
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION,
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 631.674.5

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.11>

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИСОКОНАПІРНИХ ДОЩУВАЛЬНИХ МАШИН «ФРЕГАТ»

Волошин М.М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0467-1963

У статті запропоновано техніко-економічне обґрунтування з удосконалення та модернізації існуючої дощувальної техніки з метою зменшення енергозатрат при вирощуванні сільськогосподарських культур. Наведені проблеми, які потребують розв'язання. Наведена мета дослідження питання стосовно можливості та доцільності модернізації існуючих застарілих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» у низьконапірні модифікації з одночасною модернізацією насосного обладнання. Пропонується переобладнання існуючих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» в модифікацію низьконапірних, що в свою чергу вплине на покращення ґрунтового покриву. Наведено характеристики та параметри запропонованих сучасних дощувачів. Приведено як приклад розрахунку економічної ефективності реконструкції системи зрошення, розглянуті питання впровадження енергозберігаючих технологій на зрошувальній системі, а саме: переобладнання дощувальних машин типу «Фрегат» марки ДМУ Б – 394-80 на модифікацію машини «Фрегат», марки ДМУ Бм – 394-45, шляхом заміни високоінтенсивних дощувачів на сучасні низькоінтенсивні та гідроциліндри; модернізація насосної станції, а саме насосів марки 200 Д 90 (200 Д 60) на насоси 200 Д 90 (200 Д 60 б). Визначені основні техніко-економічні показники до модернізації та після. Встановлено доцільність та ефективність використання капіталовкладень та їх швидку окупність для модернізації високонапірних дощувальних машин «Фрегат».

Ключові слова: техніко-економічне обґрунтування, модернізація, дощувальна машина «Фрегат», дощувач, параметри дощувачів, насосне обладнання.

Voloshin M.M. Technical and economic rationale for modernization of high pressure sprinkling machines “Frigate”

The article offers a feasibility study for the improvement and modernization of existing sprinklers in order to reduce energy consumption in the cultivation of crops. Here are some issues that need to be addressed. The purpose of the research on the possibility and expediency

of modernization of existing obsolete high-pressure sprinklers "Frigate" in low-pressure modifications with simultaneous modernization of pumping equipment. It is proposed to re-equip the existing high-pressure sprinklers "Frigate" in the modification of low-pressure, which in turn will affect the improvement of soil cover. The characteristics and parameters of the proposed modern sprinklers are given. The example of calculation of economic efficiency of reconstruction of irrigation system is given, questions of introduction of energy saving technologies on irrigation system are considered, namely: re-equipment of sprinklers like "Frigate" of DMU B – 394–80 brand on modification of "Frigate" machine, DMU Bnm – 394-45, by replacing high-intensity sprinklers with modern low-intensity and hydraulic cylinders; modernization of the pumping station, namely pumps of the brand 200 D 90 (200 D 60) on pumps 200 D 90 (200 D 60 b). The main technical and economic indicators before and after modernization are determined. The expediency and efficiency of the use of capital investments and their quick payback for the modernization of high-pressure sprinklers "Frigate" have been established.

Key words: *feasibility study, modernization, frigate sprinkler, sprinkler, sprinkler parameters, pumping equipment.*

Постановка проблеми. В сучасних умовах ведення зрошуваного землеробства важливим напрямком розвитку є удосконалення та модернізація існуючої дощувальної техніки з метою зменшення енергозатрат при вирощуванні сільсько-господарських культур [1].

Проблемами, які потребують розв'язання, є:

– неспроможність зрошувальних систем виконувати функції з ресурсного забезпечення в роки з несприятливими погодними умовами через вкрай низький рівень використання наявного потенціалу;

– недосконалість законодавства з питань управління водними ресурсами та меліорації земель, внаслідок чого залишаються нерегульованими питання, що визначають умови та можливості сталого функціонування на засадах децентралізації шляхом залучення до управління та експлуатації водокористувачів як основи поступового переведення зрошення на самофінансування;

– недосконалість системи управління водними ресурсами та меліорацією земель, для якої притаманні високий ступінь централізації, практично повна відстороненість водокористувачів від управління та формування тарифів на послуги з подачі води, недостатній рівень фінансування через відсутність коштів у державному бюджеті за одночасної неможливості залучення інвестицій на здійснення заходів з модернізації, реконструкції наявної інфраструктури та розширення площ поливу [1].

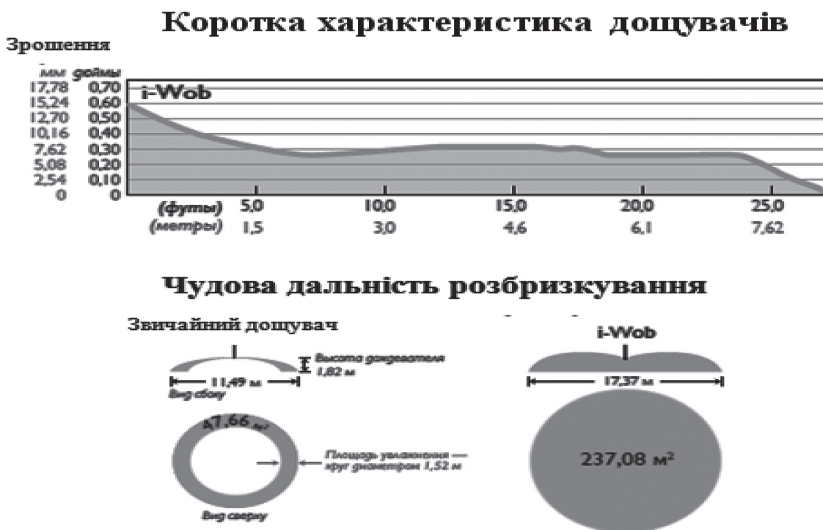
Постановка завдання. Метою дослідження є вивчення питання стосовно можливості та доцільності модернізації існуючих застарілих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» у низьконапірні модифікації з одночасною модернізацією насосного обладнання. Використання необхідних комплектуючих при заміні елементів дощувальної техніки, вплив на ґрунтовий покрив та систему зрошення в цілому.

Виклад основного матеріалу дослідження. За останні 30 років в Україні більше ніж у 3 рази скоротилась кількість дощувальних машин. В поточному 2020 році аграрники мають у користуванні 10,6 тис. одиниць техніки. В 2001 році ця цифра складала 12,87 тис. одиниць, в 1995 році – 28,9 тис. одиниць, 1990 рік – 33,1 тис. одиниць [2]. Із загальної кількості дощувальних машин в 2020 році – на дощувальні машини «Фрегат» в Херсонській області припадає 2521 шт., із них більше 60% це високонапірні дощувальні машини.

Для вирішення питання зниження енергоємності зрошення пропонується переобладнання існуючих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» в модифікацію низьконапірних, що в свою чергу вплине на покращення ґрунтового покриття.

Наведемо приклад одного із варіантів модернізації дощувальних машин «Фрегат». На ділянці, що розглядається були запроєктовані високо напірні дощувальні машини «Фрегат». Але у зв'язку із зростаючою ціною електроенергії пропонується переобладнання їх під модифікацію низьконапірних дощувальних машин. Це можливо досягти шляхом заміни дощувачів та гідроциліндрів на машині.

Наведемо коротку характеристику сучасних дощувачів. Дощувач Senninger i-Wob [3] є найпрогресивнішим з пропонованих для систем зрошення кругового і лінійного типу. Використовувана в конструкції унікальна оберտальна дія разом з геометрією каналок забезпечує постійний розмір крапель і виняткову рівномірність зрошення на великій площі обхвату. Така конструкція має очевидну перевагу завдяки запобіганню знесення крапель вітром і м'якому, як при звичайному дощі, дії крапель на ґрунт. На відміну від тих, що інших дошують i-Wob не руйнує структуру ґрунту і не допускає надлишкового поливу. Рівномірність зрошення є важливим чинником при зниженні інтенсивності зрошення. Деякі струменеві дощувачі розсіюють воду таким чином, що вона концентрується по периметру кільця довкола зовнішнього діаметру площі обхвату. Такий нерівномірний розподіл води може наводити до негативній дії на поверхню ґрунту. Дощувач i-Wob забезпечує м'якше, однорідніше зрошення. i-Wob забезпечує максимальну площу миттєвого покриття при нижчому тиску, ніж будь-який інший пристрій на ринку, таким чином мінімально впливаючи на поверхню ґрунту і посіви. Чим більше площа поверхні ґрунту, над яким в будь-якій момент часу розсіюється вода, тим менший вплив надає вода, що розбризкується, що дозволяє ґрунту зберегти здатність вбирати воду (рис. 1).



У даному прикладі дощувач *i-Wob* і звичайний струменевий дощувач розбризкують рівний об'єм води, при цьому площа, що охоплює *i-Wob*, в п'ять разів більша (обидва дощувачі працюють при тиску 1,38 бар, на висоті 1,83 м, із діаметром носика 11/32 дюйма [8,73 мм], при витраті води 3 241 л/г, в умовах повного безвітря).

Рис. 1. Порівняння дощувачів

Окрім того, збільшення площі миттєвого покриття знижує швидкість з якою ґрунт повинен вбирати воду. При збереженні швидкості вбирання і збільшенні часу вбирання значно зменшується вірогідність стоку зрошувальної води, і на ґрунті залишаються менш глибокі відбитки коліс. Дощувачі фірми Senninger для кругових і лінійних зрошувальних систем розроблені для досягнення пікової продуктивності при наднизькому тиску 0,69-1,04 бар і максимальному тиску, що рекомендується 1,38 барів. Робота при низькому тиску зменшує вимоги до потужності і знижує витрату електроенергії. Низьке робочий тиск дозволяє в багатьох випадках понизити загальні витрати перекачування води [3].

Розглянемо блок – схему переваги зрошення із низькою інтенсивністю подачі води (рис. 2).



Рис. 2. Блок-схема переваги зрошення із низькою інтенсивністю подачі води

Дощувач Senninger i-Wob пропонується з чотирма різними розсікачами (рис. 3). Це дозволяє регулювати розмір крапель і траєкторію поливу, оптимальним чином враховуючи конфігурацію системи, умови ґрунту і специфіку культури. Також пропонується у комплектації з штуцерним з'єднанням.

Для збереження нормальної роботи добувачів потрібно дотримуватись параметрів, вказаних в приведеній нижче таблиці 1.

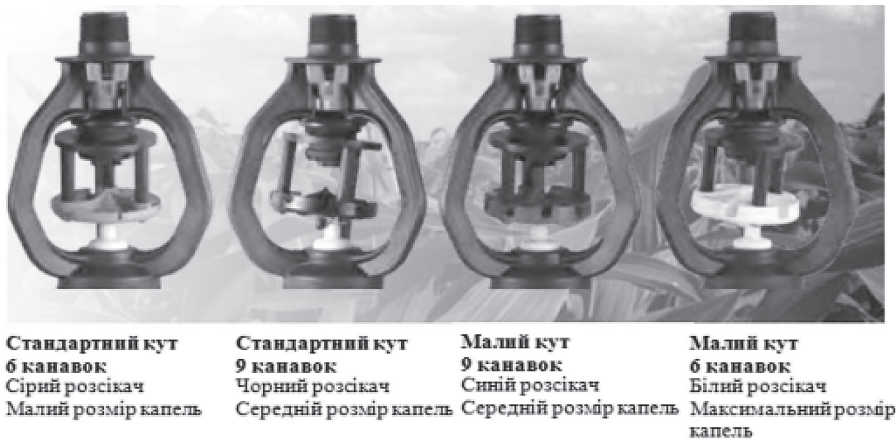


Рис. 3. Моделі дощувачів

Таблиця 1

Параметри дощувачів

| Параметри | SA6G | SA9G | LA9G | LA6G |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Розмір носика | | | | |
| Мінімум | № 10 – 3,57 мм | № 6 – 2,38 мм | № 6 – 2,38 мм | № 12 – 4,76 мм |
| Максимум | № 26 – 10,32 мм | № 26 – 10,32 мм | № 26 – 10,32 мм | № 26 – 10,32 мм |
| Витрата | | | | |
| Мінімум | 509 л/г | 182 л/г | 182 л/г | 736 л/г |
| Максимум | 4811 л/г | 4811 л/г | 4811 л/г | 4811 л/г |
| Відстань між шлангами-підвісами при відстані від землі 1,8 м | 5,5 м | 6,1 м | 5,5 м | 4,6 м |
| Робочий тиск носика | | | | |
| Мінімум | 0,69 бар | 0,69 бар | 0,69 бар | 0,69 бар |
| Максимум | 1,38 бар | 1,38 бар | 1,38 бар | 1,38 бар |

Приведемо важливі умови нормальної роботи дощувачів:

1. Зважаючи на використання в системі i-Wob обертальної дії із зсувом від центру необхідно, щоб вона була оснащена армованим гнучким шлангом завдовжки не менше 0,6 м, встановлюваним над дощувачем.

2. При використанні важка The One ні у якому випадку не встановлюють над ним інший дощувач.

3. При установці над дощувачем i-Wob традиційного важка використовують лише різьбовий важок вагою не менше 0,7 кг завдовжки не більше 0,31 м. Використання навісного важка не допускається, оскільки це може привести до передчасного виходу з ладу дощувальної установки [3].

Наведемо схеми зборки та монтажні компоненти на рисунку 4.

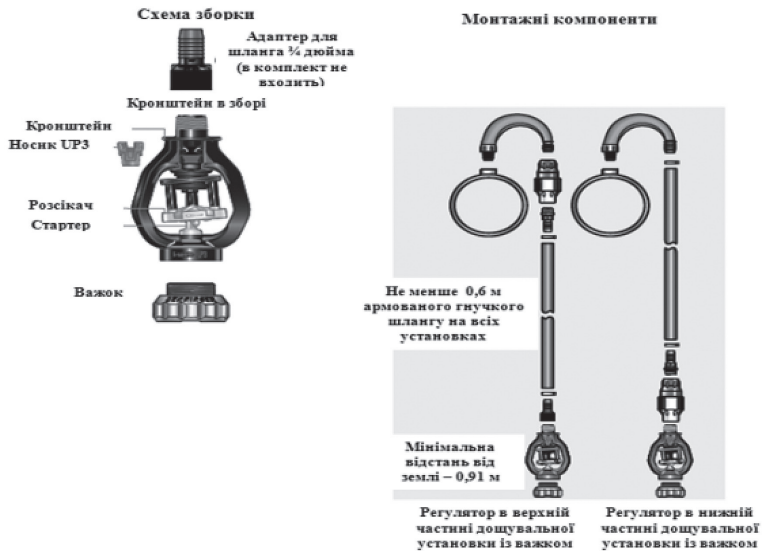


Рис. 4. Схема зборки та монтажні компоненти

Наведемо як приклад розрахунок економічної доцільності модернізації високонапірних дощувальних машин «Фрегат» в модифікацію низьконапірних.

В розрахунку наведена економічна ефективність реконструкції системи зрошення розглянуті питання впровадження енергозберігаючих технологій на зрошувальній системі, а саме:

- переобладнання дощувальних машин типу «Фрегат» марки ДМУ Б – 394-80 на модифікацію машини «Фрегат», марки ДМУ Бнм – 394-45, шляхом заміни високо інтенсивних дощувачів на сучасні низько інтенсивні та гідроциліндри;
- модернізація насосної станції, а саме насосів марки 200 Д 90 (200 Д 60) на насоси 200 Д 90 (200 Д 60 б) [4, 5].

Визначимо необхідні капіталовкладення по формулі:

$$KB = \sum V\phi + \sum V_n, \text{ грн.} \quad (1)$$

де $\sum V\phi$ – сумарні витрати на переобладнання високонапірних дощувальних машин «Фрегат» на модифікацію низьконапірних;

$\sum V_n$ – сумарні витрати на переобладнання насосів на насосній станції.

Сумарні витрати на переобладнання високонапірних дощувальних машин «Фрегат» на модифікацію низьконапірних визначається по формулі:

$$\sum V\phi = V_d * K_d * K_\phi, \text{ грн.} \quad (2)$$

де V_d – вартість одного переобладнання на сучасний низько інтенсивний дощувач, 700 грн;

K_d – кількість дощувачів на одному Фрегаті, 145 шт;

K_ϕ – кількість Фрегатів для модернізації, 12 шт.

Сумарні витрати на переобладнання насосів на насосній станції визначається по формулі:

$$\sum V_n = K_n * V_n, \text{ грн.} \quad (3)$$

де K_n – кількість насосів для переобладнання, 6 шт;

V_n – вартість переобладнання одного насоса, 24000 грн.

Визначимо об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період до і після модернізації насосів.

Об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період до модернізації визначимо по формулі:

$$W_{ел.д.м.} = K_n * N_{н.д.м.} * T_n, \text{ кВт} \quad (4)$$

де K_n – одночасно працюючі насоси на насосній станції, 4 шт;

$N_{н.д.м.}$ – потужність одного електродвигуна, 250 кВт;

T_n – період роботи насосної станції, 24 години * 90 днів.

Об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період після модернізації визначимо по формулі:

$$W_{ел.п.м.} = K_n * N_{н.п.м.} * T_n, \text{ кВт} \quad (5)$$

де K_n – одночасно працюючі насоси на насосній станції, 4 шт;

$N_{н.п.м.}$ – потужність одного електродвигуна, 190 кВт;

T_n – період роботи насосної станції, 24 години * 90 днів.

Визначимо економію об'ємів використаної електроенергії насосної станції за формулою:

$$\Delta W_{ел.} = W_{ел.д.м.} - W_{ел.п.м.}, \text{ кВт} \quad (6)$$

Наведемо графік економії об'ємів використаної електроенергії (рис. 5).

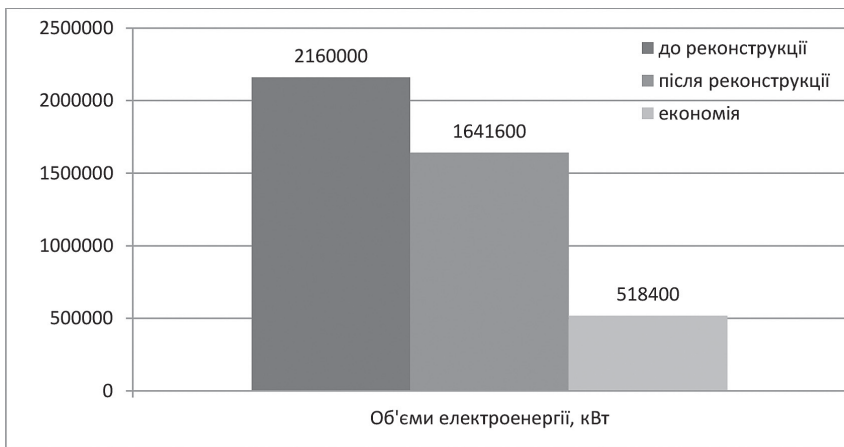


Рис. 5. Графік економії об'ємів використаної електроенергії насосної станції

Визначимо економію використаної електроенергії насосної станції у грошовому виразі за формулою:

$$\Delta E_{ел.} = T_{ел.} * \Delta W_{ел.}, \text{ грн.} \quad (7)$$

де $T_{ел.}$ – тариф на електроенергію, 2,8 грн/кВт*год.

Термін відшкодувань капітальних витрат визначаємо:

$$T = \frac{KB}{\Delta E_{ел.}}, \text{ грн.}, \quad (8)$$

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень розраховується:

$$K_{эф.вк.} = \frac{1}{T}, \quad (9)$$

Рівень рентабельності капітальних витрат вказує який річний прибуток на 1 гривню вкладень:

$$Рк.в. = \frac{\Delta E_{ел.}}{KB} * 100, \% \quad (10)$$

Визначимо рівень капіталовкладень на 1 га по формулі:

$$Рк.в.на\ 1га = \frac{KB}{F}, \text{ грн./га} \quad (11)$$

де F – площа зрошувальної ділянки, – 1200 га.

Визначимо рівень економії на 1 га по формулі:

$$Ре.на\ 1га = \frac{\Delta E_{ел.}}{F}, \text{ грн./га} \quad (12)$$

Всі розрахунки економічної ефективності від модернізації зрошення зводимо до таблиці 2.

Таблиця 2

Зведенні основні техніко-економічні показники

| Показники | До модернізації | | Після модернізації | |
|---|-----------------|---------|--------------------|---------|
| | грн./га | грн. | грн./га | грн. |
| 1. Капіталовкладення, KB: | | | 1135 | 1362000 |
| – сумарні витрати на переобладнання високонапірних дощувальних машин «Фрегат» на низьконапірні модифікації, $\Sigma Вф.$, грн. | | | 1015 | 1218000 |
| – сумарні витрати на переобладнання насосів на насосній станції, $\Sigma Вн.$, грн. | | | 120 | 144000 |
| 2. Об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період, $W_{ел.}$, кВт. | 1800 | 2160000 | 1368 | 1641600 |
| 3. Економія об'ємів використаної електроенергії насосної станції, $\Delta W_{ел.}$, кВт. | | | 432 | 518400 |
| 4. Економія використаної електроенергії насосної станції у грошовому виразі, $\Delta E_{ел.}$, грн. | | | 1209,6 | 1451520 |
| 5. Термін відшкодувань капітальних витрат, T, років | | | | 0,94 |
| 6. Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $K_{ef.вк.}$ | | | | 1,06 |
| 7. Рівень рентабельності капітальних витрат, $Рк.в.$, % | | | | 106 |

Висновки і пропозиції. Таким чином після порівняння двох варіантів техніко-економічних показників до модернізації на сівозмінній ділянці і після встановлено:

1. Капіталовкладення в модернізацію склали 1362000 грн.
2. Об'єм використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період знизився із 2160000 до 1641600 кВт.
3. Економія об'ємів використаної електроенергії насосної станції 1451520 кВт.
4. Термін відшкодувань капітальних витрат склав 0,94 роки.
5. Рівень рентабельності капітальних витрат становить 106 %.

Розрахунки свідчать про доцільність використання модернізації високонапірних дощувальних машин «Фрегат».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року від 14 серпня 2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text>.
2. Волошин М.М. Аналіз та використання сучасної дощувальної техніки. *Таврійський науковий вісник*. 2008. № 57. С. 28–32.
3. «Фрегат – комплект». URL: <http://www.fregat.agro-24.com/category/iwob/>.
4. Каталог насосов применяемых в мелиорации. Республиканский проектно технологический трест «Росоргтехводостой». Москва, 1998. 226 с.
5. Каталог. Насосы центробежные двустороннего входа типа Д и агрегаты электронасосные на их основе. Руководство по эксплуатации. URL: https://mir-nasosov.com.ua/catalog/centrobezhnye-nasosy?gclid=Cj0KCQiAs5eCBhCBARIsAEhk4r75Uhs7obN-PrPJ4oZVYZ_2yHmEE29H0h0vImQSmDzmgCchiqrLlnsaAvnfEALw_wcB

REFERENCES:

1. Irrigation and drainage strategy in Ukraine for the period up to 2030. (2019) from August 14, 2019 № 688-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text>.
2. Voloshin M.M. (2008) Analysis and use of modern sprinkler technology. *Taurian Scientific Bulletin*. № 57. Pp. 28–32.
3. “Frigate – set”. URL: <http://www.fregat.agro-24.com/category/iwob/>
4. Catalog of pumps used in land reclamation. (1998) Republican design and technology trust “Rosorgtechvodostoy”. Moscow. 226 p.
5. Catalog. Centrifugal pumps of a bilateral entrance of type D and units electric pumps on their basis. Operation manual. URL: https://mir-nasosov.com.ua/catalog/centrobezhnye-nasosy?gclid=Cj0KCQiAs5eCBhCBARIsAEhk4r75Uhs7obN-PrPJ4oZVYZ_2yHmEE29H0h0vImQSmDzmgCchiqrLlnsaAvnfEALw_wcB