ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.113: 628.16.06

Назаров С. М., к.т.н., доцент, Солодкий О. Д., к.т.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РЕЗУЛЬТАТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОМИВНИХ СИСТЕМ СІТЧАСТИХ СТРУМЕНЕРЕАКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ РІЗНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Наведені результати розрахунку областей застосування сітчастих струменереактивних фільтрів (ССФ) різної продуктивності та енергетичних параметрів їх промивних систем для характерних умов встановлення цих фільтрів на водозаборах.
Ключові слова: **сітчастий струменереактивний фільтр, область застосування, потужність, сітка.**

Рибозахист та попереднє очищення води (сміттєзатримування) при заборі її з вузьких водотоків достатньо успішно здійснюється на сітчастих струменереактивних фільтрах ССФ [1, С. 75; 2, С. 37; 3, С. 36], що являють собою циліндричні забірно-очисні оголовки з промивним пристроєм – флейтою – всередині. Остання рухається в двох підшипниках за принципом сегнерова колеса, а затоплені струмені, які її обертають, одночасно промивають сітку від затриманих забруднень і мальків. Енергоощадна методика розрахунку ССФ [4] враховує фактори впливу на енергетичні параметри фільтрів і дозволяє мінімізувати енергоємність їх роботи.

В результаті проведених досліджень [5] були розроблені критерії для оцінки умов застосування і виділення областей застосування ССФ на водозаборах. Області раціонального комплексного застосування (**РК**) та умовно-припустимого застосування (**УП**) ССФ характеризуються можливістю живлення їх промивних систем відповідно основними низьконапірним і високонапірним насосами на НС-І та витратами в промивних системах відповідно в межах 3% та 5% продуктивності фільтра. В області недоцільного застосування ССФ (**Н**) їх промивні системи можуть живитись лише спеціальними промивними насосами.

Подальшими дослідженнями [6; 7; 8; 9] були визначені такі області для ССФ різної продуктивності в різних умовах водозаборів з характерними для встановлення сітчастих струменереактивних фільтрів діапазонами значень відносної ширини водотоку $\overline{L}$ та відносної витрати водозабору $\overline{Q}$. Були обрані раціональні типи сіток для

ССФ і для обраних сіток визначені ступінь і характер впливу їх параметрів (коефіцієнта живого перерізу *C*, розміру вічка *a*, швидкості втікання води у сітку v_c) на основний енергетичний показник роботи фільтра $\overline{N}$ (відношення потужності, що витрачається при роботі фільтра до потужності насоса). Також були встановлені основні закономірності оптимізації базових конструктивних параметрів флейти (діаметра промивних отворів d_o та кроку їх розташування на плечах флейти *t*) з метою переведення умов роботи фільтра в енергетично сприятливішу область застосування.

Метою даної роботи є аналіз і узагальнення отриманих раніше результатів досліджень для фільтрів різних продуктивностей при їх роботі в умовах джерел з об'ємною концентрацією забруднень у воді ξ=0,0001.

В таблицях 1, 2 та на рис. 1, 2 дається підсумкове порівняння результатів досліджень областей застосування фільтрів ССФ-50, ССФ-200 та ССФ-500 та енергетичних параметрів їх промивних систем. Основні закономірності розповсюдження областей **РК**, **УП**, **Н** та зміна основного енергетичного показника $\overline{N}$ для різних умов роботи цих фільтрів зберігаються, а окремі наведені результати, що виділяються з-поміж сусідніх, не є випадковими, а пояснюються дискретним підходом до розрахунків та вибору вихідних даних (параметри сіток, продуктивності фільтрів тощо) за програмою «SSF2». Як зазначалось при аналізі результатів попередніх досліджень [8; 9], вони відповідають фізико-математичній моделі, покладеній в основу алгоритму розрахунків.

Аналіз даних, наведених в таблиці 1, дає можливість зробити висновок про більшу енергетичну ефективність фільтрів з прийнятою в проекті швидкістю втікання води в сітку v_c=0,25 м/с та фільтрів з найменш густою сіткою C_6. Область **РК** для таких фільтрів є більш розповсюдженою, а проектування ССФ в умовах, охоплених цією областю, гарантує принаймні одну з переваг: можливість живлення промивної системи фільтрів основним низьконапірним насосом водозабору; скорочення витрат води на власні потреби водозабору; зменшення витрат енергії на обслуговування ССФ. При більшій швидкості v_c також зменшуються проектні розміри ССФ.

Діаграми на рис. 1 ілюструють відсоткове розповсюдження областей застосування ССФ різної продуктивності із дослідженими сітками в різних умовах їх встановлення на водозаборах. Енергетична сприятливість сіток зростає із збільшенням їх коефіцієнту живого перерізу. В той же час при виборі типу сітки в проекті ССФ слід враховувати забезпечення найбільш густою сіткою C_4 захисту від потрапляння у водоприймач мальків меншого розміру, ніж сітка C_5 [3, С. 7],

Таблиця 1

Області застосування ССФ-50, ССФ-200 , ССФ-500 з малогустими сітками на водозаборах з поверхневих джерел

$\bar{L}$		5			10			20			40		
$\bar{Q}$	сітка	*	**	***	*	**	***	*	**	***	*	**	***
v_c = 0,1 м/с													
0,025	C_4	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**Н**	**РК**	**УП**	**Н**
	C_5	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**УП**	**РК**	**УП**	**Н**
	C_6	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**УП**	**РК**	**РК**	**Н**
0,05	C_4	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК·**	**РК**	**УП**	**РК**	**УП**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**
	C_5	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**
	C_6	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**Н**	**УП**	**УП**	**Н**
0,1	C_4	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**
	C_5	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**УП**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**
	C_6	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**УП**	**УП**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**
0,2	C_4	**РК**	**РК**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**
	C_5	**РК**	**РК**	**УП**	**РК**	**УП**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**
	C_6	**РК**	**РК**	**УП**	**РК**	**УП**	**Н**	**УП**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**

продовження табл. 1

$\bar{L}$		5			10			20			40		
$\bar{Q}$	сітка	*	**	***	*	**	***	*	**	***	*	**	***
v_c = 0,1 м/с													
0,025	C_4	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**
	C_5	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**
	C_6	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**
0,05	C_4	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**
	C_5	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**
	C_6	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**
0,1	C_4	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**УП**	**УП**	**Н**
	C_5	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**УП**	**РК**	**Н**
	C_6	**РК·**	**РК·**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**
0,2	C_4	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**УП**	**УП**	**Н**	**Н**	**УП**	**Н**
	C_5	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**УП**	**Н**	**УП**	**УП**	**Н**
	C_6	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**РК**	**УП**	**УП**	**УП**	**Н**

* ССФ-50; ** ССФ-200; ***ССФ-500

· умови залежностей $\bar{N} = f(C)$ із значеннями критерійного показника $\Delta N / N_{нн} \leq 0{,}00015$

та можливість швидкої втрати пропускної здатності дрібнопористою сіткою C_6 в умовах забрудненого джерела.

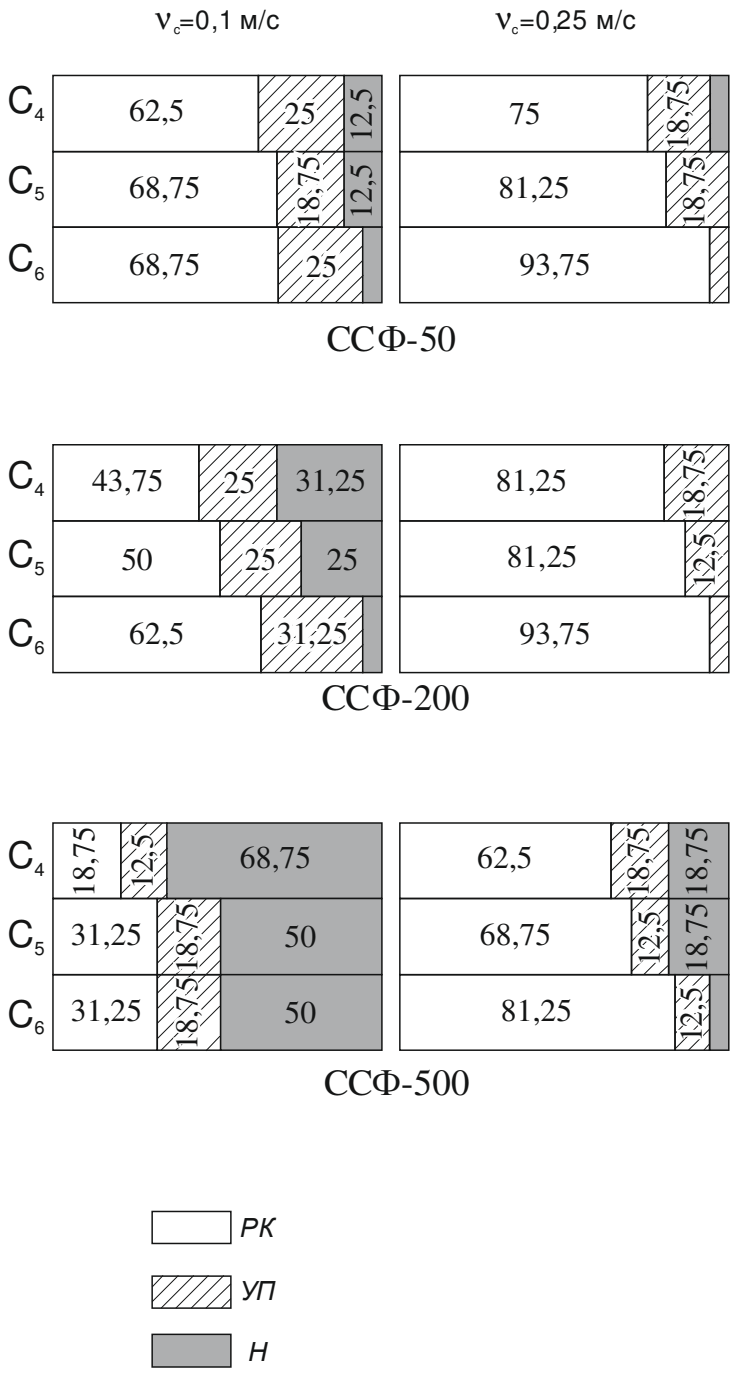

Рис. 1. Розповсюдження (у %) областей застосування ССФ-50, ССФ-200, ССФ-500 із сітками різної густини

Таблиця 2

Основні енергетичні показники роботи ССФ-50, ССФ-200, ССФ-500 в області **РК** при v_c=0,25 м/с

$\bar{Q}$	сітка	$\bar{L}=5$					$\bar{L}=10$				
		ССФ- 50 $\bar{N}_1 \cdot 10^{-2}$	ССФ-200 $\bar{N}_2 \cdot 10^{-2}$	ССФ-500 $\bar{N}_3 \cdot 10^{-2}$	$\frac{N_2}{N_1}$	$\frac{N_3}{N_1}$	ССФ- 50 $\bar{N}_1 \cdot 10^{-2}$	ССФ-200 $\bar{N}_2 \cdot 10^{-2}$	ССФ-500 $\bar{N}_3 \cdot 10^{-2}$	$\frac{N_2}{N_1}$	$\frac{N_3}{N_1}$
0,025	C_4	0,0017	0,0052	0,0069	3,06	4,06	0,0051	0,0075	0,0127	1,47	2,49
	C_5	0,0014	0,0041	0,0054	2,93	3,86	0,0039	0,0058	0,0096	1,49	2,46
	C_6	0,0013	0,0065	0,0088	5,00	6,77	0,0036	0,0085	0,0128	2,36	3,55
0,05	C_4	0,0060	0,0078	0,0141	1,30	2,35	0,0224	0,0196	0,0468	0,88	2,09
	C_5	0,0051	0,0060	0,0102	1,18	2,00	0,0158	0,0144	0,0342	0,91	2,16
	C_6	0,0043	0,0091	0,0138	2,12	3,21	0,0151	0,0147	0,0293	0,97	1,94
0,1	C_4	0,0324	0,0177	0,0449	0,55	1,38	0,2272	0,0796	0,2565	0,35	1,13
	C_5	0,0228	0,0132	0,0305	0,58	1,34	0,1187	0,0577	0,1684	0,49	1,42
	C_6	0,0173	0,0139	0,0265	0,80	1,53	0,1113	0,0404	0,1026	0,36	0,92
0,2	C_4	0,2162	0,0607	0,2000	0,28	0,92	0,2728	0,3524	1,3706	1,29	5,02
	C_5	0,1694	0,0442	0,1315	0,26	0,78	0,2103	0,2674	1,3372	1,27	6,36
	C_6	0,0891	0,0326	0,0796	0,36	0,89	0,1305	0,1722	0,5474	1,24	4,19

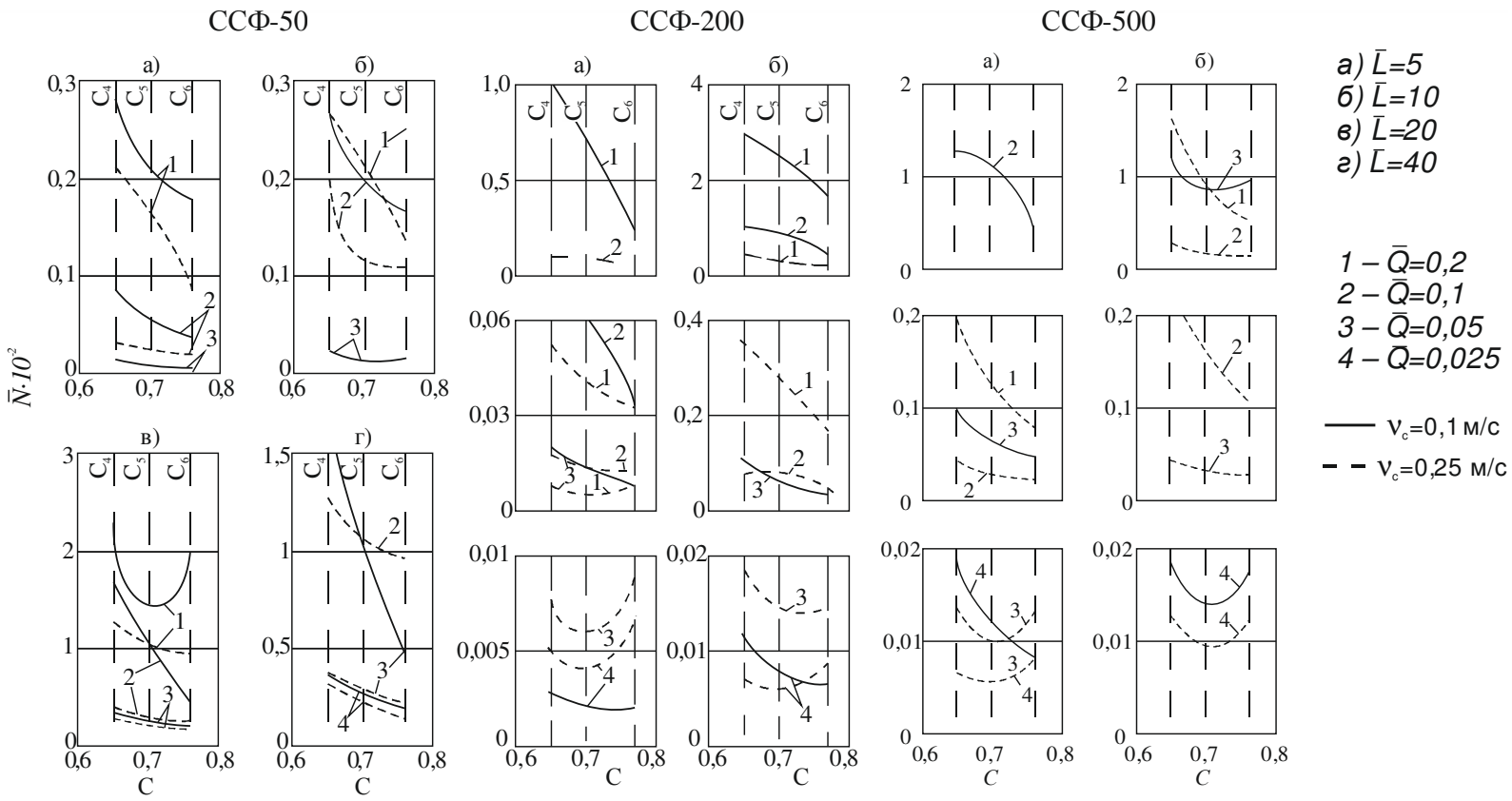

Рис. 2. Графіки $\bar{N} = f(C)$ в межах областей **РК** та **УП** застосування ССФ різної продуктивності

Дані, наведені в таблиці 2, характеризують відносну енергоємність роботи ССФ різної продуктивності в області **РК** при v_c=0,25 м/с. Збільшення витрат енергії для фільтрів із збільшенням значень $\bar{L}$ і $\bar{Q}$ обумовлюється, як було зазначено в [8], зростанням необхідної дальності відштовхування промивними струменями від сітки мальків і сміття у транзитну течію і відповідним зростанням витраченої на створення струменів потужності $N_п$, яка є основною складовою загальної потужності, витраченої при роботі ССФ. Основний енергетичний показник $\bar{N}$ залежать як від значень загальної витраченої потужності, так й від номінальної потужності основного насоса, що живить промивну систему ССФ. Зміна відносної енергетичної ефективності фільтрів різної продуктивності, їх різні розміри та вартість дають можливість порівнювати варіанти проектування водозаборів з ССФ.

Підсумковий аналіз залежностей, наведених на рис. 2, свідчить, що в умовах малих $\bar{L}$ і $\bar{Q}$ розбіжність в значеннях $\bar{N}$ в межах багатьох кривих є несуттєвою. Це дозволяє зробити висновок, що при проектуванні ССФ в таких умовах вибір типу сітки можна проводити, виходячи суто з вимог рибозахисту і сміттєзатримування без врахування витрат енергії. Подібні рішення допускається приймати, якщо значення критерійного показника залежності $\bar{N} = f(C)$ знаходиться в межах $\Delta N/N_{нн} \leq 0{,}00015$, де ΔN – найбільша розбіжність в значеннях N для даної кривої, кВт; $N_{нн}$ – потужність низьконапірного насоса при його подачі, що відповідає про-дуктивності ССФ, кВт. В таких випадках річні витрати енергії при роботі ССФ, підраховані за значенням ΔN, чисельно не перевищують номінальну потужність насоса. Умови залежностей $\bar{N} = f(C)$ із значеннями критерійного показника до 0,00015 відмічені в таблиці 1.

По результатах досліджень на даному їх етапі можна зробити наступні узагальнюючи висновки:

– ССФ будь-якої продуктивності доцільно встановлювати в умовах малої відносної ширини водотоку при малій відносній витраті водозабору;

– в умовах відносно широких водотоків ($\bar{L}$ >20) практично при всіх відносних витратах водозаборів встановлення фільтра ССФ-500 є недоцільним;

– при комплексному використанні ССФ (для рибозахисту та сміттєзатримування) швидкість втікання води в сітку має прийматись залежно від меженної швидкості у водотоці [10, С. 59];

— при використанні ССФ суто для сміттєзатримування слід приймати швидкість втікання води в сітку 0,25 м/с;

— більший енергетичний ефект та кращий рибозахист у технічному аспекті забезпечується на фільтрах з найменш густою сіткою C_6, яка має при тому малі розміри вічок. Однак при проектуванні ССФ слід приймати до уваги малу механічну міцність цієї сітки та можливість швидкої втрати нею пропускної здатності в умовах забрудненого джерела;

— у визначених випадках малих відносних ширин водотоків відносних витрат водозаборів тип сітки фільтра можна приймати за ТЕР суто за вимогою рибозахисту та сміттєзатримування без врахуванняі витрат енергії при роботі ССФ;

— результати проведених досліджень слід враховувати при проведенні техніко-економічної оцінки варіанта проектування.

1. Булава М. Н. Водозабірні і гідротехнічні споруди / Булава М. Н., Кудін С. М. – Київ : Вища школа, 1974. – 229 с. **2.** Мусиенко Б. А. Водозаборы оросительных систем и охрана природы / Мусиенко Б. А., Подласов А. В., Фильчагов Л. П. – Киев : Будівельник, 1982. – 116 с. **3.** Опыт применения рыбозащитных сооружений и конструкций на ирригационных насосных станциях. – М. : Минводхоз СССР, Главводпроект, Гипроводхоз, 1967. – 91 с. **4.** Назаров С. М. Оптимальні параметри системи промиву сітчастих струменереактивних фільтрів / Назаров С. М. // Гідромеліорація і гідротехнічне буд-во. – 1992. – Вип. 19. – С. 83–86. **5.** Назаров С. М. Визначення області раціонального застосування сітчастих струмене-реактивних фільтрів за параметрами їх промивної системи / Назаров С. М., Пугачов Є. В. // Гідромеліорація і гідротехнічне буд-во. – 2005. – Вип. 30. – С. 199–206. **6.** Назаров С. М. Вплив параметрів сітки на енергетичні показники роботи сітчастих струменереактивних фільтрів / Назаров С. М. // Гідромеліорація і гідротехнічне буд-во. – 2009. – Вип. 34. – С. 230–237. **7.** Назаров С. М. Визначення областей застосування та основного енергетичного показника роботи сітчастих струменереактивних фільтрів з малогустими сітками / Назаров С. М., Магель В. М. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 4(60). – С. 70–79. **8**. Назаров С. М. Оптимізація енергетичних параметрів промивної системи сітчастих струмеререактивних фільтрів середньої продуктивності / Назаров С. М. // Вісник Національного університету водного господарства та при-родокористування. Зб. наук. праць. – 2014. – Вип. 4(68). – С. 173–183. **9**. Назаров С. М. Оптимізація енергетичних параметрів промивної системи сітчастих струменереактивних фільтрів великої продуктивності / Назаров С. М. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Зб. наук. праць. – 2016. – Вип. 2(74). – С. 183–192. **10.** Державні будівельні норми України. Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Основні положення проектування.

ДБН В.2.5-74:2013. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 280 с.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУВГП)

Nazarov S. M., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Solodkyi O. D., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

RESULTS OF OPTIMIZATION OF WASHING OUT SYSTEM OF MESH JET-REACTION FILTERS BY VARIOUS PRODUCTIVITY

Results of calculating the areas of using mesh jet-reaction filters (MJRF) of various productivity and power parameters of their washing out systems for peculiar condutions of establishing these filters at water intake installations are given.
Keywords: **mesh jet-reaction filter, area of using, relative power, mesh.**

Назаров С. Н., к.т.н., доцент, Солодкий А. Д., к.т.н., доцент
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫВНЫХ СИСТЕМ СЕТЧАТЫХ СТРУЕРЕАКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ РАЗНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Приведены результаты расчёта областей использования сетчатых струереактивных фильтров (ССФ) разной производительности и энергетических параметров их промывных систем для характерных условий установки этих фильтров на водозаборах.
Ключевые слова: **сетчатый струереактивный фильтр, область использования, мощность, сетка.**