

Nasazení hyperboloidních míchadel v různých fázích úpravy vody

Mgr. Petr Holý¹⁾; Ing. Pavla Halasová¹⁾; Ing. Vladimír Jonášek¹⁾;
Ing. Jozef Dunaj²⁾; Ing. Štefan Truchlý³⁾

¹⁾ CENTROPROJEKT a.s., Štefánikova 167, 760 30 Zlín, e-mail: invent@centroprojekt.cz

²⁾ Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s., HS VSS-K, ÚV Stakčín, 067 61 Stakčín, Slovenská republika, e-mail: jozef.dunaj@vodarne.eu

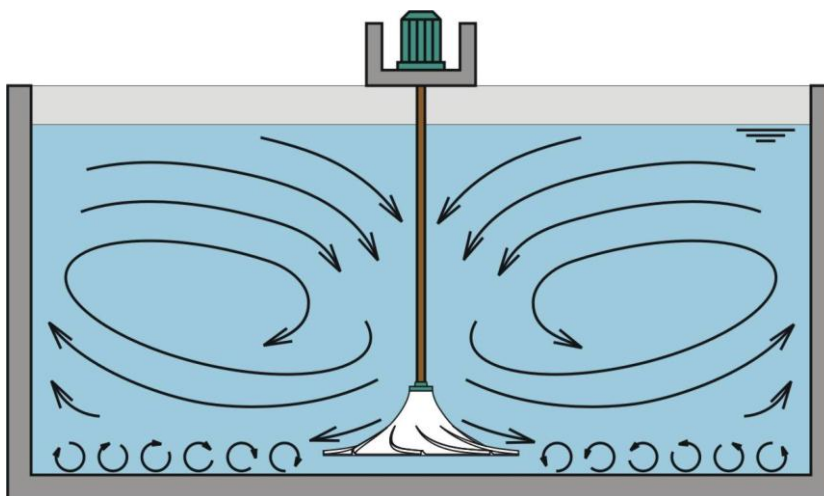
³⁾ Severoslovenské vodárne a kanalizácie, a.s., ÚV Nová Bystrica, 023 05 Nová Bystrica, Slovenská republika, e-mail: stefan_truchly@sevak.sk

Abstrakt

Příspěvek shrnuje dosavadní zkušenosti z provozních testů a provozu hyperboloidních míchadel v různých fázích úpravy vody na několika úpravnách vody v ČR a SR. Od roku 2006 bylo postupně na šesti českých a slovenských ÚV uvedeno do provozu celkem 30 hyperboloidních míchadel. V současnosti jsou tato míchadla používána na čtyřech ÚV v koagulační fázi pomalého míchání, na jedné ÚV k rychlomísení a na dosud poslední ÚV k míchání vápenného mléka. Detailní průběh provozních testů ve fázi pomalého míchání na úpravnách vod Kněžpole, Bzenec Přívoz a Ostrožská Nová Ves byl již prezentován v předešlých letech a zde jsou proto uvedeny především výsledky. Zkušenosti s využitím hyperboloidních míchadel v nádržích rychlomísení a míchání vápenného mléka jsou v rámci ČR a SR zcela nové.

Hyperboloidní míchadla – princip

Hyperboloidní míchadla se za posledních 30 let od jejich příchodu na trh dobře etablovala na světových komunálních i průmyslových ČOV. Jejich míchací efekt je založen na rotujícím hyperboloidním těle s dopravními žebry centrálně u dna nádrže. Vzniklé hlavní proudění je centricky uspořádané s nejvyššími rychlostmi u dna nádrže. Účinně tak zamezují sedimentaci a zaručují homogenitu média. V kombinaci s frekvenčním měničem umožňují plynule reagovat na měnící se potřeby intenzity míchání jednotlivých procesů.



Dlouhodobé provozní testy na ÚV Kněžpole, ÚV Ostrožská Nová Ves a ÚV Bzenec Přívoz

Hyperboloidní míchadla jsou od roku 2006 v provozu na ÚV Ostrožská Nová Ves (kapacita ÚV 240 l/s, 2 míchadla), od roku 2007 na ÚV Kněžpole (kapacita ÚV 126 l/s, 4 míchadla) a na ÚV Bzenec Přívoz jsou všechna míchadla v provozu od roku 2009 (kapacita ÚV 400 l/s, provozní testy proběhly již v roce 2007, 16 míchadel).

Čtyři měsíce dlouhé provozní testy na ÚV Bzenec Přívoz díky možnosti provozu jedné samostatné linky s hyperboloidními míchadly a zbylými linkami s původními pádlovými horizontálními míchadly umožnily tato míchadla vedle sebe porovnat se shodnou vstupní vodou. Hodnocena byla účinnost míchání, samotný proces tvorby vloček a parametry vyčiřené vody. Vločky suspenze byly sledovány pod mikroskopem, dále byly prováděny rozborů obsahu Fe_{celk} , Mn_{celk} , barvy a zákalu ve vyčiřené vodě. V průběhu provozu byl rovněž měřen proud a výpočtem pak byla dopočítána spotřeba elektrické energie jednotlivých míchadel.

Z rozborů koncentrací sledovaných parametrů je patrné, že hyperboloidní míchadla byla v porovnání s pádlovými míchadly účinnější v těchto parametrech vyčiřené vody:

- koncentrace Fe_{celk} nižší průměrně o 0,41 mg/l (tj. cca o 25 % účinnější (z hlediska zbytkového Fe_{celk}))
- koncentrace Mn_{celk} nižší průměrně o 0,10 mg/l (tj. cca o 10 % účinnější – z hlediska zbytkového Mn_{celk})
- zákal - nižší o 8,44 ZF(t) (tj. výsledný zákal cca 20 ZF(t) oproti cca 28 ZF(t))
- barva – nižší průměrně o 3,31 mg/l Pt (tj. výsledná barva cca 18 mg/l Pt oproti cca 21,3 mg/l Pt)

Výpočtem bylo propočteno snížení ročního zatížení filtrů o 2,2 t Fe_{celk} a 0,54 Mn_{celk} a následně v jejich četnosti regenerace.

Hodnoty pH ve flokulacích a usazovacích nádržích byly srovnatelné. Rovněž vločky suspenze, které byly analyzovány pod mikroskopem, byly ve všech flokulacích velikostně srovnatelné.

Součástí provozního testu bylo i ověření způsobů čištění míchadel po 6 měsících provozu. Vzhledem k složení média dochází na všech míchadlech k usazování uhličitanu vápenatého (ve formě kalcitu), hydroxidů železa a manganu. Inkrusty na sklolaminátových tělech míchadel byly v tloušťce cca 3 mm rovnoměrně rozloženy po celém povrchu vč. spodní strany míchadla. Míchací schopnost není těmito úsadami nijak ovlivněna. Čištění míchadel úspěšně probíhá tlakovou vodou v kombinaci s použitím kartáčů a kyseliny citrónové, tedy o mnoho snadněji a rychleji, než u původních pádlových horizontálních míchadel.

Aplikace hyperboloidních míchadel v nádrži rychlého míchání na ÚV Nová Bystrica, Slovensko

ÚV Nová Bystrica dodává pitnou vodu do rozsáhlého skupinového vodovodu Žilina, jenž zásobuje pitnou vodou na 200 tisíc obyvatel v 42 obcích. Zdrojem velmi kvalitní surové vody pro úpravnu je vodárenská nádrž Nová Bystrica s celkovým objemem 34 mil. m³, vybudovaná na řece Bystrica pod soutokem potoků Harvelka a Riečnica. Nádrž byla vybudovaná v letech 1983 - 1989 na toku Bystrica.

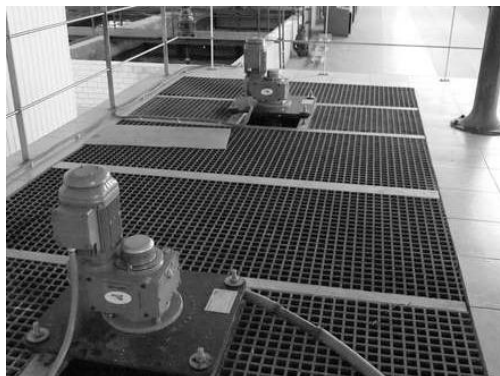
Technologie úpravy vody zahrnuje proces vodárenské koagulace pomocí kapalného polyaluminiumchloridu, separace utvořené suspenze sedimentací v usazovacích nádržích s gravitačním dnovým odkalením, filtrace na otevřených pískových rychlofiltrech, stvrzování vody dávkováním vápenného mléka a následně hygienické zabezpečení oxidem chloričitým připravovaným z chloritanu a kyseliny chlorovodíkové. V současné době úpravna dodává do spotřebiště cca 200 l/s pitné vody.

Hlinitý koagulant je dávkován do první ze dvou rychlomísicích komor, každá o objemu 15,2 m³ a vystrojená míchadly. Homogenní směs upravované vody a hlinitého koagulantu opouštějící rychlomísicí komory je následně rozdělena do jednotlivých flokulačních zón, každá o objemu cca 40 m³.

V červnu 2011 byl objekt rychlého míchání renovován. Původní dvě rotační vertikální míchadla (obr. 1 a 2), každé o instalovaném výkonu motoru 3,55 kW byla nahrazena dvěma míchadly hyperboloidními (obr. 3 a 4), každé o čtvrtinovém instalovaném výkonu motoru 0,75 kW, energetickém vnosu 38,1 W/m³, 32 ot/min, rychlostním gradientu 194 s⁻¹ a čerpací schopnosti míchadla 1,7 m³/s. Dosavadní zkušenosti s novými míchadly jsou zatím veskrze pozitivní. Výměnou míchadel získal provozovatel tichá, spolehlivá, vysoce účinná a přitom energeticky úsporná míchadla s minimálními požadavky na údržbu.



Obr. 1 a 2: ÚV Nová Bystrica, rychlomísení před renovací s rotačními vertikálními míchadly



Obr. 3 a 4: ÚV Nová Bystrica, renovace rychlomísicích komor, instalace hyperboloidních míchadel

Aplikace hyperboloidních míchadel v nádrži přípravy vápenného mléka na ÚV Stakčín, Slovensko

ÚV Stakčín, s projektovanou kapacitou 1 000 l/s, je na Slovensku největší úpravnou povrchové vody. Dodává pitnou vodou do rozsáhlého skupinového vodovodu Starina - Košice, což dnes představuje asi 400 000 obyvatel východoslovenského regionu. Zdrojem kvalitní surové vody pro úpravnu je Vodárenská nádrž Starina s celkovým objemem 59,8 mil. m³, vybudovaná na horním toku řeky Cirochy.

Technologie úpravy vody se zde mění v průběhu roku v závislosti na kvalitě surové vody. Po většinu období, kdy kvalita vody ve vodárenské nádrži není ovlivněna mimořádnými událostmi jako např. jarním táním sněhu nebo při vydatném dlouhodobém dešti postačuje jednostupňový vodárenský úpravárenský proces. Do potrubí do statického mísiče se dává kapalný koagulant síran železitý a pro úpravu pH vápenná voda. Samotný proces flokulace probíhá ve flokulačních nádržích vystrojenými pádlovými vertikálními míchadly. Separace utvořené suspenze probíhá filtrací na otevřených pískových rychlofiltrech. Pouze při zhoršení kvality surové vody při mimořádných událostech (např. zvýšení zákalu nad 25 NTU) se předřadí před filtraci galeriové čističe. Přefiltrovaná voda se následně hygienicky zabezpečuje chlorem.

Na podzim 2011 byl objekt přípravy vápenného mléka renovován. Objekt je řešen ve dvou linkách a to díky nutnosti pravidelného čištění nádrží od vápenných inkrustů po cca 3 měsících provozu. Součástí renovace byla i výměna původních dvou poruchových horizontálních pádlových míchadel o výkonu motoru 1,5 kW v každé z rozpouštěcích nádrží vápenného mléka (obr. 5) a za čtyři hyperboloidní míchadla, každé o instalovaném výkonu motoru 0,75 kW (avšak skutečným příkonem pouze 0,29 kW), pracující při 46 ot/min, energetickém vnosu 14,1 W/m³ a čerpací schopnosti míchadla 0,7 m³/s.



Obr. 5 *ÚV Stakčín - nádrž vápenného mléka před renovací, horizontální pádlová míchadla po čištění*



Obr. 6 *ÚV Stakčín - hyperboloidní míchadlo nádrže vápenného mléka po 3 měsících provozu (před čištěním)*

Pod hladinou nejsou, oproti původnímu řešení, žádná mechanická ložiska ani jiné součásti citlivé na zanášení vápennými inkrusty. Hyperboloidní míchadla se rovněž úspěšně vyrovnala s nerovným dnem původně konstruovaným pro horizontální pádlová míchadla a podle stávajících výsledků dokonce lépe. Po cca 3 měsících provozu jedné nádrže s novými hyperboloidními míchadly byla jedna nádrž vypuštěna pro pravidelné čištění. V nádrži se nevyskytovala místa s abnormálně vysokou vrstvou vápenných sedimentů, naopak povrch nádrže, těla míchadel a hřídelí byl pokryt velmi rovnoměrnou, cca 3 mm tlustou vrstvou vápenných inkrustů, za čerstva proudem vody či jinak snadno mechanicky odstranitelné (obr. 6). Výsledky tak potvrzují výborné homogenizační vlastnosti hyperboloidních míchadel.

Oproti původnímu řešení, kdy nárůst inkrustů dosahoval téměř po jednotlivé lopatky míchadel, je tak výrazně snížena pracnost při čištění nádrže. Vlastní provoz je nyní tichý, těla míchadel jsou s hladkým, snadno čistitelným povrchem a pohonem umístěným nad hladinou na pochozí ploše, snadno přístupným obsluze pro obvyklou kontrolu (obr. 7).



Obr. 7 *ÚV Stakčín – pohled shora na pochozí plochu jedné nádrže vápenného mléka po rekonstrukci - s pohony hyperboloidních míchadel*

Závěr

Výsledky uvedených provozních testů přinášejí v závislosti na technologickém uspořádání následující poznatky:

- 1) použití hyperboloidních míchadel v pomalém míchání přináší oproti původním pádlovým míchadlům stejně dobře či spíše lépe separovatelné vločky. S tím je spojené nižší zatížení filtrů a finanční úspora při jejich jinak nákladné regeneraci,
- 2) použití hyperboloidních míchadel v rychlém koagulačním mísení nabízí plnohodnotnou alternativu obvyklým způsobům mísení,
- 3) použití hyperboloidních míchadel v nádržích vápenného mléka, vápenné vody, případně při pomalém míchání s přísadkou Ca(OH)_2 má za výsledek výbornou homogenitou, s nižším množstvím vápenných usazenin a inkrustů.

Ve všech uvedených vodárenských koagulačních aplikacích byly oproti stávajícím pádlovým míchadlům instalovány pohony s nižším výkonem (ve výši 25 % oproti původnímu řešení i nižším), pouze v nádržích míchání vápenného mléka jsou hyperboloidní míchadla se shodným jmenovitým příkonem jako původní řešení, nicméně skutečný příkon činní pouze 1/3 jejich jmenovitého výkonu. Přes výše uvedené rozdíly ve jmenovitých výkonech je třeba konstatovat, že skutečnou spotřebu elektrické energie bylo možné porovnat se stávajícím řešením pouze v rámci provozních testů v roce 2007 na ÚV Bzenec Přívoz. Spotřeba elektrické energie hyperboloidních míchadel zde představovala pouze necelých 20 % spotřeby původních pádlových míchadel, což na jedné lince představuje při ceně 2 Kč za 1 kWh roční úsporu 265 000,- Kč, na všech 4 linkách (pokud by ÚV byla provozována celý rok na její plnou kapacitu) pak přes 1 mil Kč/rok.

Kromě výše uvedených přínosů je možno ještě zmínit výbornou homogenitu míchaného média, dlouhou životnost pohonů a vlastních těl míchadel, snadnou údržbu pohonu nad vodou, nižší náročnost čištění těla míchadla a tichý a klidný chod. Za pomoci frekvenčních měničů je pak možno okamžitě reagovat na změny průtoku či přesně nastavit rychlost otáčení pro optimální tvorbu dobře separovatelných vodárenských vloček.

Uvedené provozní a poloprovozní testy v praxi potvrzují vhodnost nasazení hyperboloidních míchadel jak ve fázi pomalého koagulačního míchání, tak i ve fázi rychlého míchání a míchání vápenného mléka.

Hyperboloidní míchadla, která se v předchozích desetiletích osvědčila po celém světě především na ČOV, dokážou tedy i provozovatelům ÚV plně nabídnout své výhody.