



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

216407

(11)

(B1)

K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

(22) Prihlášené 18 06 80

(21) (PV 4287-80)

(40) Zverejnené 31 12 81

(45) Vydané 01 06 85

(51) Int. Cl.³
E 02 B 3/10

(75)

Autor vynálezu

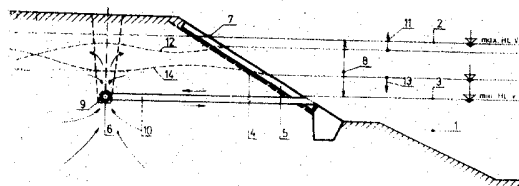
RADČENKO IGOR ing. CSc., BRATISLAVA

(54) Hydraulická ochrana stability brehov vodných tokov

Vynález rieši zvýšenie filtračnej stability brehov prirodzených alebo umelých vodných tokov namáhaných hydrodynamickým tlakom filtračného prúdu podzemnej vody, vznikajúcim pri prechode prietokových vln a pri náhlom poklese hladiny vody vo vodných tokoch.

Stabilitu brehov vodných tokov chránených proti filtračnému namáhaniu brehovým opevnením, zvyšuje príbrežný infiltračno-drenážny prvok z perforovaného potrubia podľa vynálezu, ktorý je zabudovaný v určitej vzdialenosti rovnobežne s brehovou čiarou v úrovni minimálnej hladiny vody v toku. Infiltračno-drenážny prvok je od miesta k miestu spojený priamo s vodou vo vodnom toku spojovacími neperforovanými potrubiami, čím sa zaručuje okamžitý prenos zmien tlaku vody v toku a vo zvodnelom horninovom prostredí v okolí infiltračno-drenážneho prvku. Týmto hydraulickým zapojením vzniká samoregulujúca sa sústava, ktorej funkcia je samočinne riadená samotným hydrologickým režimom vodného toku. Počas poklesových vetiev prietokových vln príbrežný infiltračno-drenážny prvok (infid-rén) plní samočinne funkciu tzv. predradeného drénu voči drenážnemu účinku vlastného koryta toku. Jeho pôsobením dochádza k zníženiu filtračných rýchlostí prúdenia podzemnej vody, zmenšeniu namáhania prúdovými tlakmi a k zvýšeniu filtračnej a tým aj celkovej stability brehov. Okrem viacerých pozitívnych účinkov spôsobuje, že na svahoch nemôže vzniknúť a negatívne pôsobiť nebezpečná výronová plocha. Zariadenie podľa

vynálezu prispieva tiež k zvýšeniu stability brehov vodných nádrží, v ktorých v dôsledku ich exploatacie dochádza k náhlým zmenám úrovne hladiny vody.



Vynález rieši zvýšenie filtračnej stability brehov vodných tokov namáhaných hydrodynamickým tlakom filtračného prúdu podzemnej vody, vznikajúcim pri prechode prietokových vln a pri náhlom poklese hladiny vody v tokoch.

Brehy prirodzených ako aj umelých vodných tokov akými sú energetické, prírodné, odpadové, plavebné a odvodňovacie kanále sú vystavené účinkom viacerých, tzv. aktívnych síl, pôsobiacich proti ich stabilite. Zo strany koryta toku, t. j. z návodnej strany pôsobia na breh sily vyvolané dynamickými účinkami vodného prúdu (unášacia sila), sily pôsobené dynamickým účinkom vlnenia hladiny vody vyvolaného vetrom (vetrové vlny), s pohybom plavidiel, ďalej dynamické účinky pri prechode prirodzených prietokových alebo umelých prietokových vln, vznikajúcich v dôsledku prevádzky energeticky využívaných vodných tokov alebo energetických kanálov. Brehy vodných tokov môžu byť tiež namáhané mechanickými účinkami ľadu, ľadochodom a pod. Na brehy vodných tokov, ktoré majú priamy hydraulický kontakt s podzemnou vodou, alebo na svahy energetických kanálov zarezaných hlboko pod hladinou podzemnej vody okrem uvedených síl, pôsobia proti tzv. filtračnej stabilite svahov tiež hydrodynamické tlaky podzemnej vody, ktoré vznikajú pri rýchlejšom poklese hladiny vody v tokoch napr. počas prechodu poklesovej vetve prietokovej vlny, pri špičkovej prevádzke energetických kanálov alebo pri ich prázdnení. Tieto, tzv. prúdové tlaky pôsobia hlavne proti filtračnej stabilite samotných svahov ale tiež proti stabilite ochranných vrstiev a opevnenia svahu. Na rozdiel od ostatných uvedených účinkov, hydrodynamické tlaky podzemnej vody drénovanej vodným tokom pôsobia na brehy z tzv. rubovej strany, teda zo strany územia priliehajú k vodnému toku. V dôsledku hydrodynamických tlakov filtračného prúdu podzemnej vody dochádza k javom vnútornej sufózie a v prípade nepriaznivého granulometrického zloženia materiálu podložia a zvýšených filtračných rýchlostí tiež k steknutiu jemných piesočnatých frakcií. Okrem toho pri poklese hladiny vody v toku vzniká nad klesajúcou hladinou vynorenej časti svahu tzv. výnorová plocha, ktorá v dôsledku koncentrácie prúdnic a zvýšených pórových rýchlostí je filtračne najviac namáhanou časťou svahu vodného toku. Namáhanie svahov účinkami prúdových tlakov je najvýraznejšie a najnebezpečnejšie v energetických kanáloch. V dôsledku špičkovej prevádzky vodných elektrární vznikajú v nich tzv. umelé prietokové vlny s pomerne krátkou periódou trvania extrémnych vodných stavov avšak značne veľkou amplitúdou ich rozkvyvu (2 až 6 m).

Odpadné zemné kanále majú spravidla priamy hydraulický kontakt s podzemnou vodou vo svojom okolí. To znamená, že každá zmena úrovne hladiny vody v kanáli sa odrazí na momentálnej polohe hladiny podzemnej vody. V dôsledku takejto interakcie medzi povrchovou vodou v toku a podzemnou vodou vyvolá periodická zmena

úrovne vody v rieke zložitý dynamický proces filtračného prúdenia podzemnej vody vo vodonosných vrstvách priliehajúcich ku svahom vodných tokov alebo kanálov. Pri vzostupnej vetve umelej prietokovej vlny bude prebiehať proces brehovej a dnovej tlakovej infiltrácie vody z koryta toku do okolitého, vodou saturovaného horninového prostredia a naopak, pri poklesovej vetve prietokovej vlny dochádza k diametrálnej zmene smerov vektorov filtračných rýchlostí, v dôsledku čoho začne prebiehať opačný proces – drenáž podzemnej vody korytom vodného toku. Pri striedaní oboch procesov dochádza v blízkom okolí svahov k zložitému pulzačnému pohybu hladiny podzemnej vody a teda aj k zmenám prúdových tlakov. Podzemná voda presiaknutá počas doby vzostupnej vetve prietokovej vlny do zvodneného horninového prostredia počas nasledujúcej doby poklesu prietokovej vlny preniká pod tlakom aj cez výronovú plochu späť do koryta toku v podobe plošných, alebo sústredených výverov vody. Javy vyvolané prúdovými tlakmi podzemnej vody, akými sú vnútorná sufózia, steknutie pieskov a výronová plocha sú často príčinami vzniku tzv. filtračných porúch na brehoch vodných tokov, ktoré vážne ohrozujú filtračnú a v konečnom dôsledku aj celkovú stabilitu brehov a svahových opevnení a neraz vedú až k totálnej deštrukcii brehov vodných tokov ako aj vodných nádrží. Súčasný stav techniky pri zabezpečovaní ochrany a stability svahov vodných tokov vychádza z tradičných technických spôsobov opevňovania brehov používaných pri úpravách vodných tokov a návodných svahov sypaných priehrad v priehradnom inžinierstve. Svahy vodných tokov sú proti všetkým uvedeným aktívne pôsobiacim silám proti stabilite svahov chránené mechanicky svahovým opevnením, ktoré sa realizuje bezprostredne na exponovaných častiach svahov. Svahové opevnenia pozostávajú najčastejšie zo svahového pokrytia (brehového filtra) a z ochranných vrstiev. Na najviac namáhané časti svahov sa pri tradičných spôsoboch opevňovania prác rozprestiera obrátený viacvrstvový alebo jednoduchý brehový filter z drakcií triedeného štrku, ktorý aby nebol odplavený dynamickými účinkami vodného prúdu sa priťažuje ochrannou vrstvou obvykle z ťažkého záhozu lomovým kameňom. V posledných rokoch nastal pokrok v technológii opevňovania svahov vo vodnom staviteľstve v tom smere, že namiesto uvedených klasických prírodných materiálov sa používajú z viacerých hľadísk výhodnejšie moderné materiály a hmoty. Ako brehový filter sa namiesto prirodzeného štrkového materiálu používajú tzv. geotextílie z rozličných netkaných textílií, filtračné fólie a pod. Namiesto nákladného ťažkého záhozu z lomového kameňa sa ochranná vrstva svahového opevnenia buduje z betónových prefabrikátov najrozličnejších tvarov a konštrukcií. Úloha brehového filtra rozprestretého priamo na svahu spočíva predovšetkým v tom, aby zabráňovala vynášaniu a vyplavovaniu jemných zemitých častíc z podložia svahu.

V žiadnom prípade svahové pokrytia či už z tradičných štrkopiesočnatých filtrov alebo z moderných geotextílií nezmenšujú filtračné rýchlosti ani prúdové tlaky a preto ani nemôžu znižovať nebezpečie stekutenia pieskov v podloží svahu, nezabraňujú vzniku vnútornej sufózie ani vzniku nebezpečnej výronovej plochy. Brehové filtre a ochranné vrstvy nemôžu odstrániť príčiny týchto negatívnych javov pôsobiacich proti filtračnej stabilite svahov, ale len čiastočne bránia už vzniknútým dôsledkom – vyplavovaniu jemných zemitých častíc z podložia svahov vodných tokov. Brehové opevnenia majú však nezastupiteľnú funkciu pri ochrane svahov pred dynamickými účinkami vodného prúdu, vlneniu a ostatným aktívnym silám, okrem filtračných, pôsobiacich proti stabilite svahov. Vo vodnom staviteľstve je známe tiež použitie tzv. záchytného alebo ochranného či priesakového drénu trasovaného rovnobežne so svahom kanála. Jeho funkcia však spočíva v zachytávaní a odvodzovaní priesakovej vody z prírodných kanálov k vodným elektrárniam a fixovaní úrovne hladiny podzemnej vody v území prilahlom ku kanálu. Takýto drén však neochraňuje svah kanála pred filtračným prúdom podzemnej vody pri drénowaní vody kanálom a teda ani neprispieva k zvýšeniu jeho filtračnej stability.

Filtračnú stabilitu brehov vodných tokov zvyšuje ich hydraulická ochrana príbrežným infiltračno-drenážnym prvkom podľa vynálezu, ktorého podstata spočíva v tom, že rovnobežne s brehovou čiarou a niveletou vodného toku je v hĺbke minimálnej hladiny vody uložený infiltračne drenážny prvok z perforovaného potrubia, chráneného proti zanášaniam vhodným filtrom, napr. z geotextílií filtračno-drenážny prvok je od maximálnej polohy brehovej čiary vzdialený na dĺžku rovnú 2 až 3 násobku amplitúdy dimenzačnej prietokovej vlny, pričom je každých 50 až 150 m spojený pomocou spojovacieho vodorovného neperforovaného potrubia priamo s vodou vo vodnom toku.

Príbrežný paralelný filtračno-drenážny prvok podľa vynálezu zabezpečuje okamžitý a dokonalý prenos zmien tlaku vody v toku a v zvodnelom horninovom prostredí podložia brehu vodného toku po celej dĺžke úseku medzi dvoma susediacimi spojovacími potrubiami. Príbrežný infiltračno-drenážny prvok vzhľadom na smer filtračného prúdenia podzemnej vody po dobu poklesovej vetve prietokovej vlny vo vodnom toku účinkuje voči vlastnému korytu vodného toku ako predradený drén. Ako taký má schopnosť zachytávať podzemnú vodu prúdiacu v hornej časti zvodnelého prostredia smerom ku korytu vodného toku. Bez účinku predradeného drénu podľa vynálezu by táto časť podzemnej vody pritekala pod tlakom do koryta toku cez výronovú plochu a mohla by spôsobovať vznik filtračných porúch na svahoch vodného toku. Prepojením príbrežného infiltračno-drenážneho prvku spojovacími potrubiami priamo s vodou vo vodnom toku sa zabezpečuje, že zmeny jeho funkcie z filtračnej na drenážnu

prebiehajú samočinne a sú riadené prirodzeným alebo umelým režimom vodných stavov vo vodnom toku. Spojenie infiltračno-drenážneho prvku s vodným tokom predstavuje samoregulujúcu sa sústavu a znamená rozšírenie použitia známej veci – horizontálneho drénu k účelom, na ktoré tento nebol doposiaľ použitý. V dôsledku takejto samočinnnej hydraulickej súčinnosti medzi infiltračno-drenážnym prvkom a korytom vodného toku dochádza rovnako samočinne k rozdeleniu filtračného prúdového poľa na dva fragmenty. Toto rozdelenie existuje v každom časovom okamihu oboch opísaných nestacionárnych procesov filtračného prúdenia v dôsledku ktorého sa 45 až 50 % prúdových trubíc odvracia od brehu smerom k predradenému drénu, čím sa výrazne znižuje namáhanie svahov prúdovými tlakmi čo prispieva k zvýšeniu ich filtračnej stability. Hydraulickým účinkom infiltračno-drenážneho prvku poklesnú filtračné rýchlosti v oblasti exponovanej brehovej čiary o 35 až 40 % z pôvodných. To však bude závisieť od konkrétnych podmienok jeho aplikácie. V oblasti medzi infiltračno-drenážnym prvkom a brehom dochádza k výraznému zníženiu hydraulických gradientov takže možnosť vzniku nebezpečnej výronovej plochy je minimálna, alebo sa prakticky zlikviduje. Podstatnú časť zataženia filtračným prúdom preberá na seba okolie príbrežného infiltračno-drenážneho prvku v dôsledku čoho ohrozenie brehov sufóziou a stekutením pieskov v jeho podloží je minimálne. Samočinná hydraulická súčinnosť medzi infiltračno-drenážnym prvkom a vodným tokom zabezpečuje, že pri kolísaní hladiny vody v toku dochádza k diametrálnej zmene smerov vektorov filtračných rýchlostí v okolí infiltračno-drenážneho prvku. Tento efekt znižuje možnosť zanášania sa (kolmatácie) drenážneho filtra, vtokových otvorov ako aj samotného perforovaného potrubia. Prepojenie infiltračno-drenážneho prvku spojovacími potrubiami priamo s vodou vo vodnom toku zaručuje, že tak spojovacie potrubie, ako aj samotný infiltračno-drenážny prvok budú neustále vyplnené vodou, takže na jeho kontúre a ani v jeho okolí nemôže vzniknúť výronová plocha. Okrem vyššie uvedených nových účinkov aj v tomto spočíva zásadný rozdiel medzi funkciou príbrežného infiltračno-drenážneho prvku podľa vynálezu a ostatnými, doposiaľ známymi spôsobmi použitia horizontálneho drénu, či už drénu ochranného, záchytného, priesakového, zberného a pod. Príbrežný infiltračno-drenážny prvok plniaci vo fáze klesania hladiny vody funkciu predradeného drénu čelí proti filtračnému namáhaniu u brehov vodných tokov tým, že znižuje samotné príčiny jeho vzniku, t. j. filtračné rýchlosti a s nimi súvisiace prúdové tlaky. Nenahrádza však funkciu brehového filtra ani brehových opevnení chrániacich svah proti dynamickým účinkom vodného prúdu, vetrových vln, vln spôsobených pohybom plavidiel, ľadochodom a pod. Práve preto funkciu týchto dvoch odlišných ochranných zariadení (brehového opevnenia svahov a infiltrač-

no-drenážneho prvku) nemôže chápať ako konkurenčnú, ani vzájomne zameniteľnú, ale naopak ako navzájom sa dopĺňujúcu.

Na obr. 1 je v priečnom profile odpadného kanála schematicky znázornené umiestnenie príbrežného infiltračno-drenážneho prvku. Na obr. 2 a 3 sú uvedené hydrodynamické prúdové siete v určitom momente počas doby poklesovej vetvy prietokovej vlny v kanáli, ktoré boli získané metódou elektrohydrodynamickej analógie. Na obr. 2 je uvedená prúdová sieť v okolí odpadného kanála, na obr. 3 je pre porovnanie uvedený priebeh prúdovej siete v rovnakých podmienkach avšak v prípade použitia infiltračno-drenážneho prvku podľa vynálezu, ktorého hydraulický účinok znižuje zataženie svahu kanála prúdovými tlakmi a tým zvyšuje jeho filtračnú stabilitu.

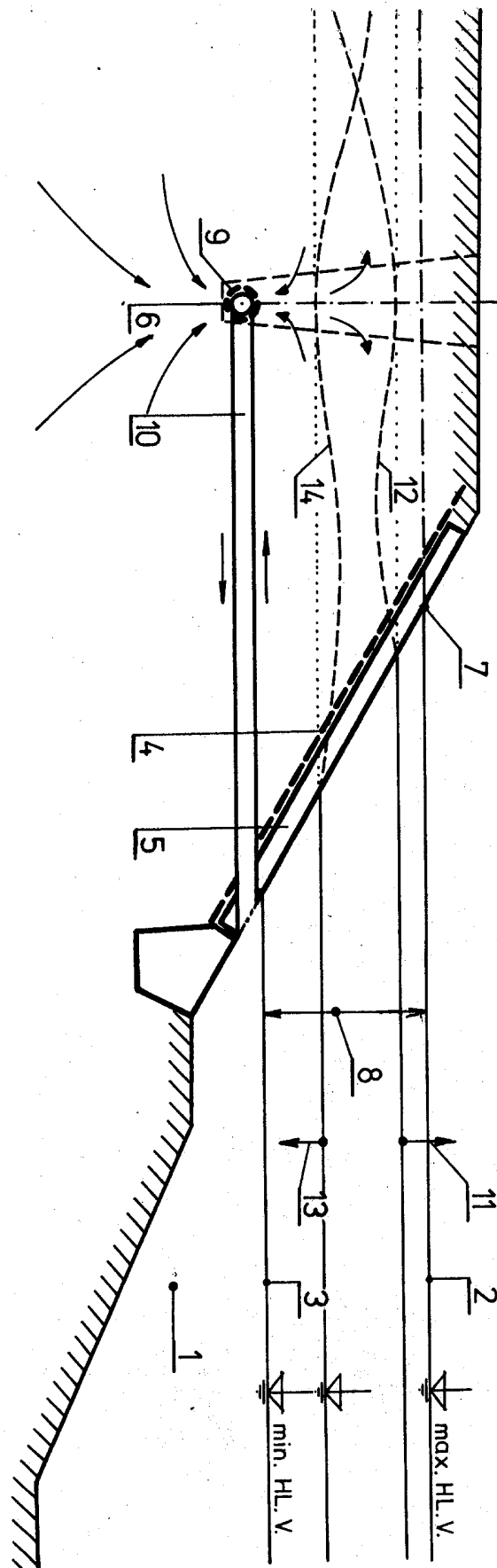
Hydraulická ochrana stability brehov vodných tokov alebo svahov odpadného kanála 1 je vysvetlená na obr. 1. V odpadnom kanáli kolíše hladina vody v dôsledku jeho energetického využívania v rozsahu maximálnej 2 a minimálnej prevádzkovej hladiny 3. Exponovaná časť svahu je oproti dynamickým účinkom prúdiacej vody, vetrovým vlnám a vlnám spôsobovaným pohybom plavidiel ako aj proti účinkom filtračného namáhania chránená svahovým opevnením pozostávajúcim z brehového filtra napr. z geotextílií 4 a ochrannou vrstvou zo záhozu lomovým kameňom 5. Filtračnú stabilitu svahu proti filtračnému namáhaniu zvyšuje podľa vynálezu príbrežný paralelný infiltračno-drenážny prvok 6 z perforovaného drenážneho potrubia uloženého v hĺbke minimálnej hladiny 3 dimenzačnej prietokovej vlny. Jeho trasa je rovnobežná s polohou maximálnej brehovej čiary 7 a je od nej vzdialená 2 až 3 násobku amplitúdy dimenzačnej zmelej prietokovej vlny 8. Proti prípadnej kolmatácii a zanášaniam je drenážne perforované potrubie 6 chránené vhodným drenážnym filtrom 9 napr. z geotextílie zn. Arapexa POP-F-300. Infiltračno-drenážny prvok je každých 100 m spojený neperforovaným vodorovným spojovacím potrubím 10 rovnakého profilu, kolmým na os perforovaného potrubia 6 a na os kanála priamo s vodou v koryte kanála. Spojovacie potrubie 10 okrem priamej hydraulickej súčinnosti medzi kanálom 1 a perforovaným potrubím 6 umožňuje okamžitý prenos zmien tlaku vody v kanáli do okolia príbrežného infiltračno-drenážneho prvku 6. Pri stúpajúcej hladine vody 11 v kanáli po dobu vzostupnej vetvy umelej prietokovej vlny vyvolanej špičkovou prevádzkou hydroelektrárne, voda z kanála vniká cestou menšieho odporu spojovacím potrubím 10 do infiltračno-drenážneho prvku 6, v dôsledku čoho začne samočinne prebiehať proces tlakovej infiltrácie vody z infiltračno-drenážneho prvku 6 do jeho okolia a k elevácii momentálnej úrovne hladiny podzemnej vody 12. Po kulminácii prietokovej vlny dochádza počas klesania hladiny vody 13 v kanáli po dobu poklesovej vetvy k najväčšiemu filtračnému namáhaniu svahu, proti ktorému je

svah chránený infiltračno-drenážnym prvkom 6 ako predradeným drénom, pričom sa vytvára depresná hladina podzemnej vody 14. Predradeným drénom 6 zachytená podzemná voda smerujúca pôvodne ku svahu kanála je zachytená a spojovacím potrubím 10 neškodne odvádzaná ponoreným výtokom pod momentálnu prevádzkovú hladinu do odpadného kanála. Na obr. 2 je vykreslená prúdová sieť v určitom čase od začiatku klesania hladiny vody 13 v kanáli 1 bez použitia hydraulickej ochrany príbrežným infiltračno-drenážnym prvkom. Z obrázku je vidieť, že najväčšia koncentrácia prúdových čiar 16 vzniká v oblasti klesajúcej polohy brehovej čiary nad ktorou sa vytvára výronový úsek 15. Na obr. 3 je prúdová sieť získaná pri rovnakých okrajových a počiatkovej podmienke ako v prípade na obr. 2 avšak pri použití infiltračno-drenážneho prvku 6, hydraulickým účinkom ktorého dochádza k samočinnému rozdeleniu filtračného prúdového poľa deliacou prúdnicou 17 na dva fragmenty. Z obr. 3 vidíme, že z celkového počtu 10-tich prúdových trubíc je 4 až 5 zachytených účinkom predradeného príbrežného infiltračno-drenážneho prvku čo spôsobuje prakticky úplnú likvidáciu výronového úseku 15 a tomu zodpovedajúce úmerné zníženie namáhania svahu filtračným prúdom podzemnej vody drénovanej odpadným kanálom 1. Priebeh voľnej depresnej hladiny ako funkcie času bol v oboch prípadoch získaný metódou viskózne analógie pomocou špeciálneho (účelového) vertikálneho modelu typu Hele-Shaw.

Hydraulickú ochranu stability brehov prirodzených a umelých vodných tokov príbrežným infiltračno-drenážnym prvkom podľa vynálezu je možno výhodne aplikovať tiež v prípade stabilizácie svahov umelých vodohospodárskych nádrží proti ich namáhaniu filtračným prúdom podzemnej vody vznikajúcim pri náhlom poklese hladiny vody v týchto vodohospodárskych objektoch.

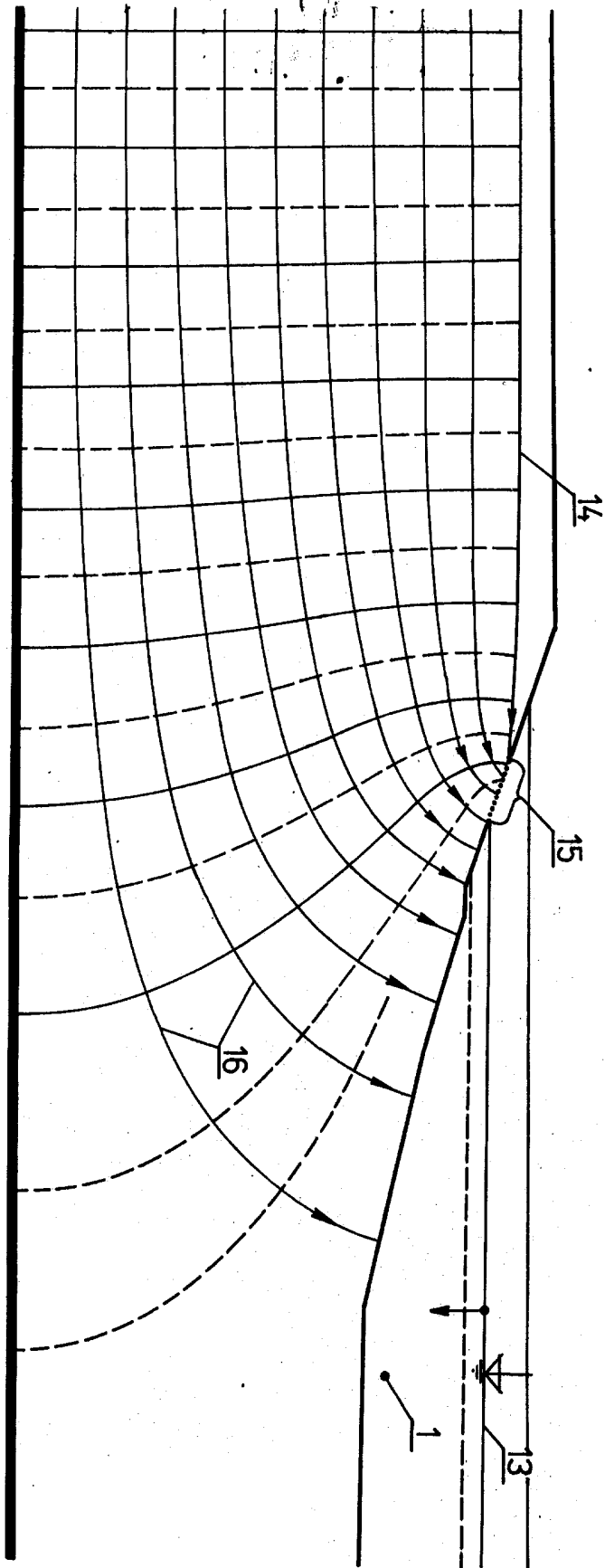
PREDMET VYNÁLEZU

Hydraulická ochrana stability brehov vodných tokov príbrežným paralelným infiltračno-drenážnym prvkom zvyšujúca ich filtračnú stabilitu pri prechode prirodzených i umelých prietokových vln korytóm toku vyznačujúca sa tým, že rovnobežne s brehovou čiarou (7) je v hĺbke minimálnej úrovne (3) hladiny vody uložený príbrežný infiltračno-drenážny prvok (6) z perforovaného potrubia opatreného drenážnym filtrom (9), ktorý je od maximálnej polohy brehovej čiary (7) vzdialený na 2 až 3 násobok amplitúdy (8) dimenzačnej prietokovej vlny, pričom infiltračno-drenážny prvok je každých 50 až 150 m spojený vodorovným neperforovaným potrubím priamo s vodou vo vodnom toku.

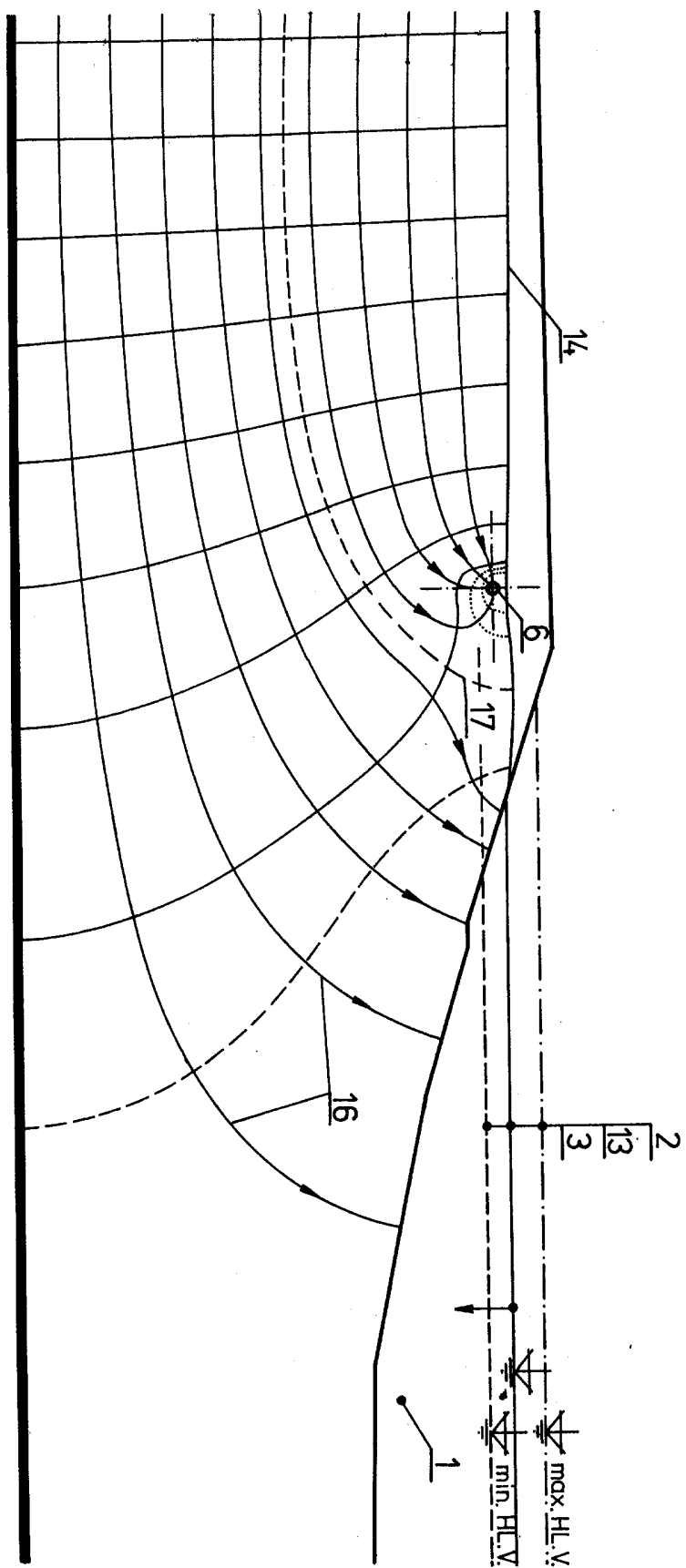


Obr. 1

216407



Obf. 2



Obr. 3