Krzysztof Szałucki

Metodyka obliczeń opłacalności zastosowania systemu odzysku ciepła zawartego w odsolinach odprowadzanych z kotła parowego

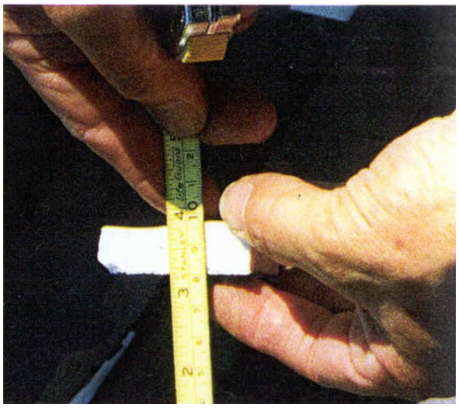
1. Wstęp

Użytkownicy kotłowni parowych mogą oszczędzać energię poprzez wykorzystanie specyficznych cech konstrukcyjnych systemu parowego. Dotyczy to między innymi systemów odsalania ciągłego i odmulania okresowego kotłów parowych. Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie metod obliczeniowych opłacalności zastosowania systemów odzysku ciepła odsolin, a także propozycja rozwiązań konstrukcyjnych systemów odzysku ciepła.

2. Odsalanie ciągłe kotła parowego

Podczas procesu wytwarzania pary w kotle parowym, na skutek dostarczania określonej ilości ciepła (w czasie spalania paliwa następuje przemiana energii chemicznej zawartej w paliwie w energię cieplną, przekazywaną przez powierzchnie ogrzewalne do wody), podgrzewany wodę do stanu wrzenia, a następnie ją odparowujemy. Wyprodukowaną parę pobieramy z kotła. Woda zasilająca doprowadzana do kotła zawiera określone ilości rozpuszczonych w niej soli, natomiast można przyjąć, że pobierana z kotła para praktycznie soli rozpuszczonych nie zawiera. Jedyne sole, które mogą być faktycznie rozpuszczone w parze w bardzo niewielkim zakresie, to pary kwasu krzemowego powstające w wyniku obecności krzemionki w wodzie kotłowej, ich obecność jest jednak najczęściej pomijalna. Niemniej jednak należy pamiętać, iż w parze pobieranej z kotła obecna jest porywana wraz z nią woda kotłowa w ilości 3-5% zależnie od rozwiązania konstrukcyjnego kotła, w której obecne są sole rozpuszczone. Najczęściej jednak te 3-5% zasolonej wody kotłowej porywanej z kotła wraz z odprowadzaną parą pomijamy w obliczeniach strumieni odsalania. Opisane powyżej zjawisko powoduje stały wzrost koncentracji soli w wodzie kotłowej w funkcji czasu i ilości pary pobieranej z kotła. Zawartość soli w wodzie kotłowej zależy również od jakości i metody uzdatniania wody zasilającej i uzupełniającej. Jest niezwykle ważne, aby zawartość soli w wodzie kotłowej nie przekroczyła wartości dopuszczalnej (dla danego typu kotła parowego), określanej w normach lub przez producenta kotła.

Grubość warstwy kamienia kotłowego na powierzchniach ogrzewalnych dochodziła do 23 mm



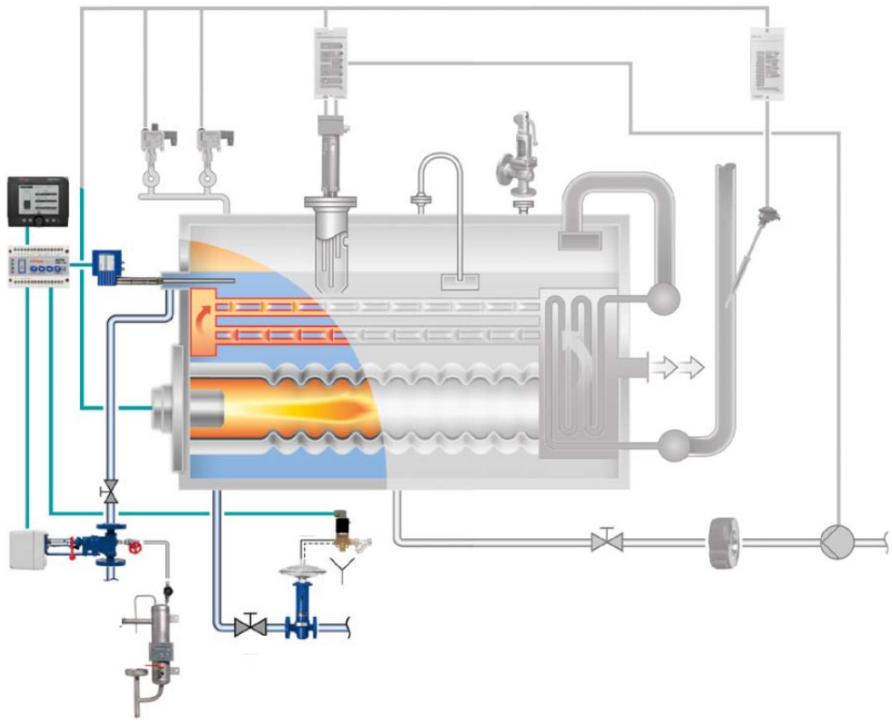
Rysunek 1 - Eksplozja kotła parowego na skutek przekroczenia dopuszczalnych parametrów jakości wody kotłowej.

Nadmierna ilość soli w wodzie kotłowej szczególnie w połączeniu z problemami w procesie uzdatniania wody (doprowadzenie twardej wody) może prowadzić do powstawania kamienia kotłowego na powierzchniach wymiany ciepła w kotle, co stwarza zagrożenie uszkodzenia powierzchni ogrzewalnych na skutek utrudnionej wymiany ciepła – rysunek 1. Niedopuszczalny poziom zasolenia (skutkujący nadmiernym wzrostem alkaliczności wody kotłowej) będzie również przyczyną silnego pienienia się wody i plucia pianą do rurociągów pary, piana i woda kotłowa przedostająca się do rurociągów parowych powoduje ich zanieczyszczanie odkładającym się kamieniem kotłowym, co może doprowadzić do szybkiego zniszczenia zainstalowanego za kotłem wyposażenia rurociągów parowych.

W celu nie dopuszczenia do nadmiernej koncentracji soli w wodzie kotłowej stosowany jest proces nazywany odsalaniem. Odsalanie kotła parowego jest procesem ciągłym i polega na odprowadzaniu określonego strumienia wody kotłowej o wysokim zasoleniu (pobieranej ok. 100mm poniżej NW w kotle – rysunek 2) i uzupełnianiu tego ubytku wodą zasilającą o znacząco mniejszej zawartości soli. Proces odsalania może być prowadzony ręcznie lub automatycznie.

W przypadku procesu odsalania ręcznego, dla zapewnienia wymaganego poziomu zasolenia wody kotłowej, konieczne jest okresowe pobieranie próbek wody kotłowej, przeprowadzanie analizy w laboratorium, a następnie, zależnie od wyników pomiarów, realizowanie korekty w ustawieniu zaworu regulacji ilości odprowadzanych odsolin. Nastawa stopnia otwarcia zaworu w przypadku odsalania ręcznego jest większa od rzeczywistych potrzeb, w związku z koniecznością zapewnienia wymaganego poziomu zasolenia przy pracy kotła z maksymalną wydajnością.

Automatyzacja procesu odsalania jest oparta na wykorzystaniu pomiaru przewodności wody kotłowej, ponieważ można z wystarczającym przybliżeniem stwierdzić, że przewodność wody kotłowej zależy od ilości rozpuszczonych w niej soli. Regulator odsalania ciągłego realizuje takie ustawienie stopnia otwarcia zaworu odsalającego, aby wartość mierzona przewodności była możliwie bliska wartości zadanej.



Rysunek 2 – Kocioł parowy z systemem automatycznego odsalania i odmulania [GESTRA].

Odsoliny odprowadzane z kotła charakteryzują się temperaturą wrzenia przy ciśnieniu roboczym kotła, co oznacza znaczny strumień ciepła traconego. Odsoliny nie powinny trafiać ponownie do układu zasilania kotła (chyba, że po systemie ich ponownego uzdatniania opartego o metodę demineralizacji), ale strumień ciepła w nich zawartego powinien zostać wykorzystany. Ciepło odsolin można wykorzystać do podgrzewu wody uzupełniającej w procesie termicznego odgazowania wody zasilającej lub dla podgrzewu wstępnego dowolnego innego czynnika. Z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia zrzucanie do kanalizacji gorących odsolin nie może być tolerowane.

3. Odmulanie okresowe kotła parowego.

Podczas pracy kotła parowego, szczególnie na skutek dawkowania fosforanów lub innych środków dodawanych dla wiązania lub likwidacji twardości resztkowej, powstają znaczne ilości mulistych osadów, które stopniowo opadają i gromadzą się w dolnej części kotła. Osady te, ze względu na ich własności termoizolacyjne, gromadząc się na powierzchniach ogrzewalnych, mogą być przyczyną uszkodzeń tych powierzchni na skutek przegrzania. Dla odprowadzenia mułów (osadów) zgromadzonych na dnie kotła, w najniższym punkcie części wodnej kotła (rysunek 2) przeprowadzamy proces nazywany odmulaniem. Odmulanie to proces okresowy, polegający na odprowadzeniu możliwie niewielkiej ilości wody kotłowej o największej zawartości osadów. Dla zapewnienia właściwej jakości procesu odmulania (zerwanie osadów z dna kotła) zalecane jest, aby czas otwarcia zaworu odmulającego nie przekraczał 3-4 sekund, a strumień odprowadzanej wody charakteryzował się bardzo wysokimi wartościami przepływów chwilowych.

W przypadku odmulania okresowego również możliwe jest odzyskanie ciepła traconego z odmulinami odprowadzanymi z kotła parowego. Nie jest to jednak zalecane ze względu na bardzo krótki 3-4 sekundowy czas otwarcia zaworu, realizowany kilka-kilkanaście razy w ciągu doby. Może to doprowadzić do powstania chwilowych, gwałtownych wzrostów (pików) ciśnienia w systemie, a strumień zaoszczędzonego ciepła będzie znikomy.

4. Określenie ilości odprowadzanych odsolin z kotła parowego.

Dla zaprojektowania systemu odzysku ciepła zawartego w odsolinach w pierwszym kroku należy określić w przybliżeniu ilości odprowadzanego czynnika. W tym celu można wykorzystać jeden z poniższych wzorów określających procentowy udział odsolin w wydajności kotła parowego:

$$A = \frac{1}{1 + \frac{S_{wk} - S_{wu}}{(1-\varphi)\cdot S_{wu}}} \cdot 100[\%] \qquad \text{[wzór 1]}$$

gdzie:

φ współczynnik określający ilość kondensatu powracającego w stosunku do ilości produkowanej pary [φ=0 – brak zwrotu kondensatu, φ=1 - 100% zwrot kondensatu, najczęściej φ przyjmuje wartości pośrednie],

S_{wu} zawartość soli w uzdatnionej wodzie uzupełniającej w mg/l,

S_{wk} dopuszczalny poziom zawartości soli w wodzie kotłowej w mg/l.

lub

$$A = \frac{S_{wz}}{S_{wk} - S_{wz}} \cdot 100[\%]$$ [wzór 2]

gdzie:
S_{wz} zawartość soli w wodzie zasilającej w mg/l,
S_{wk} dopuszczalny poziom zawartości soli w wodzie kotłowej w mg/l.

Dla wyznaczenia strumienia odsolin stosujemy wzór:

$$m_A = \frac{G \cdot A}{100}$$ [kg/h] [wzór 3]

gdzie;
G ilość pary produkowanej przez kocioł parowy w kg/h

Po wyznaczeniu strumienia odsolin odprowadzanych podczas pracy kotła możemy rozpocząć analizę oszczędności związanych z wykorzystaniem ciepła w nich zawartego. Dla przeprowadzenia tej analizy przede wszystkim musimy określić metodę realizacji procesu odzysku ciepła odsolin, a także zebrać wymagane dane na temat parametrów roboczych kotłowni. W celu prezentacji metodyki obliczeń posłużymy się przykładem.

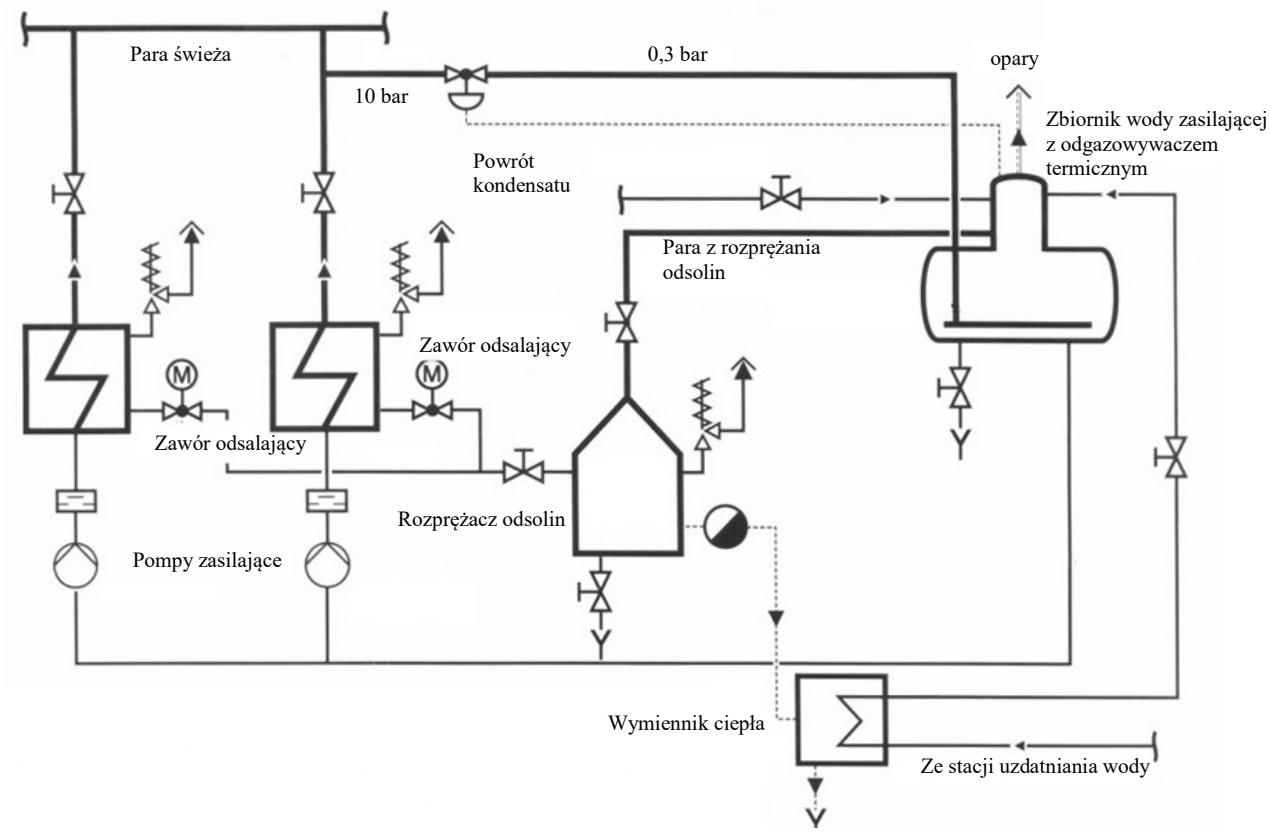
5. Przykład obliczeń opłacalności zastosowania systemu odzysku ciepła zawartego w odsolinach.

5.1 Założenia.

Kotłownia parowa z dwoma trój-ciągowymi kotłami parowymi o wydajnościach maksymalnych trwałych 10t/h pary każdy, pracuje ze średnią wydajnością 14t/h produkowanej pary nasyconej o ciśnieniu roboczym 10barg. Kotły opalane są gazem ziemnym GZ-50 i pracują 16 godzin dziennie w ciągu 250 dni rocznie. Oba kotły wyposażone są w napędzane elektrycznie zawory odsalające z odpowiednią automatyką sterującą zapewniającą właściwą kontrolę poziomu soli w wodzie kotłowej. Odsoliny rozprężają się z 10barg do 0,3 barg i są odprowadzane do zbiornika rozprężacza odsolin. Para wtórna powstająca z rozprężania odsolin w zbiorniku rozprężacza doprowadzana jest do odgazowywacza zbiornika wody zasilającej, gdzie oddaje ciepło parowania (kondensacji) i jako kondensat powraca do systemu.

Ciśnienie robocze w systemie odzysku ciepła odsolin musi być niższe niż ciśnienie w kotle parowym. Dzięki temu podczas prowadzenia procesu odsalania kotła parowego powstaje para wtórna z rozprężania odsolin, której ciepło parowania (kondensacji) możemy wykorzystać niezależnie od wykorzystania ciepła zawartego w cieczy.

Woda o dużej zawartości soli gromadzi się w dolnej części rozprężacza odsolin i jest z niego odprowadzana poprzez odwadniacz pływakowy do podgrzewacza wstępnego wody uzupełniającej. Odsoliny oddając w wymienniku ciepła schładzają się, a woda uzupełniająca ulega podgrzaniu, zmniejsza to zużycie pary świeżej doprowadzanej dla podgrzania wody w zbiorniku wody zasilającej oraz w procesie odgazowania.



Rysunek 3 - System odzysku ciepła odsolin - według wymienionych założeń.

Przyjęto, że całkowita zawartość soli (TDS) rozpuszczonych w wodzie uzupełniającej wynosi S_{wu} = 300 mg/l, a limit określony przez producenta kotła parowego dla zawartości soli w wodzie kotłowej S_{wk} = 2000 mg/l. Współczynnik określający ilość kondensatu powracającego w stosunku do ilości produkowanej pary wynosi 0,6 tj. przeciętnie do systemu doprowadza się 40% wody uzupełniającej.

5.2 Obliczenia

Procentowy udział odsolin w wydajności kotła parowego wynosi:

$$A = \frac{1}{1 + \frac{2000 - 300}{(1 - 0{,}6) \cdot 300}} \cdot 100 = 6{,}6\%$$

(zgodnie ze wzorem 1)

W przypadku łącznej średniej wydajności dwóch kotłów równej G=14.000 kg/h oraz procentowego udziału odsolin w wydajności kotła parowego równego A=6,6%, otrzymujemy łączny dla dwóch kotłów średni masowy przepływ odsolin w wysokości:

$$m_A = \frac{14000 \cdot 6{,}6}{100} = 924 kg/h$$

(zgodnie ze wzorem 3)

Odprowadzane z kotłów odsoliny w zbiorniku rozprężacza rozprężają się od ciśnienia 10bar do ciśnienia 0,3 bar, tworząc mieszaninę: pary wtórnej z rozprężacza i wody o zwiększonej

zawartością soli. Ponieważ oddzielnie wykorzystujemy ciepło zawarte w parze z rozprężania odsolin oraz ciepło zawarte w fazie ciekłej, to możemy zapisać:

$$Q = Q_1 + Q_2$$ [wzór 4]

gdzie:
Q całkowity strumień ciepła odsolin [kW]
Q_1 strumień ciepła uwalnianego w parze z rozprężania odsolin [kW]
Q_2 strumień ciepła fazy ciekłej w rozprężaczu [kW]

5.3 Oszczędności z wykorzystania ciepła w parze z rozprężania odsolin

Ilość powstającej pary z rozprężania można wyznaczyć w oparciu o obliczenia strumienia ciepła uwalnianego w procesie rozprężania odsolin.

$$Q_1 = \frac{m_A \cdot (h_{wk} - h_A)}{3600}$$ [kW] [wzór 5]

gdzie:
h_{wk} entalpia wody kotłowej w stanie wrzenia przy ciśnieniu w kotle,
z tablic parowych dla 10 barg h_{wk} = 789 kJ/kg
h_A entalpia odsolin w stanie wrzenia przy ciśnieniu w rozprężaczu
z tablic parowych dla 0,3 barg h_A = 449 kJ/kg

$$Q_1 = \frac{924 \cdot (789 - 449)}{3600} = 87{,}3kW$$ (zgodnie ze wzorem 5)

Ilość odparowującej wody w procesie rozprężania odsolin do ciśnienia 0,3 bar można wyznaczyć w oparciu o wzór:

$$m_{Apar} = \frac{Q_1}{r} \cdot 3600$$ [kg/h] [wzór 6]

gdzie:
r ciepło parowania dla ciśnienia w rozprężaczu
z tablic parowych r=2237 kJ/kg (0,3 barg)

$$m_{Apar} = \frac{87{,}3}{2237} \cdot 3600 = 140{,}5kg/h$$ (zgodnie ze wzorem 6)

Jeżeli wykorzystamy powstającą parę z rozprężania odsolin w systemie parowym np. do podgrzewu i odgazowania wody zasilającej lub podgrzewu wody uzupełniającej, to zmniejszymy zużycie pary świeżej o wartość:

$$m_p = \frac{Q_{1\text{lub}2}}{h'' - h_{wu}} \cdot 3600$$ [kg/h] [wzór 7]

gdzie:
h" entalpia pary nasyconej dla ciśnienia w kotle
z tablic parowych dla 10 barg $h''_{10\text{bar i ts}}$ = 2780 kJ/kg
h_{wu} entalpia wody uzupełniającej (odsoliny zastępowane są wodą uzupełniającą), z tablic $h_{wu\ 10°C}$ = 42 kJ/kg

$$m_p = \frac{87{,}3}{2780 - 42} \cdot 3600 = 114{,}8 kg/h$$ (zgodnie ze wzorem 7)

Ponieważ kocioł pracuje 16 godzin dziennie przez 250 dni w roku oznacza to, iż oszczędzamy **459,2 t/rocznie** pary świeżej, dzięki wykorzystaniu pary z rozprężania odsolin.

Zakładając wartość opałową gazu ziemnego GZ-50 na poziomie W=35500 kJ/Nm^3 oraz sprawność kotła w wysokości η = 90 %, to przy efektywnej zawartości ciepła w parze 10 bar o wartości h"-h_{wu}=2780-42=2738 kJ/kg, ilość paliwa można wyznaczyć w oparciu o wzór:

$$(B/G) = \frac{1000 \cdot (h'' - h_{wu})}{W \cdot \eta}$$ [Nm^3_{gazu}/1t_{pary}] [wzór 8]

$$(B/G) = \frac{1000 \cdot (2780 - 42)}{35500 \cdot 0{,}90} = 85{,}7 Nm^3 / 1t$$ (zgodnie ze wzorem 8)

Przy cenie K_{gazu}= 1,40 PLN / 1Nm^3 gazu ziemnego GZ-50 możemy określić ile kosztuje wyprodukowanie tony pary w opisanej powyżej kotłowni parowej:

K_{pary} = (B/G) •K_{gazu}= 85,7 • 1,40 = **119,98 PLN / t pary**

Biorąc pod uwagę oszczędność roczną 459,2 t/rocznie pary świeżej na skutek wykorzystania pary z rozprężania odsolin, możemy określić wysokość oszczędności finansowych:

Oszczędności z wykorzystania ciepła w parze z rozprężania odsolin =459,2 • 119,98 = **55.095 PLN/rocznie**

5.4 Oszczędności wynikające z odzysku kondensatu pary wtórnej z rozprężania odsolin

Kondensat odzyskiwany dzięki wykorzystaniu pary z rozprężania odsolin w ilości 140,5 kg/h w procesie odgazowania termicznego umożliwia ograniczenie ilości wody uzupełniającej wprowadzanej do systemu parowego, to oznacza uzyskiwanie dalszych oszczędności. Kocioł pracuje 16 godzin dziennie przez 250 dni w roku, co oznacza oszczędność kondensatu w ilości : 140,5 • 16 • 250 = **562,0 t/rok**.
Cena 1 tony wody uzupełniającej może być w przybliżeniu określona w wysokości 10 PLN (zależnie od metody uzdatniania wody + pozyskanie wody + zrzut ścieków).

Oszczędności wynikające z odzysku kondensatu pary wtórnej z rozprężania odsolin =562,0 • 10 = **5.620 PLN / rocznie**

5.5 Oszczędności wynikające z odzysku ciepła z fazy ciekłej rozprężonych odsolin

Odsoliny odprowadzane ze zbiornika rozprężacza w ilości 783,5 kg/h (924 kg/h całkowitej ilości odsolin – 140,5 kg/h pary powstającej z rozprężania odsolin) i temperaturze t_1=107°C, wprowadzane są do podgrzewacza wstępnego wody uzupełniającej dodawanej do zbiornika wody zasilającej.

Maksymalna temperatura odsolin odprowadzanych do kanalizacji nie powinna przekraczać t_2= 40°C. Wykorzystując poniższy wzór można obliczyć, ile pary świeżej można zaoszczędzić przez wykorzystanie ciepła zawartego w fazie ciekłej rozprężonych odsolin w podgrzewaczu wstępnym wody uzupełniającej. Ilość wykorzystywanego ciepła można określić:

$$Q_2 = \frac{(m_A - m_{Apary}) \cdot c \cdot (t_1 - t_2)}{3600}$$ [kW] [wzór 9]

gdzie:
c ciepło właściwe wody 4,19 kJ/kg•K (bez uwzględnienia wpływu zawartości soli)

$$Q_2 = \frac{(924 - 140{,}5) \cdot 4{,}19 \cdot (107 - 40)}{3600} = 61{,}1kW$$ (zgodnie ze wzorem 9)

Oznacza to oszczędności pary świeżej w wysokości

$$m_p = \frac{61{,}1}{2780 - 42} \cdot 3600 = 80{,}3kg/h$$ (zgodnie ze wzorem 7)

Co przy pracy kotła 16 godzin dziennie przez 250 dni w roku da nam oszczędności pary w wysokości **321,2 t pary rocznie**. Oszacowany koszt pary w wysokości 119,98 PLN/t pary umożliwia określenie finansowych oszczędności na kwotę

Oszczędności wynikające z odzysku ciepła z fazy ciekłej rozprężonych odsolin = 321,2 • 119,98 = **38.537 PLN/rocznie**.

5.6 Podsumowanie uzyskanych oszczędności

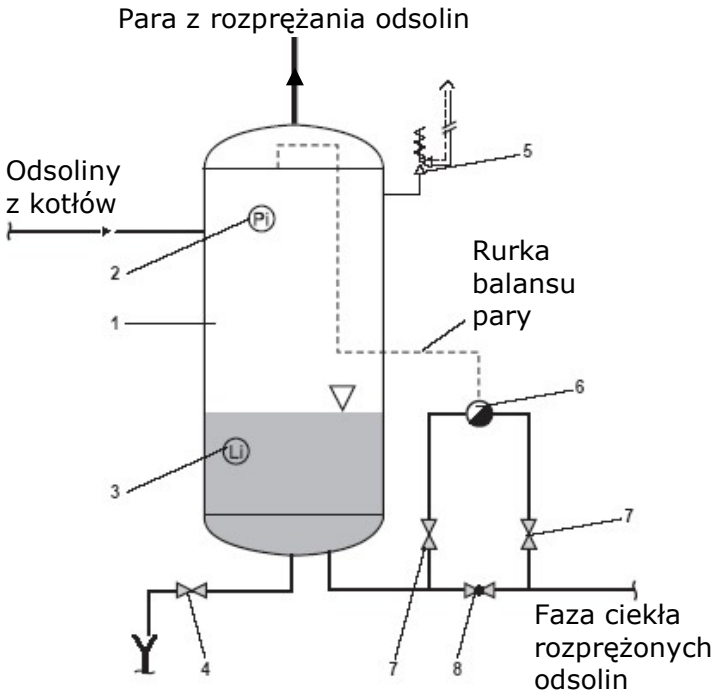
Podsumowując oszczędności uzyskiwane przez zastosowanie proponowanego systemu dla kotłowni z dwoma kotłami uzyskujemy wynik:

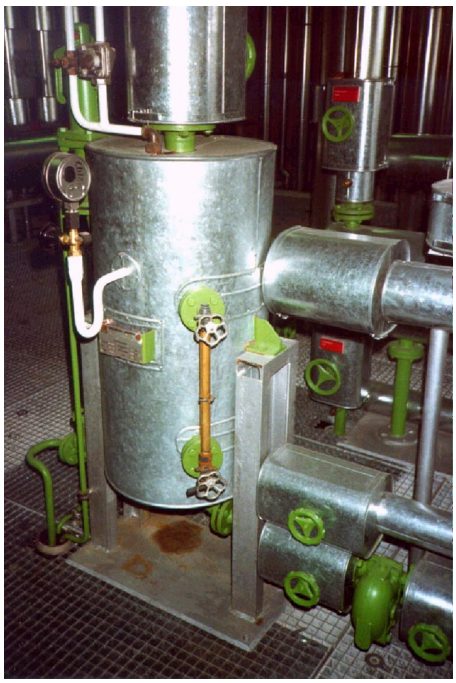
Oszczędności wynikające z wykorzystania ciepła w parze z rozprężania odsolin	55.095 PLN / rok
Oszczędności wynikające z odzysku kondensatu	5.620 PLN / rok
Oszczędności wynikające z odzysku ciepła z fazy ciekłej rozprężonych odsolin	38.537 PLN / rok
Łączna kwota oszczędności uzyskana w wyniku zastosowania proponowanego systemu odzyskiwania ciepła zawartego w odsolinach odprowadzanych z kotłów parowych	**99.252 PLN / rok**

5.7 Wymagane nakłady inwestycyjne na modernizację systemu

Dla uzyskania powyższych oszczędności konieczne jest zbudowanie systemu składającego się z rozprężacza odsolin z osprzętem oraz z węzła cieplnego wstępnego podgrzewu wody uzupełniającej za pomocą fazy ciekłej rozprężonych odsolin.
Dla parametrów przyjętych w założeniach dobrany został rozprężacz z osprzętem ja na rysunku 4:

- rozprężacz VD 0,5barg/111°C o pojemności 200 litrów i średnicy Φ500mm -1 szt.
- manometr 0-1 bar z rurką i zaworkiem manometrycznym – 1 szt.
- wodowskaz z rurką szklaną dystans 500mm – 1 szt.
- zawór spustowy kulowy DN25 – 1 szt.
- zawór bezpieczeństwa pełno skokowy DN32/50 $p_{nast.}$=0,5 barg – 1 szt.
- odwadniacz pływakowy DN40 – 1 szt.
- zawory kulowe odcinające odwadniacz DN40 – 2 szt.
- zawór obejścia odwadniacza DN25 z grzybem regulacyjnym – 1 szt.





Rysunek 4 – Rozprężacz odsolin z osprzętem.

Cena katalogowa opisanego wyżej systemu rozprężacza odsolin wynosi ok. 16.800,-- PLN.

Koszt układu odzysku ciepła z fazy ciekłej rozprężonych odsolin składający się z wymiennika ciepła np. typu JAD z osprzętem dla omawianego powyżej systemu wyniesie ok. 7.600,--PLN

Koszty dodatkowych odcinków rurowych i wykonania systemu (trudny do oszacowania bez dokładnej znajomości obiektu i specyficznych uwarunkowań) zakładamy dla omawianego powyżej systemu na poziomie 8.000,--PLN.

Co oznacza szacunkowy koszt nakładów na modernizację w wysokości **32.400,--PLN**.

5.8 Prosty okres zwrotu nakładów poniesionych na modernizację

Prosty okres zwrotu (SPBT) związany z realizowaną modernizacją wyznaczamy ze wzoru:

$$SPBT = \frac{I}{P - K}$$ [wzór 10]

gdzie:
I łączny koszt nakładów poniesionych na modernizację (PLN)
P łączna kwota rocznych oszczędności uzyskiwanych na skutek wprowadzenia modernizacji (PLN/rok)
K roczne koszty eksploatacyjne związane z modernizacją systemu (PLN/rok)

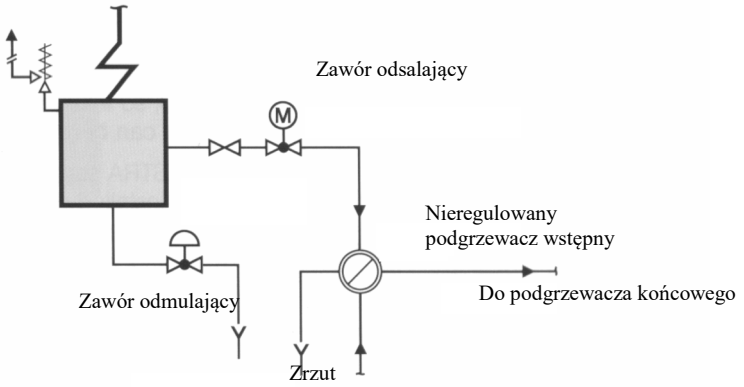
Przy uproszczonym przyjęciu zerowych kosztów eksploatacyjnych związanych ze zmodernizowanym systemem K=0,--PLN/rok, możemy wyznaczyć dla rozpatrywanego przykładu modernizacji prosty okres zwrotu:

$$SPBT = \frac{32.400}{99.252 - 0} = 0{,}33$$ (zgodnie ze wzorem 10)

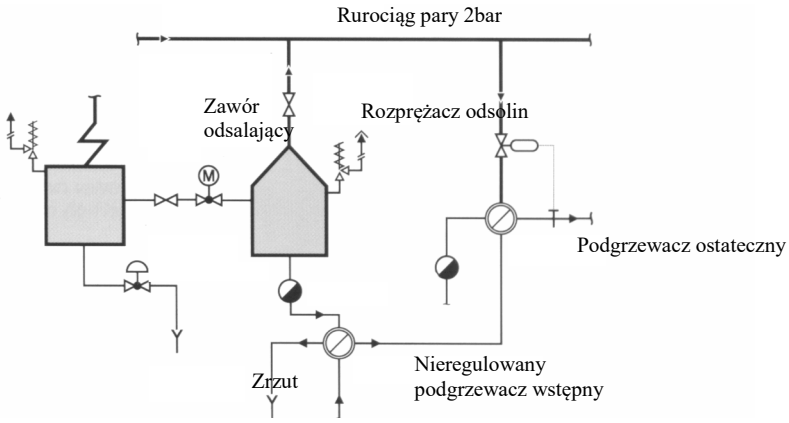
Co można zinterpretować następująco:
Inwestycja w modernizację systemu odzysku ciepła z odsolin odprowadzanych z kotłów w opisywanym powyżej przykładzie, zwróci się w czasie krótszym niż 4 miesiące.

5.9 Inne przykłady rozwiązań systemów odzyskiwania ciepła zawartego w odsolinach odprowadzanych z kotła parowego

Inne przykłady propozycji rozwiązań układów odzysku ciepła odsolin pokazano na rysunkach 5 i 6.



Rysunek 5 - mieszanina pary z rozprężania i odsolin doprowadzana jest do nieregulowanego podgrzewacza wstępnego, gdzie część ciepła zawartego w parze z rozprężania i odsolinach jest przekazywana oraz wykorzystywana do podgrzewu czynnika np. olej lub woda (Uwaga: zagrożenie powstawania termicznych uderzeń wodny w podgrzewaczu)



Rysunek 6 - odsoliny rozprężają się w rozprężaczu odsolin, a para powstająca podczas rozprężania wprowadzana jest do niskociśnieniowego systemu parowego. Odsoliny z rozprężacza przepływają do podgrzewacza wstępnego, gdzie odbierane jest ciepło w nich zawarte.

6. Podsumowanie.

W opracowaniu przedstawione zostały korzyści ekonomiczne wynikające z zastosowania systemów odzyskiwania ciepła zawartego w odsolinach, jednakże pamiętać należy, że zalety ekonomiczne rozwiązania to nie wszystko. Ograniczenie zużycia paliwa prowadzi nie tylko do osiągnięcia wymiernych efektów finansowych, prowadzi również do zmniejszenia degradacji środowiska.

Współcześnie coraz większą wagę przykłada się do korzystnego ekonomicznie i ekologicznie wykorzystania ciepła odpadowego (traconego) w systemach pary i kondensatu. W przeszłości ekologiczne aspekty wprowadzane do systemów cieplnych uważano za przeciwne celom ekonomicznym, dzisiaj dzięki szerszemu pojmowaniu wpływu człowieka na środowisko potrafimy łączyć oba te aspekty oraz stosować optymalne z obu względów rozwiązania.

Wiele innych szczegółowych opracowań w zakresie ekonomicznej i bezpiecznej eksploatacji systemów pary i kondensatu znajdzie czytelnik na mojej stronie internetowej: www.szalucki.pl
Serdecznie zapraszam.

Krzysztof Szałucki

tel. 667994413
e-mail: krzysztof@szalucki.pl
www.szalucki.pl