа както на СОИ така и на енергийния блок. Затова всички проблеми по тях трябва да бъдат решавани своевременно и по възможно най-добър начин.

След въвеждане в работа на СОИ бяха констатирани редица технически проблеми по газоходите.

- При първоначалния пуск на СОИ Блок 7 през февруари 2001г и след периода на първоначалната пробна експлоатация, при ревизия на газоходите за суров газ беше установено наличието на ръжда. След обследване на условията се установи, че причина за корозията е навлизане на пари от абсорбера след извеждане на СОИ от работа, което води до образуване на кондензат по стените на газохода. При извършване на реконструкцията на СОИ бяха инсталирани допълнително един вентилатор за вентилация на газохода за суров газ и отдушник на върха на абсорбера, които се включват в работа след спиране на СОИ. Същите бяха монтирани и на СОИ за Блок 8.
- Участъка от газохода за суров газ между топлообменника и абсорбера е покрит с антикорозионно покритие, като пода му беше покрит с киселинно-устойчива зидария над покритието. Целта на зидарията беше да предпазва антикорозионното покритие от силно концентрираните киселинни разтвори и температурни стресове, които могат да се получат при промиване на топлообменника по време на нормална работа. При първата инспекция на този участък се установи нарушение на повърхностния слой на тухлите, а също и пукнатини в зидарията. При реконструкцията на СОИ, Изпълнителя смени типа на тухлите, като този участък беше покрит със зидария от графитни тухли.

През първоначалния пуск на СОИ за Блок 8, след едномесечен срок на работа, протече кондензат от дъното на същия участък. При проверка се разбира, че дъното е пробито в следствие на киселинна корозия. След спиране на СОИ Бл.8 бяха открити пукнатини в зидарията на дъното, където при промиване на топлообменника се събира силно концентриран киселинен разтвор. Поради високата концентрация беше корозирало антикорозионното покритие, издържащо на концентрация на киселини до 80%. Пукнатините в зидарията бяха в следствие от температурни разширения.

В зидарията на този участък на Блок 7 бяха изпълнени допълнителни температурни фуги. След пуска на СОИ блок 7 през април 2002г отново беше пробито дъното на газохода поради корозия.

Дъната на газоходите бяха ремонтирани и тухлената зидария беше заменена с антикорозионно покритие върху което беше монтирано "Хайфлоново" фолио. При направената ревизия след тримесечна експлоатация се установи, че антикорозионното покритие на стените и тавана на газохода за суров газ е нарушено, което наложи монтиране на фолио както по дъното, така и по стените и тавана – т.е. пълна изолция на газохода с фолио върху покритието. През февруари 2004г. обаче СОИ блок 8 бе спряна поради теч от корпуса на абсорбера, а СОИ блок 7 - поради пробив в газохода за чист газ. При извършения оглед на газоходите беше установено проникване на вода под фолиото и наличие на откъснати защитни капачки на закрепващите покритието резбови щифтове, както и напукани шевове, свързващи отделните листове фолио един с друг. Като причина за това, след извършените обследвания от страна на консорциум INA-SHU, беше посочено несъответствие на качеството на използвания за заваряването тел с типа на фолиото. Газоходите бяха подсушени, капачките презаварени и възстановена целостта на фолиото. По време на предстоящия през лятото на 2004г. ремонт на СОИ е предвидена пълна ревизия и отстраняване на установените недостатъци.

- При газоходите за чист газ възникнаха проблеми от абразивно износване на антикорозионното покритие в участъка на байпаса и по-конкретно по ръбовете на направляващите пластини в участъка пред комина на Блок 7. Ръбовете бяха покрити с допълнително покритие на силиконова основа. Беше установено и корозионно износване на байпасните участъци и на двата блока, което се установи, че е следствие на високите концентрации на SO_3 в димните газове и нарушена топлинна изолация на места. Участъците бяха възстановени, но при огледа на газоходите по време на последното спиране през февруари 2004г. бяха установени нарушения на антикорозионното покритие във вид на язви и шупли, причинени от получаващата се разреждана сярна киселина вследствие неефективната работа на топлообменника. Въз основа на казаното до тук може да се направи извода, че при експлоатацията на газоходите за чист газ е необходимо да правят инспекции на вътрешната им повърхност поне два пъти годишно за да се избегнат евентуални пробиви. Трябва да се има предвид, че корозионното разрушаване на стената на газохода за чист газ се развива много бързо след като покритието вече е нарушено.

3.3.2. Клапи суров и чист газ, байпасна клапа

- След първоначалните изпитания на СОИ Блок 7 и газоанализи на димните газове се разбира, че има пропуски на суров газ през байпасна клапа. След инспекция на клапата се установи, че се е получило абразивно износване на определени места по линзовите уплътнения на байпасната клапа. След проучване се установи, че това износване е следствие на триене при вибрации на уплътненията на клапата при работа на байпасен режим. Линзите бяха подменени и беше отстранена причината за вибрациите им.
- Клапа чист газ на Блок 7 и уплътненията ѝ бяха корозирали. Причина за корозията в клапата беше студения уплътняващ въздух към клапата при байпасен режим на работа. В следствие консорциум INA-SHU монтира допълнителен подгревател за уплътняващия въздух към тази клапа. Въпросът с корозията на уплътнителните шини на клапите, по които се подава топъл уплътняващ въздух, стои много остро и в момента. Липсата на качествен химически анализ на материала на шините и различните им конструктивни размери силно затрудняват процеса на тяхната изработка и доставка.

3.3.3. Компенсатори

Компенсаторите са основен елемент от системата на газоходите. При тях възникнаха редица проблеми, които основно бяха свързани с грешки при монтажа и размерите на компенсаторите.

- След пуска на СОИ блок 7 компенсатора в участъка след клапа суров газ беше скъсан поради преместване на газохода. Изместването на газохода беше предизвикано от неправилно монтирана опора. При следващото спиране компенсатора беше подменен с нов и опората беше ремонтирана.
- Компенсатора на газохода суров газ пред абсорбера на Блок 7 след първоначалния пуск се разслои. Образуваха се мехури между слоевете на тъканта. След проучване на проблема се установи, че материала не е подходящ. Компенсатора беше подменен.
- Неколкократно компенсаторите за газохода суров газ пред абсорбера за Блок 7 и Блок 8 бяха с неточни размери, което доведе до необходимостта от допълнителни ремонти и монтажи на нови компенсатори. В последствие и за двата блока компенсаторите в този участък бяха подменени с нови и с правилните размери.
- Поради лошата работа на топлообменника са изменени и работните условия на заложените компенсатори, което налага преоценка на функционалната пригодност на материалите, от които те са изработени.

3.3.4. Теплообменник

Основното предназначение на топлообменника е да подгръва изходящите очистени газове от абсорбера до температури при които се избягва кондензацията в комина. Теплообменника е изпълнен от топлинни тръби (термосифони) с топлоносител вода. При първоначалния пуск на СОИ Блок 7 се установиха няколко проблема.

- При протичане на димни газове през топлообменника се получаваше нискокестотен шум. Проблемата беше решен чрез инсталиране на разсекатели на потока между тръбите, които погасят вибрациите.
- След инспекция се установи, че закрепването на тръбите е неудачно, тръбният пакет се беше изместил и дистанционните втулки бяха пробили закрепващите бандажни ленти. Този проблем беше решен чрез монтаж на допълнителни шини като опори на тръбния пакет.
- Около 5% от тръбите бяха дефектни или повредени при монтажа и на двата топлообменника. Тръбите на топлообменника на Блок 8 бяха подменени по време на ремонта на блока. За Блок 7 са необходими допълнителни тръби.
- След по-продължителна експлоатация топлообменниците не можеха да подгръват димните газове до необходимите температури. До пролетта на 2003г. теоретичните постановки на водещи немски специалисти бяха, че основна причина за това е голямата концентрация на SO_3 в димните газове. При изгаряне компонентите на горивата, съдържащи сяра образуват SO_2 и SO_3 . По-нататъшното окисляване на SO_2 до SO_3 е забавено поради бавна кинетика. Докато увеличаването на температурата ускорява кинетиката, термодинамичното равновесие се връща отново към SO_2 . След извършване на измерванията при пробите за производителност на бл. 8 през януари 2002 г, концентрацията на SO_3 в димния газ на бл. 7 и 8 беше измерена през май и юни. Резултатите значително надвишават стойностите по договора. Тази концентрация на SO_3 неизбежно води до корозионни повреди на всички компоненти на инсталацията, които са след котела. На съроочистваща инсталация на бл. 8 бяха констатирани следните влияния или повреди:
 - Не се постига гарантираната температура на чистия газ $> 80\text{ }^\circ\text{C}$ след топлообменника;
 - Корозионни нарушения на покритието на димохода суров газ след топлообменника;
 - Корозионни нарушения на покритието на димохода за байпас и на стоманената повърхност.

Съставът на лигнитните въглища и / или целият горивен процес са причина за високата концентрация на SO_3 .

Лигнитът от източномаришкия басейн е с ясно изразен различен състав, в сравнение с други въглища. Източномаришкият лигнит има както по-високо съдържание на сяра, така и

по-висока изпаряемост (прибл. 67%). Калоричността и съотношението Ca/S (0,3) са много ниски. В допълнение, лигнитните въглища са изключително хетерогенни и съдържат дърво и различни минерали. С използване на рентгенов анализ на пречупване е установен басанит ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). Също така в сухите въглища има сравнително високо съдържание на ванадий 140 ppm. Такова високо съдържание на ванадий е типично за нефтения кокс, но не и за кафявите въглища. Средната концентрация на ванадий в кафявите въглища от Рейнския басейн, например, е между 1 и 15 ppm.

Този специфичен състав съдейства за образуването на SO_3 в димния газ. Следните предпоставки благоприятстват образуването на SO_3 :

- Съотношението Ca/S;
- Концентрацията на ванадий;
- Концентрацията на басанит;
- Концентрацията на O_2 в димния газ.

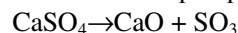
Известно е, че в електроцентралите, които работят на въглища калцият реагира със SO_2 до получаване на CaSO_4 или CaSO_3 . Когато има достатъчно алкалност, $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ може да се свърже в летливата пепел. Продуктът от реакцията се отделя от електростатичните филтри.

В резултат, ниското съотношение Ca/S в лигнитните въглища от източномаришкия басейн може да причини по-висока концентрация на SO_3 в димния газ.

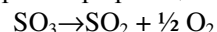
Димният газ от електроцентрали, които работят на нефтен кокс или мазут имат изключително високо съдържание на SO_3 в сравнение с тези, които са на въглища. Причината е високото съдържание на ванадий в нефтения кокс (прибл. 100 – 400 ppm). Ванадият е катализатор за окисляването на SO_2 до SO_3 , особено при температура между 400 и 600°C. Ванадият се натрупва с частиците прах на повърхностите за топлообмен на котела. Поради големите специфични повърхности SO_2 и O_2 реагират до SO_3 .

Обикновено саждите се отстраняват от повърхностите на топлообмен на котела с обдухващи апарати. Ето защо трябва да се провери компоновката на обдухващите апарати и операционната им програма трябва да се настрои. Трябва да се гарантира ефективно почистване.

Съдържанието на басанит във въглищата може също да доведе до образуване на SO_3 в димния газ. При по-висока температура басанитът се разгражда съгласно:



Във фазата на охлаждане CaO със сигурност реагира със SO_x , особено със SO_2 , защото той се намира в много по-висока концентрация от SO_3 . Не е вероятно освободеният SO_3 да реагира съгласно горната реакция до $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$. Суровият газ бързо се охлажда в котела и с падането на температурата химическото равновесие се измества към SO_3 . Ето защо високото съдържание на кислород неутрализира реакцията



Басанитът също допринася за високата концентрация на SO_3 в димния газ. Тези теоретични съображения трябва да се проучат по-подробно.

По принцип ниската концентрация на O_2 противодейства на всички споменати последователности от химични реакции. Това означава, че **ниската концентрация на O_2 в димния газ свежда до минимум образуването на SO_3 .**

Освен проблема с корозията, високата концентрация на SO_3 оказва влияние върху топлообмена от страна суров и чист газ на топлообменника. Проблем при по-високата концентрация на $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ е пренасищането в комбинация с образуването на аерозоли. Това се дължи на липсата на коагулация на молекулите H_2SO_4 . Ето защо H_2SO_4 се увеличава само чрез абсорбиране на вода от влагата в димния газ.

Последиците от страна суров газ на топлообменника се дължат предимно на абсорбиране на H_2O от аерозоли SO_3 , респективно H_2SO_4 . Тръбите на топлообменника са с температура на повърхността <150°C. $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ абсорбират вода в екзотермична реакция. Термодинамичните изчисления показват освобождаване на топлина от прибл. 200 – 400 kW за двата блока, в зависимост от концентрацията на SO_3 . Ето защо намаляването на температурата в топлообменника е с 0,5÷1K по-ниско от очакваното без наличие на $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$.

Топлопренасянето от страната суров газ на топлообменника е в границите на проектните данни.

Последиците от страна чист газ на топлообменника са по-сериозни. Аерозолните частици се охлаждат до прикл. 65÷70 °С в абсорбера и абсорбират още водни молекули. Така, аерозолите не могат да се абсорбират ефективно, защото частиците им са твърде малки и леки, за да се повлияят директно от капките, както се движат с газа, а от друга страна твърде тежки за дифузионно движение. В сравнение с други СОИ степента на почистване на SO₃ > 70 % е много добра.

Така водата от аерозола се изпарява от страната чист газ на топлообменника и неизбежно понижава температурата на чистия газ. Стойностите на SO₃ от 22.05.02г. и 07.06.02г. значително надвишават гарантирания обхват. Следователно температурата на чистия газ намалява до прикл. 79,5°С. Ако имаме предполагаема концентрация на SO₃ от 800 mg/m³ и при същата ефективност на поглъщане на SO₃, температурата на чистия газ ще бъде > 84 °С. Температурата на чистия газ ще бъде в гарантирания обхват. Влиянието на по-високата концентрация на SO₃ върху понижаването на температурата на чистия газ е значително. Измерванията от 22.05.02 г. показват концентрация в чистия газ от 187 mg SO₃ /m³, съответно при степен на почистване 87,5 %. Не може да се постигне такава висока степен на почистване на SO₃ в СОИ. Ето защо балансът на топлообмен не е затворен. Ако се приеме концентрация в чистия газ от 327 mg SO₃/m³ (78 %) топлинният баланс е затворен.

За свеждане до минимум на съдържанието на SO₃ в димния газ е необходимо да се проверят гореспоменатите зависимости при образуването на SO₃ и да се промени процесът на изгаряне. Само по-този начин може да се избегнат по-нататъшни повреди по системата за почистване на димен газ и комина.

По време на основния ремонт на блок №7 и №8 през лятото на 2003г. от топлообменника на СОИ блок 7 бяха извадени като поразени и дефектирали 801 бр. топлинни тръби, а от топлообменника на СОИ блок 8 – 450бр. Като причина за поразяването на тръбите, след извършване на съответното проучване, беше посочено образуването на водород вследствие на реакция между метала на стената на тръбата и водата като топлоносител. Водородът дифундира през стената на тръбата, напуква емайла от външната и страна и суровия димен газ поразява тръбите. От вътрешната страна на топлинната тръба има монтирана капилярна система във вид на фина бронзова мрежа – медта и желязото образуват корозионни галванични елементи и протича електрохимична корозия. По този рначин, при работа на СОИ до лятото на 2004г. би трябвало 100% от тръбите да дефектират. За решаване на този проблем немската страна до края на 2003г. обезгази тръбите на топлообменника на СОИ блок 8, като вследствие на това температурата на изходящите след СОИ димни газове се повиши до 79°С, но постепенно започна тенденция към понижение и в момента е 74°С. Започна обезгазяването на тръбите на топлообменника на СОИ блок 7 през тази година, но при направената ревизия през м.февруари се установи, че повече от 50% от тръбите са поразени и температурата на изходящите газове е 71÷72°С. От страна на консорциума, след няколкомесечни лабораторни изпитания са поръчани 1800бр. нови топлинни тръби с добавка на хеламин към водата в тях като инхибитор на корозията и паладиево-сребърна мрежа за капилярна система. Описаното до тук създава сериозни проблеми, свързани с ниските температури на изходящите след СОИ очистени димни газове, близки до точката на оросяване (точката на кондензация на киселината) и представляващи опасност от корозионна гледна точка за комин №2 и газоходите. Поради това, в повечето проекти за новостроящи се СОИ, е предвиден мокър комин над абсорбера.

3.4. Абсорбер и вспомагателните му съоръжения и системи

3.4.1. Абсорбер

Техническите проблеми са свързани основно с основното и спомагателно оборудване към абсорбера. По голяма част от проблемите бяха решавани при реконструкциите, които се наложи да бъдат извършени по технологичните причини.

- При въвеждане в работа СОИ Блок 7 възникнаха редица технологични и технически проблеми. При първоначалния пуск инсталацията не успя да достигне договорни параметри по отношение на ефективност. При първоначалната схема абсорберите бяха оборудвани с по пет броя компресори за окисляващ въздух, като въздуха се подаваше в

горната част на утайника на абсорбера. Поради недостатъчния обем и краткото време за престой на въздуха в зоната за окисление не можеше да се постигне ефективност на почистване от 90%. Причината за това беше, че не се постигаше пълно окисление на сулфитите до сулфати. След като се установи това, бе извършена реконструкция на разпределителните тръбопроводи за въздуха. Реконструкцията се състоеше в удължаване на тръбопроводите за да се подава въздуха на по-голяма дълбочина. Въпреки тази реконструкция инсталацията не можа да достигне необходимата степен на абсорбция. Консорциум INA/SHU проведеха експеримент с мравчена киселина и железен хлорид. При извършване на експеримента се установи, че не е необходима добавка на мравчена киселина за повишаване на ефективността. До този извод се стигна понеже се оказа, че варовика се разтваря добре, а добавка на мравчена киселина е необходима в случаите когато няма добра разтворимост на варовика и не се получават достатъчно калциеви йони. Добавката на железен хлорид беше за да се установи влиянието върху окислението на сулфитите до сулфати. При направените измервания и анализи се оказа, че в суспензията има достатъчно количество железни йони необходими да катализират окислението. От проведените опити се стигна до заключение, че причината за слабата ефективност е недостатъчното време за престой на въздуха в утайника и не доброто му разпределение в обема. След направените проучвания се взе решение за основна реконструкция, която се състоеше в подмяната на винтовите компресори с турбокомпресори, смени се мястото на подаване на въздуха към витлата на бъркалките, беше променен и броя на бъркалките от три на пет. Новите компресори са общо три, по един на блок и един в резерв и за двата блока. След като беше извършена реконструкцията СОИ и за двата блока успя да достигне степен на почистване над 90%, а крайния продукт е с добри качества и ниско съдържание на сулфити.

- Компресорите за окисляващ въздух неколккратно бяха заливани със суспензия след изключване. Причина за това беше ниската височина на лирите на основните тръбопроводи за въздух. При подмяната на компресорите, височината на лирите беше направена достатъчна и допълнително бяха монтирани отдушници с обратни клапи, изключващи засмукването на суспензия от абсорбера при охлаждане на останалия във въздушните колектори въздух.
- Новите компресори често изключваха поради претоварване и изпадане в помпажен режим на работа. След проучване на проблема се оказа, че клапите на възвратните клапани не могат да се отворят напълно. Клапите бяха демонтирани след което компресорите работят добре.
- Измервателните прибори за рН често се запушваха от едри парчета. Мястото за вземане на проба за рН-метрите беше от нагнетателната страна на помпите, подаващи суспензия към хидроциклоните. След реконструкцията мястото за вземане на суспензия беше изместено от горния поток на хидроциклоните. Това решение подобри работата на рН-метрите, но възникна проблем с по-ниската скорост на потока. Това е причина суспензията да се утаява в съдовете на измервателните прибори, което налага по-чести промивки. За избягване на този проблем се поставиха бленди в хидроциклоните от които се взема проба от суспензията. В момента работата по подобряване състоянието на рН-метрите продължава.

3.4.2. Рециркуляционни помпи

След пуска се установи, че редукторите на помпите за рециркуляция работят шумно и развиват високи температури. По време на изпитанията излезе от строя редуктор на 07 ПРЦ-3 (07 НТФ 13 АР 001). Оказа се, че редуктора е непригоден за ремонт. Подобен дефект се получи и на втора помпа на блок 8. След оценка на надеждността на тези редуктори се взе решение да бъдат подменени с нови от друг производител. Доставени бяха редуктори “Flender”. След монтажа на новите редуктори до момента няма особени проблеми, редукторите работят с ниско ниво на шума и температури съответстват на експлоатационните за този тип редуктори.

3.4.3. Система за рециркуляция на гипсовата суспензия

Тази система се състои от помпи за суспензия абсорбер (ПСА), които подават суспензията към хидроциклонните групи за обезводняване. Проблемите по тази система са свързани основно с работата на хидроциклоните както и някои дефекти по самите помпи. За всеки блок има по 3

броя ПСА, като в работа са две от тях и една в резерв. По време на пуско-наладъчните работи възникнаха следните проблеми:

- Хидроциклоните преливаха при нормална работа и при нормално работно ниво в абсорбера. Те бяха вдигнати на подходяща височина, което пък от своя страна затрудни обслужването им.
- Често се запушваха хидроциклоните и на двата блока от едри парчета отложения от абсорберите. Бяха монтирани механични филтри на нагнетателната страна на помпите за суспензия, които показаха ниска надеждност и ефективност при работа.
- При нормална работа в хидроциклонно отделение става изключително влажно и горещо. Вентилационната система на хидроциклонно отделение не е достатъчна. За целта бяха монтирани допълнително комини с вентилатори над всички хидроциклонни групи, впоследствие се наложи да се направят и допълнителни комини. Като цяло вентилацията на хидроциклонното отделение остава крайно незадоволителна, което в бъдеще налага нейното реконструиране за осигуряване на нормални условия за обслужване.
- Абразивно бяха износени смукателните тръбопроводи и смукателната страна на корпуса на помпите подаващи гипсова суспензия към хидроциклоните и на двата блока. Тръбопроводите бяха подменени с неръждаеми от хастелой, а коничните преходи изработени от тefлонизирана пластмаса. Корпусите на помпите бяха възстановени.

2.4.4. Газоанализатори

- При всички газ анализатори се наблюдава запушване на първите два аерозолни филтъра и запълване с течност на съда на киселинния филтър, след което още при пусковите операции се премахнаха първите два аерозолни филтъра и киселинния филтър. Така газ-анализаторите работиха, докато се запушиха и другите два аерозолни филтъра и се замърсиха измервателните кювети. След което специалист от АВВ възстанови първоначалната схема с 4 аерозолни филтъра, освен това беше направено отвеждане на течността от съда на киселинния филтър. Така газ-анализаторите работиха не повече от седмица и първите два аерозолни филтъра отново се запушиха, след което, поради липса на резерви, ги премахнахме. Така работят вече около 2 месеца, но се наблюдава замърсяване с капчици на останалите два аерозолни филтъра. През целия този период са проверявани керамичните филтри на забора за замърсяване и запушване, но по наше мнение те са в състояние да работят нормално повече от месец. Според нас причината за запушването на аерозолните филтри е неефективното изсушаване на газа. За замърсяването на кюветите спомогна и несигурното сработване на датчиците за конденз.
- На газ-анализаторите на суров газ на 7 и 8 блок често (около веднъж на 2 седмици) се запушва газозаборната тръба. Според нас причина за това е неефективната изолация.
- На газ-анализаторите на чист газ на 7 и 8 блок често (около веднъж на 2 седмици) се запушва металният преход между филтърното тяло на забора и отопляемата тръба, като на блок 7 преходът бе премахнат от специалист на АВВ и бе заменен с гумен маркуч, който по-късно се втвърди и начупи под влиянието на температурата и газа.
- На газ-анализатор суров газ блок 8 комуникационният управляващ дисплей има проблем с изображението (част от дисплея е черен), което не позволява нормална работа с него.
- Стойността на ефективността, която изпраща газ-анализаторът е с около 1% по-висока от пресметнатата от стойностите на концентрациите на SO_2 на суровия и чистия газ. Освен това при преминаване от обхват $0-2500mg/Nm^3$ в $0-25000mg/Nm^3$ на газ-анализатора на изхода не се извежда стойността на ефективността. Това се получава, когато приведената към 6% O_2 стойност на SO_2 вече е преминала в по-горния обхват, а суровата (неприведената) стойност още е в долния обхват.

3.5. Инсталация за обезводняване на гипса

През есента на 2003г. Бяха извършени 72 часови проби на инсталацията за обезводняване на гипса. Най-големият проблем при експлоатацията на ИОГ се оказа нуждата от сгъстяване на суспензията в абсорбера за да може водата да бъде ефективно отделена от лентовите вакуумни филтри. В противен случай, върху платното на филтъра остава влажен гипс, който полепва по него и се разлива в склада. Сгъстяването на гипсовата суспензия в абсорбера обаче води до допълнително натоварване на

помпите за суспензия, подаващи я към хидроциклоните. Понеже тази гъстота е над нормалната за работа на СОИ без ИОГ, хидроциклонните групи често се запушват, което изисква спиране и промиване на тях и помпите. Тъй като се налага това да се прави понякога твърде често (на 15 мин), а температурата на суспензията е 67°C, при температура на промивната вода значително по-ниска (особено през зимата), тази операция, в съчетание с честите цикли стоп/старт води до снижаване надеждността на помпите.

3.6. Система за процесна вода

За нуждите на СОИ има два резервоара за процесна вода, като всеки от тях има по три помпи за процесна вода – по една помпа на блок и една обща в резерв. Резервоарът за обща процесна вода се охранва от добавъчната вода за охладителната кула. От него се охранват всички части на СОИ. Допълнителният резервоар за процесна вода се охранва се от общия резервоар за процесна вода и от него се подава вода към демистрите. Системите до настоящия момент работят безупречно. Като недостатък може да се посочи, че тръбопроводната система за процесна вода е проектирана без да се отчита, че може да се наложи подмяна на арматура или ремонт на тръбопровод по време на работа. Подобна операция при така изпълнена технологична схема изисква спиране в някои случаи и на двете инсталации. В хода на експлоатация бяха предприети необходимите промени (поставяне на допълнителни клапи, фланцови съединения и др.) за преодоляване на посочения недостатък.

3.7. Система за сервизен въздух

Тази система служи за охранване със сервизен (управляващ) въздух на пневматичната арматура в СОИ. Състои се от два компресора и три ресивера за сгъстен въздух – един общ ресивер за двата блока и по един ресивер за газовите клапи. Към всеки компресор има по една сушилна, която служи за изсушаване и обезмасляване на сервизния въздух. Системата показва досега добра надеждност, като обслужването и не излиза извън рамките, предписани от производителя.

3.8. Система за уплътняващ и вентилационен въздух

Към газовите клапи на всеки блок има инсталирани системи за уплътняващ въздух, който служи за уплътняване на затворените клапи. Системата за уплътняващ въздух на СОИ блок 8 подава въздух и към разделителните тръбни решетки на топлообменниците на двата абсорбера. За всеки блок са инсталирани по два броя въздушни вентилатори (един в работа и един в резерв) и подгреватели за въздуха. Въздуха се загрява до 140°C с цел да се избегне кондензация по повърхностите на клапите.

Системата за вентилационен въздух се използва само при спряна СОИ и служи за вентилиране на газоходи суров газ и абсорбер след спиране на СОИ. Вентилирането е необходимо поради навлизане на пари от абсорбера в газохода и предизвикване на кондензация и корозия. До настоящия момент системите работят относително надеждно.

В заключение могат да се направят следните изводи:

- 1. За условията на “Марица Изток” много трудно би се осъществила нормална и продължителна експлоатация на СОИ. Съоръженията, осигуряващи почистването на димните газове, както и средствата за измерване и контрол, са подложени на киселинна атака и абразивно износване, което съкращава техния живот и изисква големи средства за тяхната поддръжка и подмяна.**
- 2. Огромното количество гипс, което се получава след СОИ, ще доведе до допълнителни проблеми с неговото складиране и транспортиране.**
- 3. Липсва традиции и експлоатационен опит в работата със сярочистващи инсталации, който би помогнал за оптимизация на технологичните процеси и подобряване надеждността на съоръженията. Това важи както за заетите пряко в експлоатацията на СОИ в ТЕЦ “Марица Изток-2” ЕАД, така и в научните среди на Република България.**