



УДК 626/627

ХЛАПУК М.М., док. техн. наук, професор,
ШИНКАРУК Л.А., канд. техн. наук, доцент,
БЕЗУСЯК О.В., канд. техн. наук, доцент,
ЯСІНСЬКА Л.Р., аспірант, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

НАУКОВИЙ СУПРОВІД РЕМОНТНИХ РОБІТ НА ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ІННОВАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

доповідь на VI Міжнародній конференції
 "Світові тенденції та перспективи розвитку гідроенергетики України"
 (14–15 березня 2013 р., Україна, м. Рівне)

Наведено результати досліджень адгезії ремонтних сумішей, використаних для відновлення внутрішнього облицювання відвідних водогонів на Дністровській ГАЕС та стану деформаційного шва будівлі Тишрінської ГЕС в Сирії. Підтверджено ефективність та обґрунтовано доцільність використання сучасних композиційних матеріалів для виконання ремонтних гідроізоляційних робіт.

1. Дослідження адгезії ремонтних сумішей з бетоном на об'єктах Дністровської ГАЕС.

Вступ. Рішення про добудову Дністровської гідроакумулюючої станції (ГАЕС) передбачало відновлення раніше побудованих тунелів, водогонів та інших гідротехнічних споруд. Результати обстежень вищезазначених споруд показали, що значна частина бетонної поверхні, зокрема стовнів та биків водовипускних отворів, внутрішнього облицювання тунельних водогонів тощо, вимагає виконання великого обсягу робіт по закриттю існуючих пошкоджень шляхом нанесення спеціальних цементно-піщаних сумішей з додатками-прискорювачами. Ці захисні покриття повинні відповідати вимогам щодо міцності та адгезії до корінного бетону.

Використання прискорювачів для цементно-піщаних сумішей робить процес відновлення бетонних поверхонь більш технологічним, а створені захисні шари покриття у повній мірі захищають бетон від негативної дії водного потоку.

Згідно діючих нормативів, після влаштування захисного покриття, необхідно виконувати перевірку адгезії захисних сумішей до бетону, на що звертається особлива увага при будівництві

відповідальних гідротехнічних споруд.

Загальна характеристика об'єкта. Дністровська ГАЕС розташована на р.Дністер в 8–10 км нижче за течією м. Новодністровська [1, 2]. До складу Дністровського комплексу входять: Дністровський гідровузол з будівлею ГЕС-1, буферний гідровузол із будівлею ГЕС-2 та Дністровська ГАЕС (Рис. 1). Нижньою водоймою для ГАЕС є буферне водосховище. Верхня водойма штучна, створена за допомогою огорожувальних дамб, розміщена на високому правому березі Дністра. ГАЕС має у своєму



ХЛАПУК М.М.



ШИНКАРУК Л.А.



БЕЗУСЯК О.В.



ЯСІНСЬКА Л.Р.

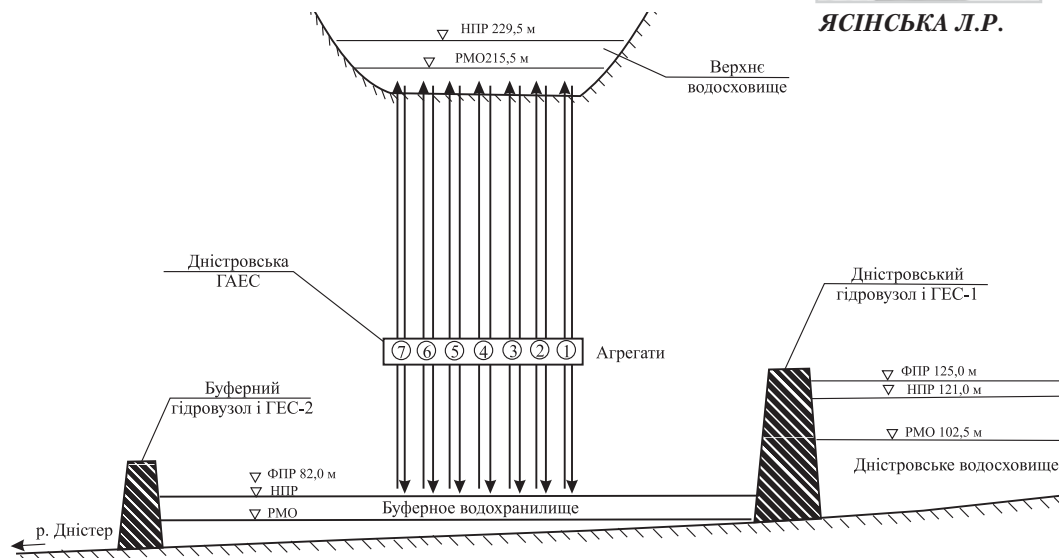


Рис. 1. Загальна схема Дністровського каскаду

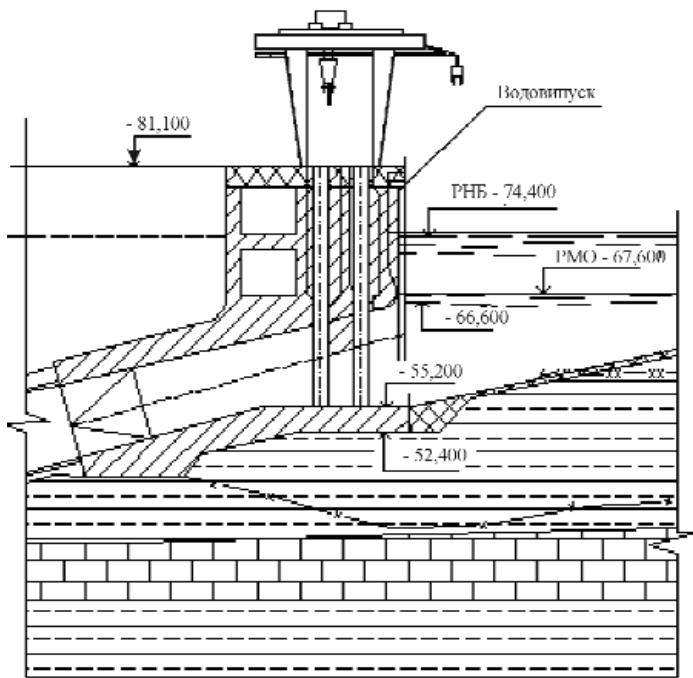


Рис. 2. Схема відвідного водогону та водовипуску

складі верховий портал з водоприймачем, підвідні водогони з горизонтальними ділянками та ділянками шахтного типу, будівлю ГАЕС, розміщену на понижених позначках по відношенню до нижнього б'єфу, відвідні водогони, водовипуск.

Верхня водойма розташована на вузькому ерозійному мисі, обмеженому долинами річок Дністер, Сокирянка та системою Волошківських ярів. Водойма створюється в напіввиїмці-напівнасіпі ґрунтів корисної виїмки: піску, суглинку, глини, вапняку.

Дослідження адгезії було виконано для зразків, відібраних в місцях відновлення бетонної поверхні: на водогоні № 2 донного водовідводу в зоні його підходу до водовипуску і на секції № 4 водовипуску (Рис. 2).

Методика визначення адгезії ремонтних сумішей з бетоном.

Дослідження адгезії виконано для двох об'єктів:

1 – відвідний водогін № 2. Для виконання робіт з відновлення бетонних поверхонь використано суміш на основі Sikagard 720 EpoСem та + Sigunit 49 AF. Матеріал облицювання наносили на підготовлену поверхню згідно з "Рекомендаціями по проведенню ремонтних і гідроізоляційних робіт на залізобетонному напірному водогоні Дністровської ГАЕС". Рекомендації розроблено науковцями фірми SIKA, і вони відповідають нормативним вимогам, що діють у сфері гідротехнічного будівництва. Дослідні зразки у кількості 6 штук було відібрано відповідно до

нормативних вимог (ГОСТ 28574-90) через 30 днів після виконання робіт;

2 – секція № 4 водовипуску. Для виконання робіт з відновлення бетонних поверхонь було використано суміш на основі Sikagard 720 EpoСem. Ремонтні роботи виконано відповідно до нормативних вимог. Дослідні зразки в кількості 6 штук було відібрано аналогічним способом.

Визначення кількісних характеристик адгезії виконано на випробувальній машині FP100/1.

Перед механічними випробуваннями з визначення сили, необхідної для відриву ремонтної суміші від поверхні бетону, зразки було висушено до постійної маси. Вибрана шкала навантаження від 0 до 20 кН.

Адгезію ремонтної суміші до бетону, R_p [МПа], визначали за формулою

$$R_p = P/A, \quad (1)$$

де P – величина навантаження, кН; A – площа відриву (перерізу зразка), м².

Характеристика матеріалу облицювання.

1) Для відновлення бетонних поверхонь відвідного водогону № 2 використано цементно-піщану суміш з додатком трьохкомпонентної модифікованої композиції Sikagard 720 EpoСem та прискорювача для бетону Sigunit 49 AF (виробник підприємство SIKA). Суміш наносили на підготовлену поверхню торкретним способом.

2) Для відновлення бетонних поверхонь секції №4 водовипуску використано цементно-піщану суміш з додатком композиції Sikagard 720 EpoСem.

Композиційні матеріали, які застосовано при виготовленні ремонтних сумішей для відновлення бетонних поверхонь гідротехнічних споруд, відносяться до сучасних, широко апробованих матеріалів.

Результати визначення адгезії. Випробування відібраних на об'єктах зразків з визначенням кількісних характеристик адгезії ремонтного шару цементно-піщаних сумішей з основою – підготовленою бетонною поверхнею, виконаною в лабораторних умовах. Результати випробувань зведено в журнали і наведено в таблицях 1 і 2.

Висновки. За результатами отриманими під час випробувань з визначення кількісних характеристик адгезії ремонтних сумішей з додатками композиційних матеріалів Sikagard 720 EpoСem та Sigunit 49 AF до бетону, що підлягає покриттю, з підготовленою поверхнею, можна зробити заключення, що границя міцності на розтяг по по-



верхні контакту відповідає задекларованим технічним показникам для даних матеріалів.

Журнал випробувань з визначення міцності зчеплення лицьового шару бетону з основою

Вид випробувального обладнання: Випробувальна машина FP 100/1.

Дата проведення випробувань: 22 грудня 2008 року.

Вибрана шкала навантаження: від 0 до 20 кН.

Вид облицювання: основа — підготовлений бетон з чистою поверхнею; матеріал облицювання — суміш на основі Sikagard 720 EpoCem + Sigunit 49 AF.

Відбір проб та випробування зразків здійснено відповідно до ГОСТ 28574.

Місце відбору проб: відвідний водогін № 2 Дністровської ГАЕС. Табл. 1.

Журнал випробувань з визначення міцності зчеплення лицьового шару бетону з основою.

Вид випробувального обладнання: Випробувальна машина FP 100/1.

Дата проведення випробувань: 22 грудня 2008 року.

Вибрана шкала навантаження: від 0 до 20 кН.

Вид облицювання: основа — підготовлений бетон з чистою поверхнею; матеріал облицювання — суміш на основі Sikagard 720 EpoCem.

Відбір проб та випробування зразків здійснено відповідно до ГОСТ 28574.

Місце відбору проб: секція водовипуску № 4 Дністровської ГАЕС. Табл. 2.



Рис. 3. Вид Тишрінського гідровузла з верхнього б'єфу

2. Дослідження роботи деформаційного шва будівлі Тишрінської ГЕС на річці Євфрат

Тишрінський гідровузел побудовано на річці Євфрат в Сирійській Арабській Республіці. До його складу входять: споруда ГЕС, земляна гребля, що перекидає основне русло річки Євфрат, підвідний канал для подачі води до гідроагрегатів ГЕС та до катастрофічного водоскиду, який примикає до будівлі гідроелектростанції з правої сторони і перегороджений земляною перемичкою з укріпленням верхового укусу бетонними плитами внапуск.

Види споруд гідровузла з верхнього та нижнього б'єфів і машинного залу ГЕС наведено на Рис. 3–5.

Будівля ГЕС складається з трьох спарених секцій та правого і лівого стоянів. Ширина однієї секції — 55,4 м. Довжина секції від напірної стінки верхнього б'єфу (ВБ) до стінки нижнього б'єфу (НБ) складає 75,5 м. Позначка

Таблиця 1.

Марка зразка (керн за № 2)	Дата виготовлення	Границя міцності бетону облицювання при стиску $R_{ст}$, МПа	Площа відриву A , см ²	Вологість зразка	Величина навантаження P , кН	Границя міцності на розтяг R_p , МПа	Відхилення від середнього значення, %
1	20.11.08	26,0	29,2	Зразки, висушені до постійної маси	10,3	3,51	-3,9
2		26,8	35,2		12,9	3,65	-0,1
3		33,4	34,2		13,0	3,8	4,0
4		27,1	31,2		11,0	3,52	-3,7
5		28,3	30,2		11,4	3,79	3,7
Середнє значення:						3,65	

Таблиця 2.

Марка зразка (керн за № 4)	Дата виготовлення	Границя міцності бетону облицювання при стиску $R_{ст}$, МПа	Площа відриву A , см ²	Вологість зразка	Величина навантаження P , кН	Границя міцності на розтяг R_p , МПа	Відхилення від середнього значення, %
1	20.11.08	26,0	15,9	Зразки висушені до постійної маси	5,7	3,59	-1,8
2		26,8	18,8		7,1	3,78	3,4
3		33,4	18,1		6,9	3,82	4,5
4		27,1	16,6		6,4	3,85	5,4
5		28,3	17,3		6,6	3,79	3,7
Середнє значення:						3,77	



Рис. 4. Вид Тишрінського гідровузла з нижнього б'єфу



Рис. 5. Машинний зал ГЕС Тишрінського гідровузла

НПР — 325,00 м, ФПР — 328,00 м, рівень води НБ — 294,50 м, максимальний рівень води НБ — 304,20 м.

Найнижча позначка підшови греблі в місці розташування мокрої потерни складає 263,00 м. Позначка підшови греблі зі сторони ВБ — 268,50 м, позначка для оглядових галерей та шахти — 270,50 м.

Особливістю конструкції сумісної ГЕС є те, що водоскидний тракт проходить під машинною залюю, тому підшва будівлі гідроелектростанції заглиблена і розташовується на відносно міцній скельній основі. В підшві земляної греблі залягають алювіальні відкладення.

Під час експлуатації гідровузла проблемним виявилось ущільнення шва № 2 між першою та другою секціями ГЕС. Максимальний розрахунковий напір на ущільнення шва зі сторони ВБ складає — 54,5 м. Шов має змінну ширину: в нижній частині секції від позначки підшови — 258,50 м до позначки — 287,50 м, ширина шва складає — 0,02 м, шов повністю по всій довжині від ВБ до НБ заповнено холодною асфальтною мастикою (рис. 6); у верхній частині, від позначки — 287,50 м до верху секції — позначка 329,00 м, шов пустотілий і має ширину — 0,5 м. Конструкцію контурного ущільнення зі сторони ВБ зображено на Рис. 9 (розріз 1—1 зроблено нижче позначки 287,50 м, тобто в місці де шов має ширину 0,02 м; вище позначки 287,50 м ущільнення шва має аналогічну конструкцію (тип 4), однак ширина шва — 0,05 м і він пустотілий). На напірній грані влаштовано порожнину, в якій розташовано залізобетонний брус клиноподібної форми (контурне ущільнення). На площину порожнини зі сторони шва нанесено шар холодної асфальтної мастики товщиною — 0,02 м, до якої напором води притискується брус. Інші поверхні порожнини двічі пофарбовано гарячим бітумом.

Зі сторони оглядової шахти, яка знаходиться на відстані біля 25 м від напірної грані, ущільнення виконано по типу 1 — шов пе-

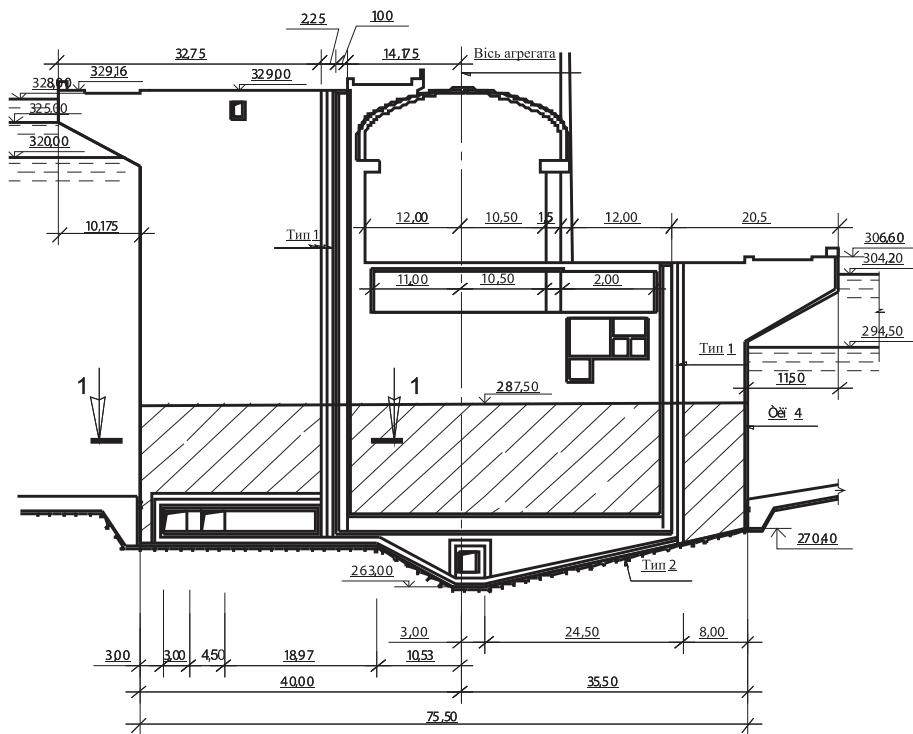


Рис. 6. Поперечний розріз по осі шва (розміри в м.)



рекрито трьома вертикальними повздовжніми діафрагмами на відстані 0,75 м одна від одної. Полотнища діафрагм по висоті з'єднувалися методом зварювання або стикування в наклад.

Натурними дослідженнями визначено та встановлено наступне: 1) динаміку відносних переміщень секцій № 1 і № 2 в поздовжньому (по осі греблі, Δx) та поперечному (по осі потоку, Δy) напрямках; 2) фільтраційну витрату в шві № 2 (фільтрація в інших швах незначна); 3) стан залізобетонного бруса зовнішнього ущільнення по типу 4 з боку ВБ по всій його підводній частині.

Результати вимірювання відносних переміщень секцій № 1 і № 2 показали, що перші значимі переміщення було зафіксовано в 1998 році. Протягом року вони змінюються й в значній мірі залежать від температурних градієнтів, що діють на масиви бетону секцій.

Підводна фотозйомка залізобетонного бруса, який закриває шов зі сторони ВБ, показала, що брус має руйнування, особливо значимі на проміжку між позначками 294,00 м і 311,00 м. У місцях примикання бруса до масиву секційного бетону зафіксовано щілини до 0,5 см і більше. На основі аналізу отриманих результатів можна зробити висновок, що розвантаження напруження в секціях, зумовлених температурними деформаціями та відносними переміщеннями секцій, відбулося на залізобетонному брусі та викликало руйнування його граней та появу протічних щілин.

Значиму фільтраційну витрату було зафіксовано у 2005 році. При чому зосереджене протікання води через шов у вертикальну шахту зафіксовано на позначці – 289,00 м (Рис. 7). Якщо у 2005 році фільтраційна витрата складала 0,95 л/с, то максимальна фільтраційна витрата у 2007 році збільшилась до 6,52 л/с (для порівняння, максимальна зафіксована витрата в інших швах складає 0,071 л/с). Протягом року фільтраційна витрата змінюється через закриття шва внаслідок температурних деформацій в літній період (мінімальна витрата у 2007 році – 1,26 л/с) та відповідне розкриття шва у зимовий період (Рис. 8, 9).

Поява фільтраційної витрати лише через певний час після виникнення значимих деформацій та граней залізобетонного бруса пояснюється тим, що продавлення гумових діафрагм ущільнення типу 1 (Рис. 7) відбулося не відразу. В часі полотнища гумових діафрагм під дією гідростатичного напору були зруйновані, можливо в місцях зварювання

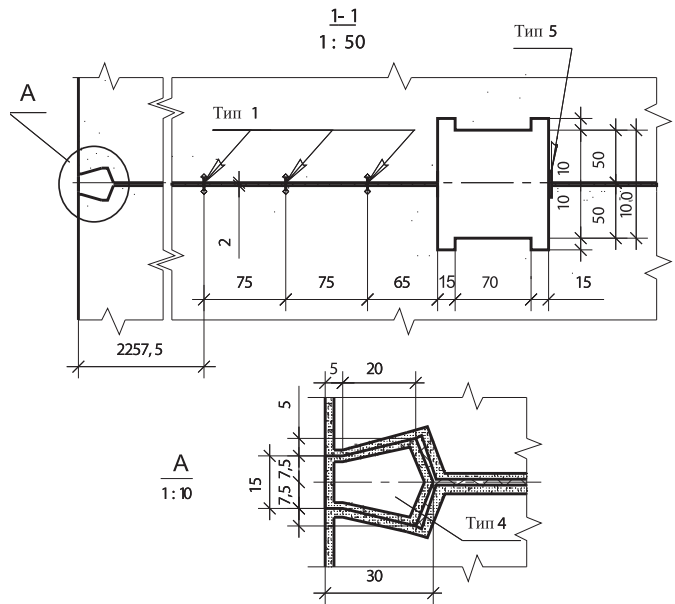


Рис. 7. Конструкція деформаційного шва (верхня частина) (розміри в см)

полотнищ або за причини неякісного їх з'єднання в напуск.



Рис. 8. Реальний стан деформаційного шва (видно продукти корозії бетону)



Рис. 9. Акумуляція фільтраційної води, вимірювання її витрати та відбір проб для аналізу процесів корозії бетону



Висновок. З метою попередження розвитку негативних процесів руйнування ущільнення шва необхідно провести ремонтні роботи згідно нормативних вимог [3–6]. Пропонується виконати свердловину діаметром не менше 0,15 м по усіх швах на відстані 1–2 м від напірної грані до позначки підосви греблі, та заповнити її сучасним протифільтраційним композиційним матеріалом.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Поташич С.И., Рассовский В.Л., Жук А.П., Мартинчик В.Ф., Бондаренко Ю.Н.* Пуск первого гидроагрегата Днепро-Днепродзержинской ГАЭС // Гідроенергетика України. — 2009. — № 3. — С. 6–16.

2. *Вайнберг О.І., Хлапук М.М., Рябенко О.А., Шинкарук Л.А.* Дністровська ГАЕС: нові досягнення гідроенергетики України в гідротехнічному будівництві // Гідроенергетика України. — 2009. — № 3. — С. 21–25.

3. *Гидроизоляция энергетических сооружений.* Нормы проектирования. ВСН 97–70. — Л.: Энергия, 1972. — 86 с.

4. *Противофильтрационные уплотнения деформационных швов гидротехнических сооружений.* — Л.: Энергия, 1973. — 39 с.

5. *Рекомендации по обеспечению прочности и плотности горизонтальных строительных швов массивных напорных сооружений.* П 16–74. — Л.: Энергия, 1975. — 16 с.

6. *Щавелев Н.Ф.* Уплотнение швов массивных гидросооружений. — Л.: Энергия, 1970. — 136 с.

© Хлапук М.М., Шинкарук Л.А., Безусяк О.В., Ясінська Л.Р., 2014



УДК 626.8:628.16.068



СОЛОДКИЙ О.Д., канд. техн. наук, доцент,
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЬНИХ ВОДОЗАБІРНО-ОЧИЩУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ НА НАСОСНИХ СТАНЦІЯХ

доповідь на VI Міжнародній конференції

Проведений аналіз доцільності використання модульних водозабірно-очищувальних засобів на насосних станціях. Наведені основні переваги сітчастих конічних засобів, підтверджені лабораторними та польовими випробуваннями.

Метою статті є виявлення і узагальнення переваг сітчастих водозабірно-очищувальних засобів, що розміщуються на водопровідному тракті насосних станцій для очищення води, яка подається споживачам у різних галузях господарства.

У Національному університеті водного господарства і природокористування досліджуються водозабірно-очищувальні засоби різних типів. Розроблені основні принципи розрахунку вдосконалених конструкцій, проведені їх польові випробування [1, 2].

Відомо, що біля 90 % механічних часток, які забруднюють поверхневі вододжерела, мають органічне походження. Оскільки питома вага таких часток близька до питомої ваги води, найбільш раціональним способом очищення поливної води є фільтрування з допомогою металевих сіток [2]. Таким чином, використання у сучасних умовах конструкцій сітчастих водозабірно-очищувальних засобів є визначальним.

Найбільш узагальненими характеристиками сітчастих конструкцій є наступні:

1) просторові — розміщення водозабірно-очищувальних засобів на насосних станціях і положення його осі (горизонтальне, вертикальне);

2) конструктивні — тип приводу, форма робочого органа, тип органу регенерації, ознака прямоточності;

3) експлуатаційні — включають циклічність роботи конструкції, ступінь очищення води, основні гідравлічні параметри, спосіб управління.

Сформулюємо основні вимоги до сітчастих водозабірно-очищувальних засобів, що розміщуються, на трубопроводах насосних станцій, або у водозаборі:

1) ефективна робота незалежно від режиму вододжерела;

2) забезпечення необхідного ступеня очищення рідини незалежно від режиму роботи насосних станцій;