

Ing. Josef Novák, VÚHV

Čištění a zahušťování odpadních kalových vod pomocí flokulačních činidel (poloprovozní zkoušky)

Odpadní kalové vody z hnědouhelného prádla jsou znečištěny přítomností jemných uhlých a jílovitých částic, které se do vody dostávají v průběhu úpravárenského procesu. Tyto vody jsou čerpány do odkaliště, kde dochází k samovolné sedimentaci. Odsazená voda je potom čerpána zpět do provozu prádla. Množství vypouštěných kalů je odhadováno podle potřebného množství užitkové vody na 4500 m³ denně, což za rok představuje cca 1,5 mil. m³ vody. Z tohoto množství asi dvě třetiny činí odsazená a recirkulovaná voda z odkaliště, zbývající jedna třetina je odbírána ze zásobního řádu elektrárny Komořany, která dostává tuto vodu dílem z Dřínovské nádrže, dílem z Nechranické přehrady.

Mimo potřebu této přidávané vody je dosavadní způsob provozování kalového hospodářství závislý na vhodných prostorách pro odkaliště. V současné době používá ÚUK odkaliště Šverma a po jeho naplnění se uvažuje o využití části vyuhleného prostoru lomu Vrbenský. Tento systém je dosud nejvýhodnější a bude provozován zřejmě do té doby, dokud nedojde k většímu průmyslovému zpracování odpadních kalů, např. pro výrobu karbohmogliv.

Kvalita odpadních kalových vod je proměnlivá, jak je patrné z následující tabulky:

pH	5,2	-	5,5
obsah pevné fáze, %	2,3	-	8,3
obsah popela v pevné fázi, A ^d %	50,9	-	52,9
měrná hmotnost pevné fáze, g·cm ⁻³	1,97	-	2,03
podíl zrna, %			
- nad 0,3 mm	0,6	-	1,3
- 0,04 - 0,3 mm	16,2	-	23,7
- pod 0,04 mm	74,9	-	82,9
podíl frakce o h > 2,9; %	1,0	-	2,7

Pevná fáze kalových odpadních vod je složena z uhlých částic (do 10 %) jílovitých částic (kolem 90 %) a zatěžkávadla - kyzových výpalků (do 3 %). Kalové vody obsahují v průměru asi 50 g pevných látek v jednom litru. Lze tedy odhadnout, že množství sušiny pevných látek vypouš-

těných do odkaliště činí cca 68 tis. tun za rok. V současné době jsou tyto sedimentované kaly v malém množství, vzhledem k celkovému objemu kalů, uložených v odkališti, využívány pro výrobu karbohnajiv (výroba cca 1000 tun za rok).

Flokulační činidla

Pro zrychlení sedimentačního procesu, kterým by se získaly jednak zahuštěné kaly, jednak okamžitě voda k recirkulaci, se zkoušelo použití flokulačních činidel, a to nejprve v laboratorním měřítku - sedimentace ve válcích, potom v poloprovozním měřítku v čiřiči vyvinutém ve Výzkumném ústavu chemických zařízení Brno (dále VÚCHZ) a umístěném ve výrobně karbohnajiv na Fortuně v Úpravě uhlí Komořany.

Flokulační činidla jsou převážně syntetické makromolekulární látky řetězové struktury, tvořící ve vodním roztoku gely. Podle konstituce mají ve vodném roztoku různý elektrický náboj a dělí se na: anion-aktivní, kation-aktivní a neionogenní. V zásadě všechna organická flokulační činidla způsobují aglomeraci jemně suspendovaných částic ve vodném prostředí, a tím rychle a účinně oddělí pevné látky od roztoku.

Jediným československým výrobkem je polyakrylamid - PAA vyráběný v Žilině. Zahraničních výrobků je celá řada a od téže obchodní značky je vždy vyráběno více typů anion - i kation aktivních flokulantů, vhodných pro nejrůznější druhy odpadních vod:

Příkladem mohou být například západoněmecká činidla značky Praestol vyráběná asi v 17 typech a zahrnující jak činidla neionogenní, tak anion- i kation-aktivní. Dalšími výrobky jsou činidla značky Synthofloc (12 typů), Sedipur (8 typů), britská činidla značky Decapol, holandská Hercofloc atd.

Společným znakem všech flokulačních činidel je jejich velká účinnost i při malé přídávce (řádově g.m^{-3} vody). Jsou dodávána většinou ve formě granulí a jejich příprava k použití je jednoduchá.

Laboratorními sedimentačními pokusy ve válcích bylo vytypováno nejvhodnější flokulační činidlo pro komořanské kaly, a to výrobek firmy Stockhausen - Praestol 2900. Je to činidlo slabě anionaktivní, účinné v rozmezí pH 1 - 12. Je dodáváno v práškovitém stavu a pro flokulaci používáno v koncentraci 0,05 %.

Ověření laboratorních pokusů se provádělo v poloprovozním čiřiči,

vyvinutém ve VÚCHZ Brno. Poloprovozní linka byla sestavena v objektu výroby karbohnójiv na Fortuně v ÚUK, kde bylo vyzkoušeno zahušťování odpadních kalových vod z prádla pomocí tohoto flokulačního činidla.

Poloprovozní čířič VÚCHZ Brno

Schéma poloprovozního čířiče je uvedeno v příloze č. 1.

Technické parametry:	průměr	2,00 m
	výška	3,00 m
	objem	9,40 m ³
	plocha v úrovni slivu	3,14 m ²

Čířič má tvar válce, jehož vnitřní prostor je rozdělen přepážkou, tvořenou kuželovými plochami, která dosedá svým horním okrajem na vnitřní stěnu pláště čířiče a vymezuje mezi pláštěm a přepážkou prostor, směrem dolů se zvětšující. Do tohoto prostoru v horní části ústí 3 tangenciální přívody čištěné vody a 6 přívodů flokulantu. V tomto flokulačním prostoru, kde je velká rychlost přiváděné vody, dochází k promíchání vody s přidávaným flokulantem. Prostor se směrem dolů rozšiřuje, rychlost pohybu vody se plynule zpomaluje a nastává vyvločkování. Přepážka má příznivý vliv na stabilitu kalového mraku, který se udržuje ve vnitřním prostoru čířiče.

Hladinu kalového mraku je možno udržovat v libovolné výšce - je možno tedy libovolně měnit objem prostoru kalového mraku a prostoru slivu podle požadavku na jakost slivu a stupeň zahuštění.

Dno čířiče je mírně ukloněné směrem ke středové jímce, do které je sedimentovaný kal shrabován pomalu se otáčejícím shrabovákem s odvodňovacími rameny. Ze středové jímky je kal periodicky odčerpáván kalovým čerpadlem.

Poloprovozní linka

Schéma poloprovozní linky je uvedeno v příloze č. 2.

Napojení bylo provedeno odbočkou z hlavního potrubí, kterým jsou odpadní kaly dopravovány do odkaliště Šverma. Vyčištěná voda byla odváděna z přepadu čířiče samospádem do kanalizace. Zahuštěné kaly byly odčerpávány periodicky kalovým čerpadlem do zásobní jímky kalů pro výrobu karbohnójiv.

Pracovní roztok flokulantu se připravoval v míchačce, odkud se pře-

čerpával do zásobní nádrže a dávkovacím čerpadlem vstříkoval do číři-
če. Sedimentované kaly na dně čířiče byly shrnovány do středové jínky
hrablem, otáčejícím se rychlostí 2 ot/min. Výška hladiny kalového mra-
ku byla sledována pomocí fotoelektrického čidla, které zapínáním a vy-
pínáním kalového čerpadla udržovalo hladinu mraku v předem zvolené výš-
ce.

Poloprovozní zkoušky

Poloprovozní zkoušky byly prováděny v ranních a odpoledních smě-
nách podle provozu prádla. Nevýhodné bylo někdy značné kolísání tlaku
v hlavním kalovém potrubí, které se projevovalo kolísáním průtočného
množství vody čířičem. Mimo to docházelo k zanášení ventilu regulují-
cího přívod odpadních kalů, takže bylo dosti obtížné udržovat v průbě-
hu zkoušek konstantní množství přiváděné odpadní vody do čířiče.

V průběhu zkoušek bylo sledováno:

- a) množství přiváděných odpadních kalů do čířiče
- b) kvalita přiváděných odpadních kalů
- c) kvalita vyčerené vody
- d) kvalita zahuštěného kalu
- e) množství dávkovaného flokulačního činidla.

Proces flokulace kalu, jeho sedimentace a s tím související nut-
nost odčerpávat zahuštěný kal kalovým čerpadlem, byl sledován podle
výšky rozhraní čisté vody a sedimentujícího kalu. Nevhodný a poruchový
způsob (ucpávání hadiček) sledování výšky rozhraní pomocí stále vyté-
kajícího tenkého proudu vody ze dvou pevných vzorkovacích míst, umís-
těných v různých výškách čířiče byl nahrazen účinným fotoelektrickým
čidlem, které indikovalo v libovolně nastavené výšce zakalení vody,
způsobené vzestupem sedimentujícího flokulovaného kalu. Dosažení pře-
dem nastavené výšky rozhraní bylo impulsem k zapojení kalového čerpad-
la. Hladina rozhraní je v neustálém mírném vlnitém pohybu, který by
způsobil v okamžiku dosažení úrovně čidla střídavé zapínání a vypí-
nání kalového čerpadla. Byl proto připojen k ovládací skřínce čidla ča-
sový spínač, který při první indikaci rozhraní ponechal kalové čerpad-
lo v činnosti po předem nastavenou dobu. Po uplynutí této doby se po-
dle výšky rozhraní kalové čerpadlo vypnulo nebo zapnulo na další časový
úsek.

Toto kontrolní a regulační zařízení, zhotovené ve spolupráci s elektrooddělením útvaru měřicí techniky VÚHU sestává ze zdroje světla a snímacího prvku - fotoodporu, umístěných pohyblivě na rameni, ponořeném do čířiče. Tyto jsou potom připojeny k ovládací skřínce, která umožňuje mimo kontrolu funkce připojení zvukového či optického signálu, připojení měřicího přístroje pro plynulou kontrolu zahuštění a připojení ovládacího prvku kalového čerpadla. Schéma je uvedeno v příloze č. 3.

Výsledky poloprovozních zkoušek

Vlastní poloprovozní zkoušky sledovaly vliv přídavku flokulantu Praestolu 2900 na čistotu odtékající vyčiřené vody a na obsah pevné fáze v zahuštěných kalech, v závislosti na různém množství přitékající odpadní kalové vody. Dávkování flokulantu bylo 30 g Praestolu na 1 m³ odpadních kalových vod. Dávka byla stanovena na základě laboratorních sedimentačních zkoušek jako maximální přídavek pro získání nejvyššího zahuštění.

Výsledky těchto zkoušek jsou uvedeny v následující tabulce:

přítok vody	l.s ⁻¹	1	2	3	4
	m ³ .h ⁻¹	3,6	7,2	10,8	14,4
plošné zatížení	m ³ .m ⁻² .h ⁻¹	1,15	2,29	3,44	4,59
obsah pevné fáze v přívodu	g.l ⁻¹	48,5	50,8	54,6	41,1
ve vyčiřené složce	mg.l ⁻¹	74,3	69,0	98,0	80,7
v zahuštěném kalu	g.l ⁻¹	242,1	182,8	173,6	182,6

Byly rovněž sledovány hodnoty vstupní odpadní vody a zahuštěného kalu. Zrnitostní složení, obsah popela a skutečná měrná hmotnost jsou uvedeny v následující tabulce:

Charakteristika pevné fáze vstupní odpadní vody:

mm	%	A ^d (%)	dr ^d (g.cm ⁻³)
> 0,3	2,67	12,87	
0,3 - 0,2	2,55	18,87	
0,2 - 0,1	6,06	22,17	
0,1 - 0,06	6,44	23,89	
0,06 - 0,04	3,77	27,38	
< 0,04	78,51	55,97	
	100,00	48,68	1,86

Charakteristika pevné fáze zahuštěného kalu:

mm	%	A^d (%)	dr^d ($g \cdot cm^{-3}$)
> 0,3	2,62	16,02	
0,3 - 0,2	4,22	17,95	
0,2 - 0,1	11,55	33,30	
0,1 - 0,06	10,85	55,87	
0,06 - 0,04	5,89	56,22	
< 0,04	64,87	57,55	
	100,00	51,62	1,95

Z výsledků, získaných při poloprovozních zkouškách vyplývá, že tímto způsobem lze dosáhnout velmi kvalitní vody vhodné k recirkulaci, která i při nejvyšším zkoušeném plošném zatížení obsahovala méně než 100 mg pevných látek v jednom litru. Zahuštění kalů klesalo se zvyšujícím se plošným zatížením. Nejvyššího zahuštění se dosáhlo při nejnižším plošném zatížení, a to asi $240 g \cdot l^{-1}$. Ani tato hodnota by však nedostačovala pro přímé využití zahuštěných kalů pro výrobu karbolm-jiv, kde je požadován obsah asi dvakrát vyšší.

V další části poloprovozních zkoušek byl zjišťován účinek přidávku flokulantu $10 g \cdot m^{-3}$ vody. Vzhledem k tomu, že zahuštění bylo malé a sliv nekvalitní, bylo v závěru zkoušek vyzkoušeno předávkování flokulantu.

Výsledky jsou shrnuty v tabulce:

přítok vody	$l \cdot s^{-1}$	3	2	2
	$m^3 \cdot h^{-1}$	10,8	7,2	7,2
plošné zatížení	$m^3 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$	3,44	2,29	2,29
dávkování flokulantu	$g \cdot m^{-3}$	10,0	40,0	50,0
obsah pevné fáze				
v přívodu	$g \cdot l^{-1}$	56,8	44,5	49,2
ve vyčiřené složce	$mg \cdot l^{-1}$	249,0	51,0	31,0
v zahuštěném kalu	$g \cdot l^{-1}$	152,0	215,0	230,0

Z výsledků získaných při těchto poloprovozních zkouškách vyplývá, že dávkování $10 g \cdot m^{-3}$ poskytuje málo kvalitní vyčiřenou vodu a nízké zahuštění, zatímco předávkování má hlavně vliv na kvalitu vyčiřené vody.

Poloprovozní zkoušky ukázaly, že odpadní kalové vody lze čistit pomocí flokulačních činidel a získávat okamžitě čistou vodu pro recir-

kulaci. Zahuštění kalů není však postačující pro potřeby výroby karbohnojiv.

Zavedení tohoto procesu do praxe není zatím aktuální nyní, když jsou k dispozici dostatečné odkalovací prostory a dostatek vody (pouze jedna třetina celkového potřebného množství vody pro ÚUK je odebírána z vodohospodářské sítě). Hlavní položkou nákladů na flokulaci je cena a množství potřebného flokulačního činidla.

Při praní hnědého uhlí by bylo zvýšení nákladů za použité flokulační činidlo při dávkování $20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ a při ceně 60,- Kčs za 1 kg flokulačního činidla na jednu tunu vsázky asi o 0,45 Kčs.

Cena flokulačního činidla potřebného na úpravu 1 m^3 odpadní kalové vody je 1,20 Kčs. Pro úpravu celého množství vody ($1,5 \text{ mil. m}^3$) by tato částka činila cca 1,8 mil. Kčs.

Závěr

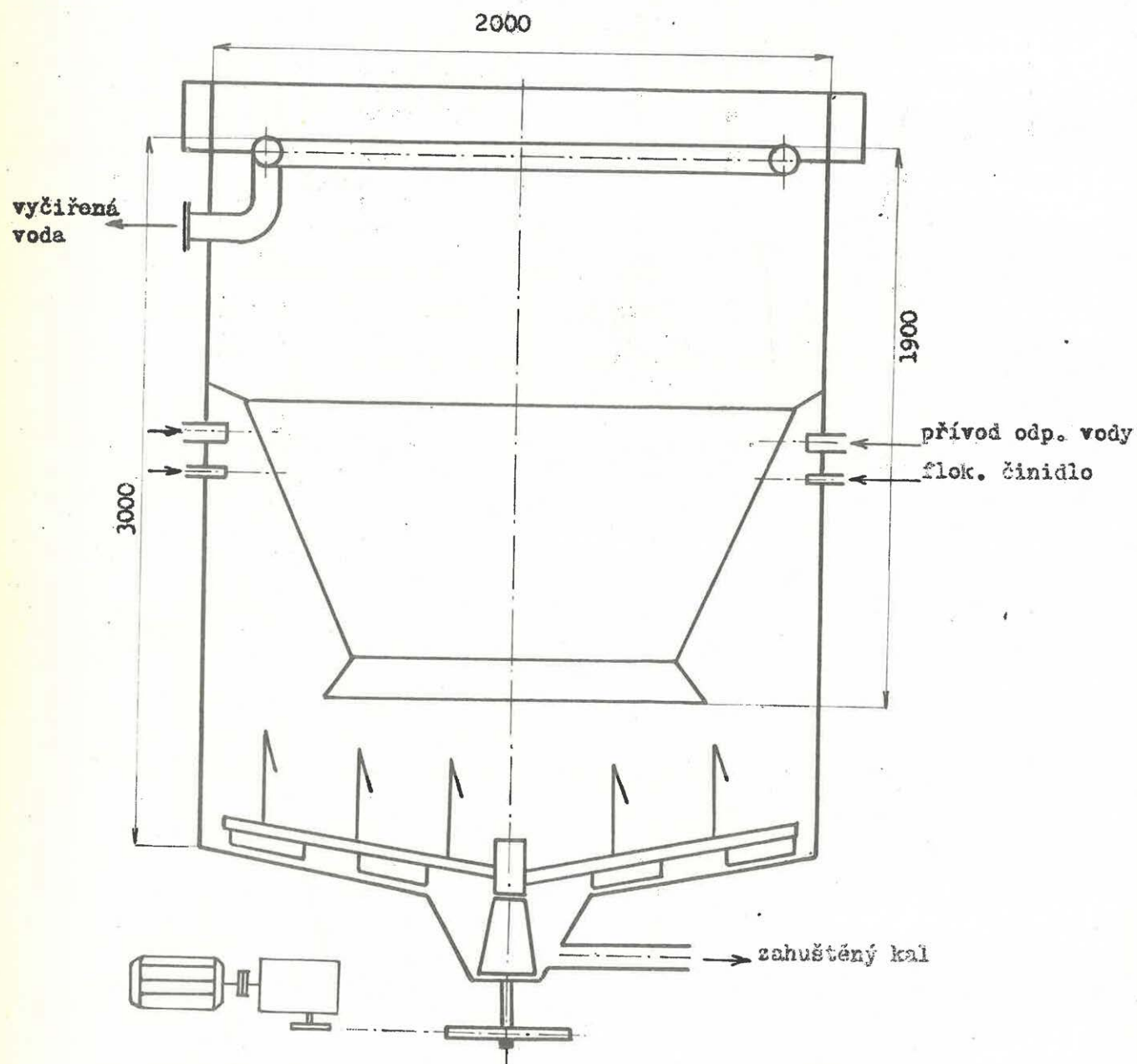
Na poloprovozní lince, vybudované v objektu karbohnojiv Fortuna v ÚUK se provedly zkoušky čištění odpadních kalových vod z prádla ÚUK a s tím související zahušťování kalů pomocí flokulačního činidla Praestol 2900. Je to syntetické, makromolekulární, slabě anionaktivní činidlo vyráběné na bázi derivátů akrylamidu firmou Stockhausen v Krefeldu, NSR.

Výsledky těchto zkoušek prokázaly účinnost flokulačního činidla na čištění odpadních kalových vod a získávání vyčiřené vody o nízkých ukazatelích znečištění podle vodohospodářských norem a zcela vyhovující pro další průmyslové použití.

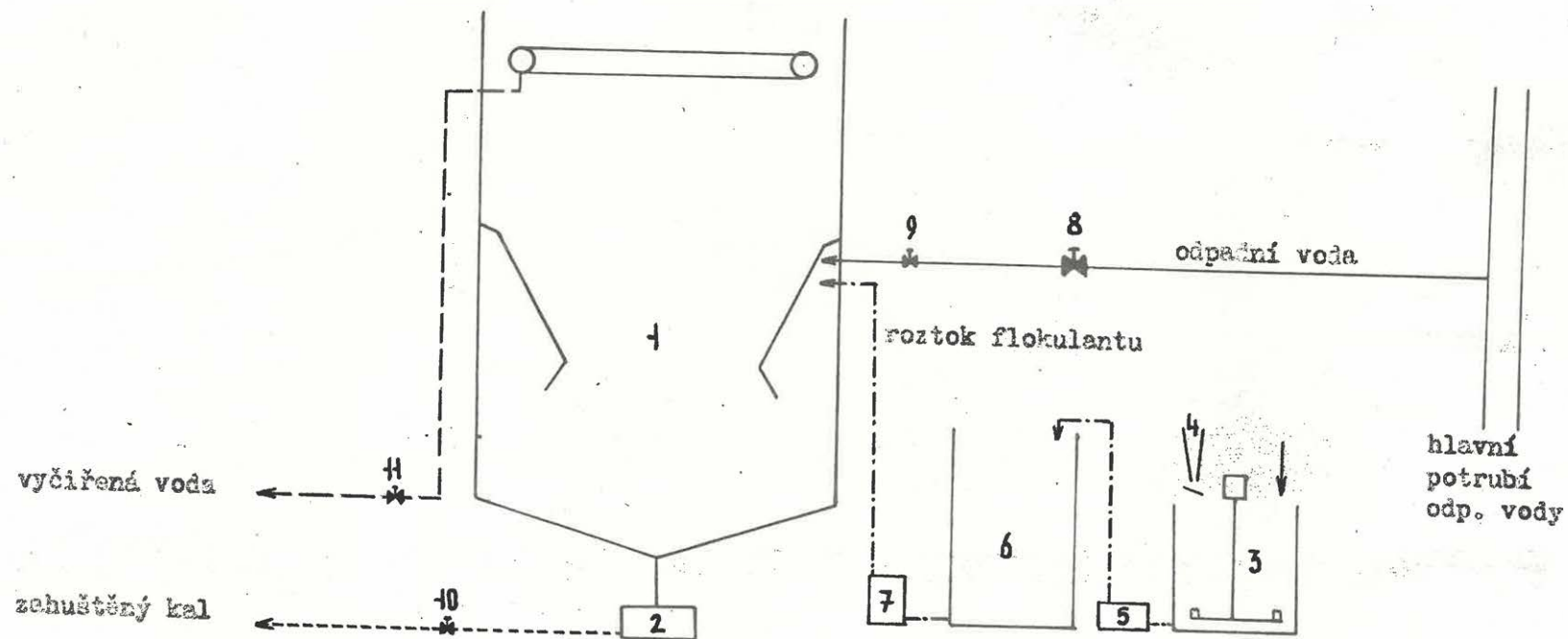
Na základě provedených zkoušek lze konstatovat, že úprava odpadních kalů pomocí flokulačních činidel by zvýšila provozní náklady na rozdružování jedné tuny hrubého hnědého uhlí o zhruba 0,45 Kčs na tunu, pouze jejich nákupem.

Literatura

1. Výzkum kontinuálního odlučovače pro kalné vody z uhelných prádel, závěrečná zpráva úkolu, VÚHU Most, 1972
2. Aplikace použití čističe VÚCZ pro čištění klušinových vod z uhelných prádel, zpráva úkolu, Výzkumný ústav chemických zařízení Brno, 1969

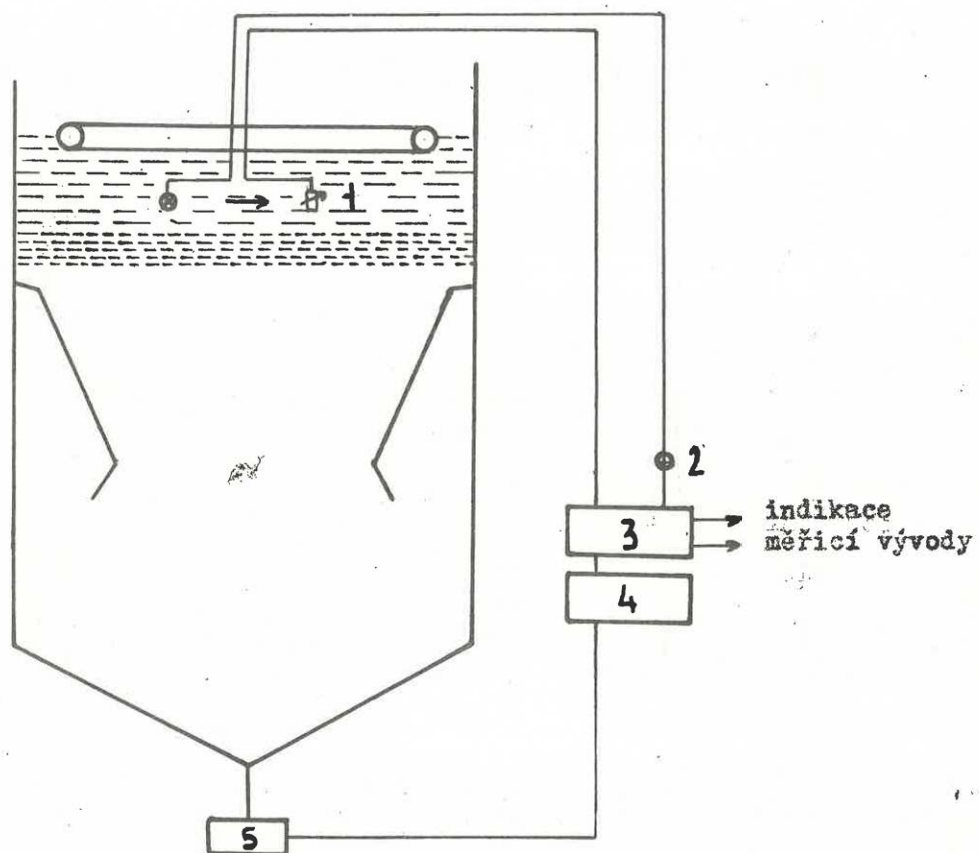


Obr. 1 - Poloprovozní čířič VÚCHZ



- 1 polopřevodní čířič
- 2 kalové čerpadlo
- 3 rozpouštěcí nádrž
- 4 podavač flok. činidla
- 5 čerpadlo
- 6 zásobní nádrž flok. činidla
- 7 dávkovací čerpadlo
- 8 šoupátko
- 9 odběr vzorků přívodu odp. vody
- 10 zahuštěného kalu
- 11 vyčiřené vody

Obr. 2 - Schéma zapojení polopřevodní linky



- 1 světelný zdroj a fotoodpor
- 2 kontrola světelného zdroje
- 3 transistorové relé
- 4 spínací hodiny
- 5 kalové čerpadlo

Obr. 3 - Schéma zapojení čidla rozhraní