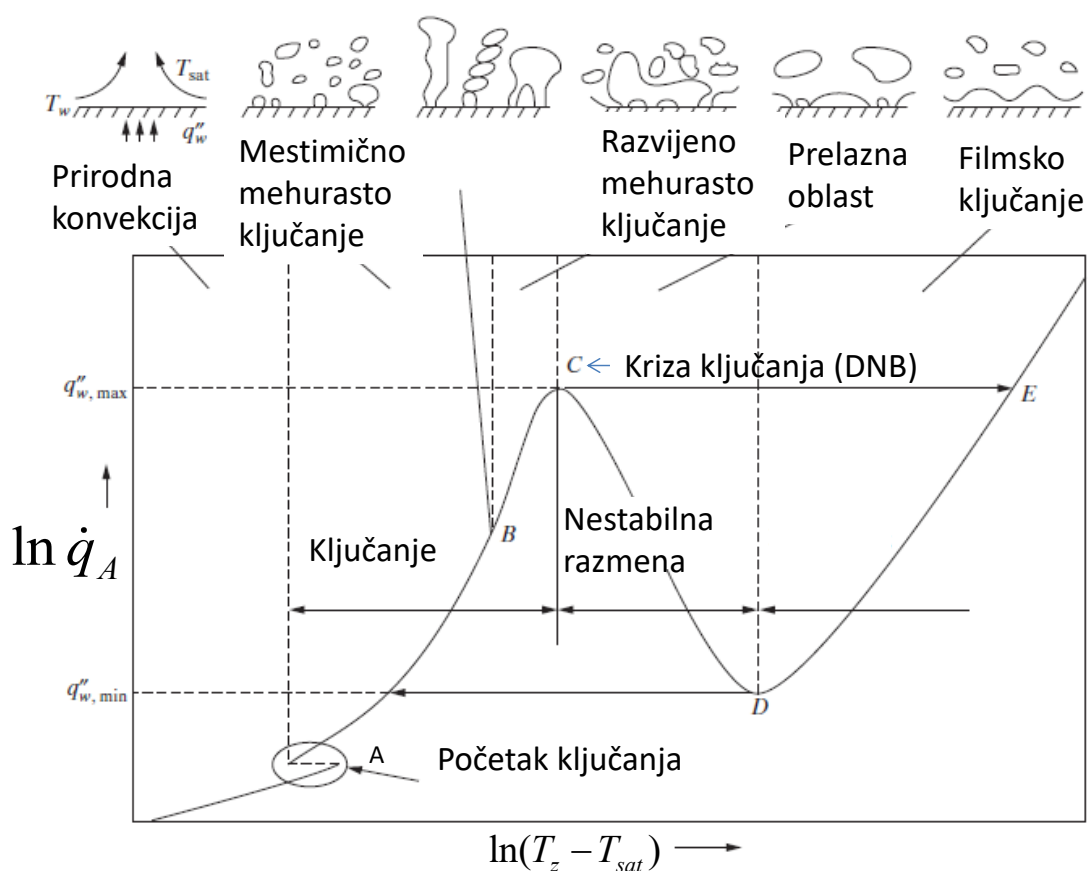


## KRIVA KLJUČANJA

Kriva ključanja u velikoj zapremini tečnosti (naziva se i „bazensko ključanje“) je prikazana na slici 1. Tečnost je u posudi na temperaturi saturacije i greje se preko horizontalnog dna (zida) posude. Pri malom pregrejanju grejnog zida u odnosu na temperaturu saturacije, toplota se predaje tečnosti konvekcijom (oblast levo od tačke A na krivoj ključanja). Sa povećanjem temperature grejnog zida javljaju se mehurovi na pojedinim delovima površine – dolazi do mestimično mehurastog ključanja (oblast između tačaka A i B na krivoj ključanja). Daljim povećanjem temperature zida celokupna površina grejnog zida je prekrivena mehurovima, to je razvijeno mehurasto ključanje (oblast između tačaka B i C na krivoj ključanja). Sa daljim povećanjem temperature grejnog zida, usled intenzivnog ključanja se formiraju parni slojevi na samom zidu i tečnost u manjem obimu kvasi grejni zid. Para je lošiji hladilac od tečnosti, tako da temperatura zida značajno raste, a toplotni fluks se smanjuje (ovo je prelazna oblast i njoj odgovara deo krive ključanja između tačaka C i D). Tačka C označava krizu ključanja jer u njoj sa povećanjem temperature grejnog zida dolazi do smanjenja toplotnog fluksa. Tačka D označava Lajdenfrostovu temperaturu pri kojoj tečnost više ne kvasi grejni zid. Pri većem pregrejanju grejnog zida, formira se stabilan parni sloj na zidu (oblast filmskog ključanja između tačaka D i E). Daljim povećanjem temperature zida, dolazi do njegovog termomehaničkog oštećenja i topljenja. Ukoliko porast temperature zida nije kontrolisan, odnosno ukoliko se ne odvija sporo, što je najčešći slučaj u tehničkoj praksi, pri dostizanju krize ključanja (tačka C), doći će do naglog porasta temperature i iz tačke C se prelazi u tačku E i obrnuto, pri hlađenju se iz tačke E prelazi naglo u tačku C.

Kriza ključanja predstavljena na slici 1 se u stranoj literaturi naziva i DNB od „Departure from Nucleate Boiling“ (odstupanje od mehurastog ključanja) ili kriza razmene toplote prve vrste.

Kriva ključanja može biti predstavljena i kao zavisnost koeficijenta prelaza toplote od pregrejanja zida i ima sličan oblik kao kriva na slici 1. Kriva ključanja prikaza na slici 1 ima sličan oblik i ukoliko se ključanje odvija na zagrejanj žici, cevi ili nekoj drugoj površini. Sličan je oblik krive i ukoliko grejna površina nije horizontalna ili ukoliko je masa tečnost pothlađena.

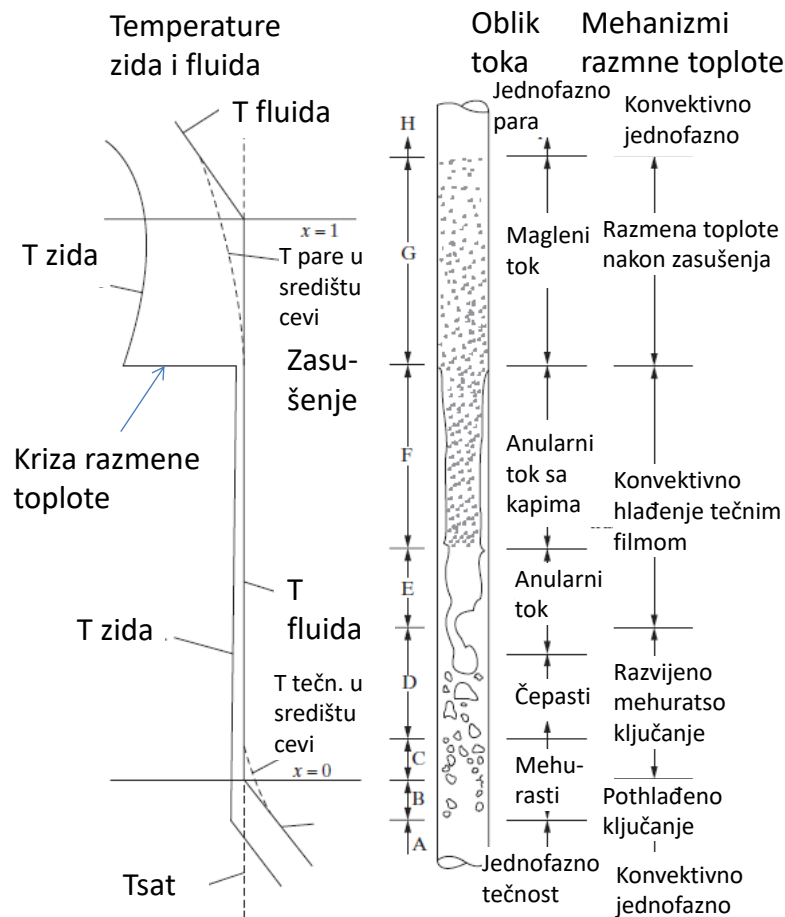


Slika 1 Zavisnost toplotnog fluksa od pregrejanja površine grejnog zida – kriva ključanja ( $T_z$  – temperatura površine grejnog zida,  $T_s$  – temperatura saturacije,  $\dot{q}_A$  – toplotni fluks).

## OBLICI DVOFAZNOG STRUJANJA I MEHANIZMI RAZMENE TOPLOTE U ISPARIVAČKOM KANALU

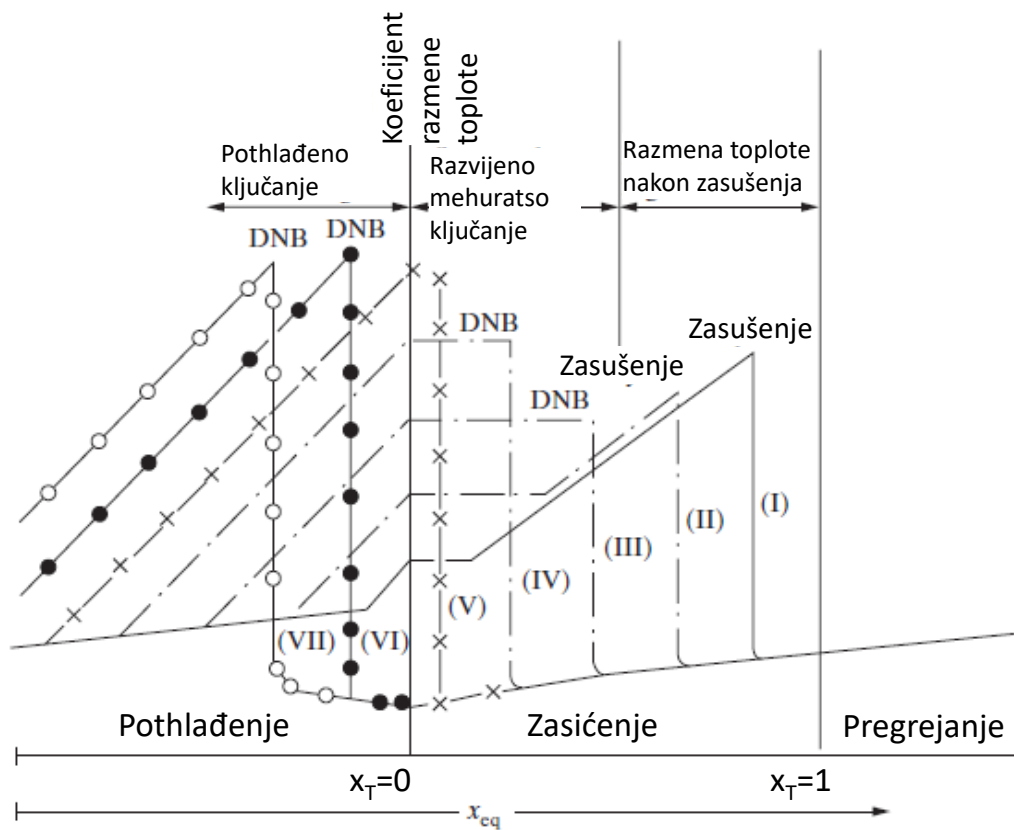
Na slici 2 je prikazan vertikalni isparivački kanal u koji utiče pothlađena tečnost, čija je temperatura niža od temperature saturacije, a ističe pregrejana para. Zid isparivačkog kanala se greje i predaje toplotu fluidu. U levom delu slike su prikazane promene temperature fluida i grejnog zida isparivačkog kanala u odnosu na temperaturu saturacije. U ulaznom delu (oblast A) temperature fluida i zida su niže od temperature saturacije, strujanje je jednofazno i tečnost se zagreva konvekcijom. U oblasti B temperatura zida postaje pregrejana u odnosu na temperaturu saturacije, a fluida je još uvek pothlađen. Pri dovoljnom pregrejanju zida nastaju parni mehurovi, koji se nakon odvajanja od zida kondenzuju u pothlađenoj tečnosti. Ovaj mehanizam razmene toplote se naziva pothlađeno ključanje. Daljim zagrevanjem tečnosti duž kanala, tečnost postaje zasićena nastaje razvijeno mehuratso ključanje (oblast C i D). Duž kanal se povećava zapreminski udeo pare i mehurasti tok prelazi u čepasti (oblast D) i anularni (oblast E i F). U anularnom toku se grejni zid hladi isparavanjem tečnog filma na zidu. Nakon potpunog isparavanja tečnog filma nastaje magleni tok (oblast G), a grejni zid se zasušuje (na engleskom „dry-out“), što dovodi do naglog porasta temperature zida i predstavlja oblik krize razmene toplote. Nakon potpunog isparavanja kapi u maglenom toku, para se pregreva (oblast H).

Kriza razmene toplote usled zasušenja u anularnom toku se naziva i kriza razmene toplote druge vrste. Zavisnost koeficijenta prelaza toplote od stepena suvoće u isparivačkom kanalu je prikazana na slici 3.



Slika 2 Oblici dvofaznog strujanja i mehanizmi razmene toplote u vertikalnom isparivačkom kanalu sa strujanjem naviše

## Koeficijent prelaza toplote u isparivačkoj cevi



19/09/2016.

Inženjerska komora Srbije, Beograd

18

Slika 3 Zavisnost koeficijenta prelaza toplote u dvofaznom toku od stepena suvoće  $x=(h-h')/(h''-h')$  za različite vrednosti toplotnog fluksa (sa I je označen najmanji toplotni fluks, a sa VII najveći).