

Eksperimentalna hidravlična analiza vtočnih razmer črpalk za hladilne stolpe

Gregor Žvab^{1,*} – Gregor Lapuh²

¹ Kolektor-Turboinštitut d.o.o., Slovenija

² Nuklearna elektrarna Krško, Slovenija

Hlajenje kondenzatorja v elektrarnah s pretočno vodo velja za najgospodarnejšo in najboljšo termodinamično rešitev. Za visoko razpoložljivost, visok izkoristek in varnost postrojenja morajo črpališča v hladilnem sistemu delovati brezhibno. Pojav intenzivnih vrtincev na vstopu v sesalno ustje črpalke lahko dolgoročno poškoduje vitalne dele črpalke in celo privede do odpovedi. V konkretnem primeru v elektrarni so bili na hladilnem sistemu na črpališču za hladilne stolpe že dlje časa opaženi nedovoljeni površinski vrtinci na vtokih črpalk. Intenziteta vrtincev v skladu s standardom ANSI/HI ni bila sprejemljiva za varno obratovanje črpališča, hkrati pa so bile izmerjene tudi povišane vibracije na črpalkah, ki bi lahko bile posledica omenjenih razmer na vtokih črpalk. Za zanesljivost obratovanja je bilo treba za ustrezno sanacijo podrobno poznavanje hidravličnih razmer na črpališču.

V članku je predstavljena eksperimentalna hidravlična analiza, na podlagi katere smo modelirali razmere v naravi (na črpališču) v pomanjšanem merilu 1 : 16 v laboratoriju. Laboratorijske meritve na fizičnem modelu predstavljajo glavni del raziskave, ki so omogočile enostavnejše in cenejše opazovanje ter posledično lažjo izbiro ukrepov za izboljšanje hidravličnih razmer v toku. Začetki raziskav vtočnih razmer črpalk pri toku s prosto gladino segajo že v obdobje začetka druge polovice 20. stoletja. Pridobljena teoretična in eksperimentalna znanja so privedla v postopno oblikovanje splošnih navodil, ne nazadnje v izdelavo smernic standarda ANSI/HI, ki jim je sledila tudi naša raziskava.

V eksperimentalnem delu sledi analiza črpališča za hladilne stolpe. Ugotovljene so bile glavne nepravilnosti pri načrtovanju vtočne zgradbe v primerjavi s pozneje izdanimi smernicami ANSI/HI. Uporabili smo brezdimenzijsko analizo. V okviru dovoljenih predpostavk smo zadostili geometrijski, kinematični in dinamični podobnosti. Izvedba modelnega preizkusa je zajemala izdelavo modela in merilne proge, umerjanje modela, izračun merilne negotovosti ter meritve. Glede na obseg modela, smo se omejili le na območje vtočne zgradbe, ki ima prevladujoč hidravlični vpliv na razmere v okolici črpalk. V rezultatih smo predstavili opazovane intenzitete vrtincev, globine potopitve črpalk ter stopnjo vrtinčenja v sesalni cevi črpalk za vse obratovalne režime. Za obstoječe stanje smo pridobili identične tokovne razmere na vtokih črpalk z nastajanjem površinskega vrtinca tipa 6 na enakem območju s podobno intenziteto in frekvenco nastajanja. Razmere smo opazovali in merili tudi za predvideno stanje z vgrajeno zapornico na preliv vtočnega bazena. Nivoji gladin bodo višji, vendar je bilo kljub temu treba poznati razmere za obe stanji. Na podlagi opazovanj in meritev smo uspeli utemeljiti vzrok za nastanek nedovoljenega površinskega vrtinca. S spremembo zasnove geometrije vtočnega bazena je bilo treba nadalje izboljšati tokovne razmere v njem. Omejili smo se na tri ukrepe, ki so bili izbrani na podlagi izkušenj inštituta in priporočil standarda ANSI/HI. Ukrep z vgrajeno podaljšano vmesno steno med črpalki je zagotovil ustrezne tokovne razmere v vtočnem bazenu pri povečanem pretoku skozi črpalki za faktor 1,5 v skladu s smernicami.

V diskusiji smo primerjali vzroke za nastanek površinskega vrtinca na gladini z že izvedenimi raziskavami pri podobnih robnih pogojih na črpališčih. Močan vpliv za nastanek površinskih vrtincev pri zadostni potopitvi črpalk je imel močan bližnji prečni tok glede na os črpalke. Tok kapljevine mora pritekati čim bolj enakomerno in sovpadati z osjo črpalke. V znanstvenem pomenu raziskava potrjuje dobro napoved tokovnih razmer na prototipu na podlagi fizičnega modelnega testa, izvedenega v skladu s smernicami ANSI/HI. Fizični model lahko nadalje uporabimo za različne empirično pridobljene zveze med hidravličnimi in geometrijskimi parametri ter ne nazadnje za validacijo numeričnega modela. V praktičnem pomenu pa smo z raziskavo določili optimalen ukrep za sanacijo črpališča. Pridobljene izkušnje v raziskavi so hkrati prenosljive na črpališča, ki bodo načrtovana s podobno zasnovo geometrije.

Ključne besede: vtočne strukture, fizični hidravlični model, tok s prosto gladino, površinski vrtinci, vertikalne črpalke

*Naslov avtorja za dopisovanje: Kolektor-Turboinštitut d.o.o., Slovenija, gregor.zvab@litostrojpower.eu