

Zasnova in optimizacija dežnikastega ščita s tehnologijo simulacij 3D CFD

Longfei Li¹ – Xin He¹ – Taowei Jiao¹ – Yumeng Xiao¹ – Xipan Wei^{1,2} – Wei Li^{1,*}

¹ Severozahodna univerza A&F, Kolidž za strojništvo in elektrotehniko, Kitajska

² Weichai Power Co., Ltd, Kitajska

Človeštvo že dolgo uporablja škropljenje s pesticidi za nadzor nad škodljivci in plevelom. Pod vplivom zunanjih dejavnikov, kot so naravni vetrovi, pa se večina odloženih pesticidov ne oprime površine rastlin. Namesto tega pronicajo v zemljo in podtalnico, kjer povzročajo hude težave z onesnaženjem okolja. Mehanski ščiti so usmerjevalni pripomočki, ki se vgradijo v bližini škropilnih šob ter predstavljajo ceneno in učinkovito sredstvo za izboljšanje izkoristka pesticidov. Delujejo tako, da s spremembo hitrosti in smeri zračnega toka v bližini škropilnih šob spremenijo trajektorijo kapljic tekočine. Tradicionalne eksperimentalne metode, ki se uporabljajo za vrednotenje zmogljivosti ščitov, so povezane z dolgotrajnimi raziskavami in razvojem, visokimi stroški ter težavami pri vizualizaciji vplivov.

Pričujoča študija naslavlja omenjene izzive z uporabo metode računalniške dinamike fluidov (CFD). Uporabljena je bila programska oprema Ansys za temeljito analizo mehanizmov za preprečevanje drifta, podrobno preučitev zračnih tokov v okolici in konstruiranje visokonatančnega simulacijskega modela. Podrobno so bile preučene aerodinamične lastnosti šestih različnih vrst ščitov in predstavljena je primerjava njihove učinkovitosti pri preprečevanju drifta.

Najboljše rezultate daje ščit v obliki dežnika. Nato je bil postavljen simulacijski model CFD. Po opredelitvi ustreznih parametrov v paketu Fluent je bila opravljena optimizacija dimenzij in delovnih parametrov ščita po metodi odzivnih površin. Pri premeru izstopa $R = 521$ mm, premeru vstopa pomožnega zraka $r = 307$ mm, višini $h = 241$ mm, hitrosti ventilatorja $N = 2700$ obr./min, razdalji med šobo in izstopno ravnino ščita $H = 150$ mm in tlaku škropljenja $P = 0,3$ MPa se je vrednost DR povečala na 77,31 %. Terenski poskusi so pokazali, da se je vrednost DR med konvencionalnim škropljenjem pri hitrosti vetra 5 m/s znižala za 31,9 % v primerjavi s 3 m/s, medtem ko se je vrednost DR pri škropljenju s ščitom pri 5 m/s zmanjšala za samo 3,6 % v primerjavi s 3 m/s, kar dokazuje odlično delovanje mehanskih ščitov.

Rezultati terenskih preskusov se ujemajo z rezultati simulacij CFD. Relativno odstopanje DR med omenjenimi rezultati je bilo znotraj 4 %, s čimer sta bili dokazani točnost in zanesljivost simulacijskega modela CFD. Pričujoča študija ima omejitve kakor vse druge – razmere na polju se stalno spreminjajo, medtem ko so bili pogoji v tej študiji konstantni. Študija v zvezi z dejanskimi aritmetičnimi pogoji ne upošteva trkov in odbojev med kapljicami v meglici in rastlinami.

V prihodnjih raziskavah bo mogoče raziskati sočasno delovanje več škropilnih šob s kombiniranjem interakcij med kapljicami meglice in rastlinami. Članek tako bolj točno razkriva mehanizem delovanja mehanskega ščita z uporabo metode 3D CFD pri snovanju in optimizaciji dežnikastega ščita. Predlagana metoda predstavlja novo praktično uporabo metode CFD za intuitivno preučevanje mehanizmov preprečevanja drifta s ščiti in dodatno izboljšanje njihovega učinka. Metoda je primerna za snovanje in optimizacijo mehanskih ščitov. Z zasnovano in optimizacijo ščita po predstavljeni metodi je mogoče prihraniti veliko časa, naporov in stroškov zaradi zagotovljene natančnosti, to pa prinaša široko uporabnost in solidno teoretično podlago za raziskave mehanskih ščitov.

Ključne besede: mehanski ščit, mehanizem za preprečevanje drifta, računalniška dinamika fluidov, aerodinamične lastnosti, stopnja odlaganja kapljic, metoda odzivnih površin