

## ГІДРАВЛІКА ТА ГІДРОТЕХНІКА

УДК 532.543: 626.823.4

**Вечер В. В., к.т.н., доцент, Щодро О. Є., к.т.н., доцент**

(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **БОРОТЬБА З НАНОСАМИ НА КАНАЛАХ**

**Наведено результати гідравлічних досліджень піскогравієловки.**

**Ключові слова:** перехоплення наносів, піскогравієловка, гідравлічні дослідження.

**Постановка проблеми.** Річки гірської та передгірської зони часто протікають по значній і розвиненій у водогосподарському аспекті території держав, зокрема для України – це Закарпаття, Прикарпаття та Крим. Відомо, що такі річки транспортують велику кількість наносів, які, в свою чергу, при водозаборі створюють не малі експлуатаційні труднощі. Затрати на очистку каналів від наносів складають до 30% , а, в деяких випадках, і (60-70)% експлуатаційних затрат по системі. Відкладення наносів в каналах при заборі води порушують режими водокористування водогосподарських систем, а на каналах дериваційних ГЕС добавляються і втрати потужностей.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми**

Питанням боротьби з наносами при водозаборі з річок на головній водозабірній споруді і на каналах присвячено низку праць таких відомих вчених, як В.А. Афанасьєв, І.К. Нікітін, Данелія М.Ф., І.І. Кірієнко та ін. [1, 2, 3, 6].

Публікації з цього приводу засвідчують, що й донині продовжується пошук шляхів вирішення цієї проблеми, а саме ведеться розробка різноманітних конструкцій як водозаборів так і споруд для боротьби з наносами на каналах [3; 4].

### **Невирішені частини загальної проблеми**

Як показує аналіз, всім їм при експлуатації притаманні як позитивні, так і негативні тенденції. Останні пов'язані з недосягненням проєктної ефективності очистки води від наносів, що пояснюється нестачею наших знань про результати взаємодії вказаних споруд з природними процесами, що відбуваються в річках та їх урахуванні при проєктуванні цих об'єктів. Для вирішення цих проблем нами розроблена і

рекомендується нова конструкція піскогравієловки з боковою перешкодою.

### **Постановка завдання проблеми**

В даній роботі приведені результати дослідження піскогравієловки з боковою перешкодою та траншейної піскогравієловки в однакових умовах. На наш погляд, в обмежених топографічних умовах на середніх каналах рекомендована конструкція може створити конкуренцію більш складним конструктивно криволінійним піскогравієловкам.

### **Результати досліджень**

Прямолінійна піскогравієловка з боковою перешкодою являє собою короткий бетонний лоток з вертикальними боковими стінками (Рис. 1), біля однієї з стінок якого розташована незатоплена бокова перешкода, ширина якої вздовж течії збільшується. За перешкодою влаштовується косо розташований донний уступ, який створюється пониженням dna водовода. Дно лотка нижче уступу має як поперечний, так і зворотній повздовжні нахили. Завдяки цьому донний уступ має змінну висоту, яка збільшується в сторону промивної галереї. Витрата промивної галереї регулюється затвором, розташованим на її вході. Принципово новим є рекомендована компоновка перешкоди на уступі та конструкція вихідної частини.

Експериментальні дослідження були проведені в лабораторії кафедри гідротехнічних споруд НУВГП в лотку довжиною 15 м, шириною 1,5 м і висотою 1 м, де був виконаний канал трапецієвидної форми, а в його середній частині встановлена піскогравієловка.

Моделювання здійснювалось по Фруді, умови дослідів відповідали автомодельній зоні по в'язкості для забезпечення рівності коефіцієнтів Шезі для природи і моделі. Виходячи з розмірів лотка і наносів, масштаб моделі був прийнятий 1:8,5. На підставі виконаних нами натурних обстежень головної ділянки зрошувального каналу на річці Самур у Дагестані та аналізу літературних джерел були сформульовані задачі та розроблена методика досліджень вказаної споруди.

В процесі досліджень детально вивчена кінематична структура потоку в споруді. Просліджується якісний зв'язок рельєфу вільної поверхні в споруді з його швидкісною структурою. Біля перешкоди, де похили поверхні потоку зменшуються, зменшуються також подовжні швидкості, а у вільній частині споруди, де похили ростуть, – збільшуються і швидкості потоку. При наближенні до уступу швидкості зростають, а епюри – вирівнюються по висоті, що є характерною ознакою існування в потоці циркуляції.

Максимальні придонні швидкості в зоні найбільшої концентрації

наносів в створі перешкоди можуть бути знайдені по залежності

$$\frac{V_{1\%}}{V_0} = 1,02 + 1,08 n, \quad (1)$$

де  $V_0$  – середня швидкість потоку на підході;

$V_{1\%}$  – швидкість 1% забезпеченості;

$n$  – відносна ширина перешкоди.

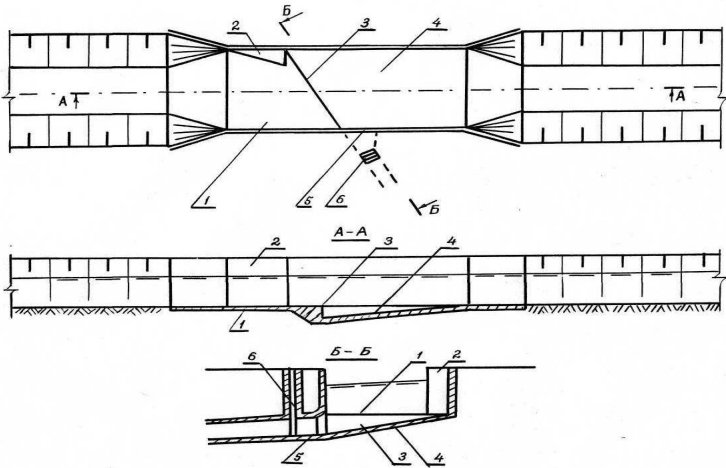


Рис. 1. Конструкція піскогравієловки з боковою перешкодою.

1 – вхідна частина, 2 – бокова перешкода, 3 – донний уступ, 4 – дно за уступом, 5 – промивна галерея, 6 – затвор

Виконані дослідження вихрової течії за уступом підтвердили залежність останньої від форми дна за уступом. Розподіл максимальних швидкостей у вальці по довжині уступу рекомендується визначати за залежністю

$$\frac{V_{1\%}}{V_0} = 0.65 + 4.32n - K_t K_\alpha \frac{Y}{B} + \frac{3\sigma}{V_0}, \quad (2)$$

$$K_t = 5t_{cp} - 0,5, \quad (3)$$

$$K_\alpha = 0.032\alpha - 0.8, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – кут розташування уступу в плані в градусах;

$\frac{Y}{B}$  – відносна координати по довжині уступу;

$\sigma$  – середньоквадратичне відхилення.

Інтенсивність турбулентності, по даних досліджень, по довжині уступу

постійна і може бути прийнята  $\frac{\sigma}{V_0} = 0,1$ .

Альтернативна траншейна піскогравієловка була запроєктована у відповідності з рекомендаціями В.А. Афанасьєва [6]. Враховуючи те, що відносна ширина споруди значна і становила  $B/H=6$ , додатково встановлювався донний поріг змінної висоти під кутом  $40^\circ$  по течії, його висота змінювалась в межах  $(0,25-0,33)H$  [7].

В траншеї максимальна поздовжня швидкість вихрового потоку знаходиться приблизно по її середині і вона збільшується по мірі наближення до промивної галереї. Біля дна траншеї поздовжня швидкість не значна і зафіксована лише наявність обертальної швидкості. Обертальна швидкість вихрової течії у траншеї також зростає в останній треті траншеї зі сторони промивної галереї. В зв'язку з тим, що біля дна траншеї рухаються найбільші за розмірами наноси, можна передбачити, що промив наносів через галерею буде забезпечуватись лише на цій частині траншеї, а решта її буде занесена наносами.

Дослідження наносного режиму обох піскогравієловок проводилось для однакових умов, а саме проходження витрат: літньої межени (початок руху донних наносів), літньої дощової повені та руслоформуєчої весняної повені 10% забезпеченості. Для кожної з цих витрат були підібрані відповідні гранулометричні суміші наносів

Піскогравієловка з боковою перешкодою.

Виконані дослідження наносного режиму показали, що в розробленій піскогравієловці забезпечується надійний перехват наносів і достатня транспортуюча здатність вихрової течії при всіх режимах роботи (рис. 2)

Отримана графічна залежність перехвату наносів по фракціях в піскогравієловці (Рис.2), яка описується залежністю

$$S = 150 \lg \frac{W(1-n)}{V_*} + 70, \quad (5)$$

де  $S$  – перехват наносів у %;

$W$  – середня гідравлічна крупність наносів. м/с;

$n$  – відносна ширина перешкоди,  $n=b_p/B$ ;

$V_*$  – динамічна швидкість на підході, м/с.

Вивчення особливостей водообміну між транзитним потоком і вихровим вальцем доказало, що перекіс дна за уступом регулює висоту шару захвату води у валець (віддаль від уступу до точки, де захват во-

ди у валець дорівнює нулю) таким чином, що найбільша його висота співпадає з місцем концентрації наносів, що дає змогу перехвату такої частини зважених наносів. Розрахунок поділу наносів у піскогравієловці здійснюється за методикою, запропонованою І.К. Нікітним за залежністю (5).

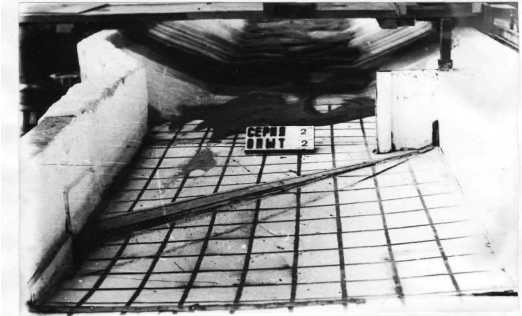


Рис. 2. Характер відкладень наносів у вхідній частині та за уступом піскогравієловки

Була перевірена можливість промивки наносів, які завалили дно за уступом при непередбачуваному виході з ладу промивної галереї. Після відновлення роботи промивної галереї експериментально доказана можливість промивки наносів за уступом і відновлення роботи споруди, промивні витрати при нормальних режимах експлуатації не перевищують 5% від витрати каналу.

Траншейна піскогравієловка.

При подачі самих дрібних наносів (відповідає витраті початку руху донних наносів в річці) відмічено поступове накопичення відкладень найбільших по діаметру наносів у траншеї, що свідчить про недостатню транспортуючу здатність вихрового потоку у траншеї, а в канал проникають дрібніші фракції наносів, які зважуються при проході над донним порогом.

При моделюванні роботи піскогравієловки в умовах проходження в річці повеней (Рис. 3) відмічається завал частини траншеї наносами всіх фракцій і їх транзит у канал нижче споруди. Влаштування багато-траншейної піскогравієловки, хоч частково і покращить надійність її роботи, проте викличе більші капітальні затрати, в 2-4 рази збільшить промивні витрати і ускладнить експлуатацію споруди. Самопромив такої конструкції без механічного очищення траншей від наносів не можливий.



Рис. 3. Характер відкладень наносів у траншейній піскогравієловці з донним порогом

### Висновки.

В якості критерія для порівняння ефективності двох конструкцій прийнято процент перехвату наносів при трьох характерних витратах (таблиця).

Таблиця

Перехват наносів піскогравієловками

№ з/п	Витрата води у річці, м <sup>3</sup> /с	Витрата каналу, м <sup>3</sup> /с	% во-до-забо-ру	Траншейна піскогравієловка з донним порогом		Піскогравієловка з боковою переш-кодою	
				% пере-хвату	$W_{\max}/V_0$	% пере-хвату	$W_{\max}/V_0$
1	50	10	20	92.5	0.31	95	0.276
2	104.1	10	9.6	75	0.76	98	0.71
3	465	10	2.15	53		98	

Параметр  $W_{\max}/V_0$  характеризує якість освітлення наносів у піскогравієловці.

Як слідує з таблиці, розроблена нами піскогравієловка у всіх розглянутих випадках забезпечує більший перехват наносів (на 3-45)%, зменшується максимальний діаметр наносів, які проникають у канал нижче піскогравієловки, забезпечується можливість відновлення роботи споруди шляхом гідравлічного самопромиву наносів, які відклались за уступом.

Для відносно дрібних наносів на прямолінійних ділянках каналів пропонуються також піскогравієловка прямолінійного типу, основною

якої є донний косо розташований уступ та бокова перешкода. Пропонується конструкція із боковою перешкодою, розміщеною за донним уступом (за А.С. 836280). Конструкція такої прямолінійної перешкоди показана на рис. 4.

Принцип роботи другої піскогравієловки також полягає у створенні вторинних течій, які певним чином організують рух наносів у потоці і сприяють їх видаленню із затратою енергії лише самого водного потоку. При роботі піскогравієловки (1) за А.С. 836280 основним діючим її елементом також є косо розташований донний уступ (2), за яким виникає потужна гвинтоподібна течія, яка захоплює частки наносів з потоку та транспортує їх до промивного отвору. Ділянка дна перед уступом (3) має поздовжній нахил.

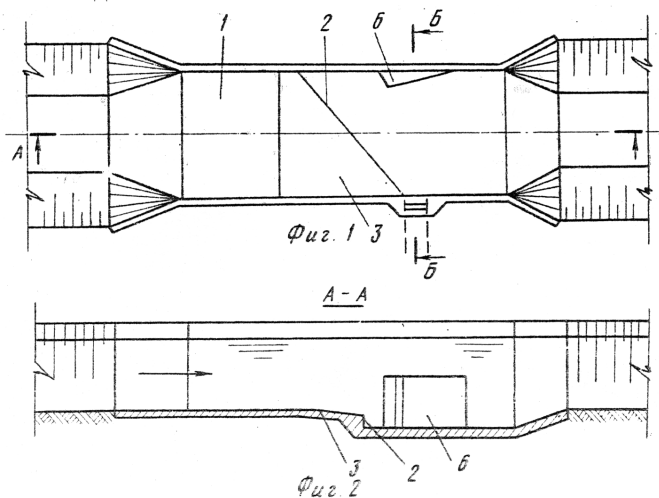


Рис. 4. Прямолінійна піскогравієловка за А.С. 836280

Бокова перешкода (6), маючи невеликі розміри, підвищує гідродинамічний тиск на початку такої течії, сприяє її прискоренню в напрямку до промивного отвору і більш успішному видаленню наносів. Сама течія, що виникає за уступом, теж має гвинтоподібний характер і підсилюється зменшенням висоти уступу вздовж течії. Переваги цієї споруди полягають у наступному:

1. Конструкції піскогравієловок економічні в будівництві та експлуатації, а також мають прості геометричні форми і технологічні.

2. Промивні витрати у всіх зазначених спорудах не перевищують 3-5% витрати в каналі. При цьому промивною витратою видалається до 95-98% наносів що рухаються.

Таким чином, в результаті досліджень пропонується нові конструкції прямолінійних піскогравієловок, які мають широкий діапазон надійної роботи при мінімальних промивних витратах.

1. Кириенко И. И. Гидравлические исследования фронтального водозабора с криволинейным карманом / Кириенко И. И., Климук А. С. // Гидравлика и гидротехника. – Киев, 1983. – Техника, вып. 37. 2. Кириенко И. И. Криволинейная пескогравиеловка на каналах оросительных систем горно-предгорной зоны / Кириенко И. И., Климук А. С. ; Минводхоз СССР. // Экспресс-информация, сер. 1, вып. 5, «Орошение и оросительные системы». – Москва, 1979. 3. Дanelia Н. Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами / Дanelia Н. Ф. – Москва : Колос, 1964. – 336 с. 4. І. І. Кірієнко, О. Є. Щодро. Піскогравієловка Авторське свідоцтво № 836280. 5. Никитин И. К. Турбулентный русловой поток и процессы в придонной области / Никитин И. К. – Киев, Изд-ва АН УССР, 1963. – 142 с. 6. Афанасьев В. А. Исследования гидравлического и наносного режимов многотраншейных пескогравиеловок. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. / Афанасьев В. А. – Ташкент : 1975. 7. Вознесенский Н. А. Донные струенаправляющие устройства на оросительных каналах / Вознесенский Н. А. – Москва : Колос, 1962. – С. 113.

Рецензент: д.т.н., проф. Рябенко О. А. (НУВГП)

---

**Vecher V. V., Candidate of Engineering, Associate Professor,  
Shchodro O. E., Candidate of Engineering, Associate Professor**  
(National University of Water Management and Nature Resources Use,  
Rivne)

## **SEDIMENT CONTROL AT CANALS**

**The results of hydraulic researches of sand and gravel catch constructions are presented.**

**Keywords: rivers and canals: water intake, hydraulic research.**

---

**Вечер В. В., к.т.н., доцент, Щодро А. Е., к.т.н., доцент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

## **БОРЬБА С НАНОСАМИ НА КАНАЛАХ**

**Приведены результаты гидравлических исследований пескогравиеловки.**

**Ключевые слова: Перехват наносов, пескогравиеловка, гидравлические исследования.**

---