

Тема 8. Насосні станції 2 підйому

План

1. Режими роботи і подача насосних станцій другого підйому.
2. Визначення напору насосних станцій другого підйому.
3. Протипожежні та спеціальні насоси станцій другого підйому.

Насосні станції другого підйому

Режими роботи і подача насосних станцій другого підйому.

Економічність роботи станції другого підйому багато в чому залежить від правильності вибору режиму її роботи. Оскільки станція другого підйому подає воду безпосередньо в мережу споживача, режим її роботи буде визначатися режимом водоспоживання й наявністю напірно-регулюючих споруд системи водопостачання.

На рис. 1, *a* суцільною лінією показаний ступінчастий графік водоспоживання, якщо коефіцієнт нерівномірності $K=1,35$. Якщо в мережі водокористувача немає напірно-регулюючої споруди (вежі), то для забезпечення споживачів водою в період максимального споживання (за графіком від 9 до 10 год.) часову подачу станції необхідно приймати по максимуму, що дорівнює 5,6% обсягу добового водоспоживання. При розглянутому графіку такий варіант буде неекономічний, тому що тривалість максимального водоспоживання невелика. Подача насосної станції за максимальним значенням часового водоспоживання за годину розрахункового графіка приймається в тому випадку, якщо максимум споживання має тривалий період й амплітуда його коливання невелика. Такі графіки характерні для великих міст із більшим обсягом добового водоспоживання.

Загальну подачу, а отже, і потужність насосної станції можна зменшити, якщо в мережу споживачів включити водонапірну вежу з регулюючою ємністю.

На рис. 1, *a* штрих-пунктирною лінією показаний графік рівномірної протягом доби подачі води насосною станцією.

Часова подача насосів $Q = 100/24 = 4,17\%$ обсягу добового водоспоживання. Порівняння графіків подачі насосів і водоспоживання показує, що за період з 0 до 6 і з 23 до 24 год. водоспоживання менше подачі, а надлишковий обсяг води надходить у бак водонапірної вежі. За період від 6 до 23 год. (крім періоду від 13 до 15 і від 17 до 18 год.) на додаток до обсягу води, що перекачується насосами споживач одержує воду від водонапірної вежі. У такий спосіб здійснюється добове регулювання подачі води споживачеві. При рівномірній подачі регулюючий обсяг визначається площею, обмеженою графіком водоспоживання, розташованою під лінією, що характеризує подачу насосів (заштрихована площа), становить $6,98\%$ обсягу добового водоспоживання. Однак при наявності в системі регулюючої ємності не завжди можна подачу насосної станції призначити рівною середньодобовому водоспоживанню. При високому коефіцієнті нерівномірності або при значних обсягах добового водоспоживання регулююча ємність водонапірної вежі може вийти занадто великою. Її будівництво виявиться економічно недоцільним.

Для зменшення регулюючої ємності приймають ступінчастий графік подачі насосної станції, наближаючи його до графіка водоспоживання. Звичайне число ступенів графіка подачі призначають не більше трьох, тому що його збільшення призводить до збільшення кількості насосів, що знижує економічні показники насосної станції. Робота насосної станції за графіком показана на рис. 1, *a* (штрихова лінія).

З 0 до 4 год. працює перша група насосів з подачею $2,5\%$, а з 4 до 24 год. до першої групи підключається друга група насосів, і повна їх часова подача дорівнює $4,5\%$ обсягу добового водоспоживання. При наявності в системі водонапірної вежі при східчастій подачі буде здійснюватися добове регулювання. При східчастій подачі в порівнянні з рівномірною подачею регулюючий обсяг буде значно менше - $2,5\%$ обсягу добового водоспоживання.

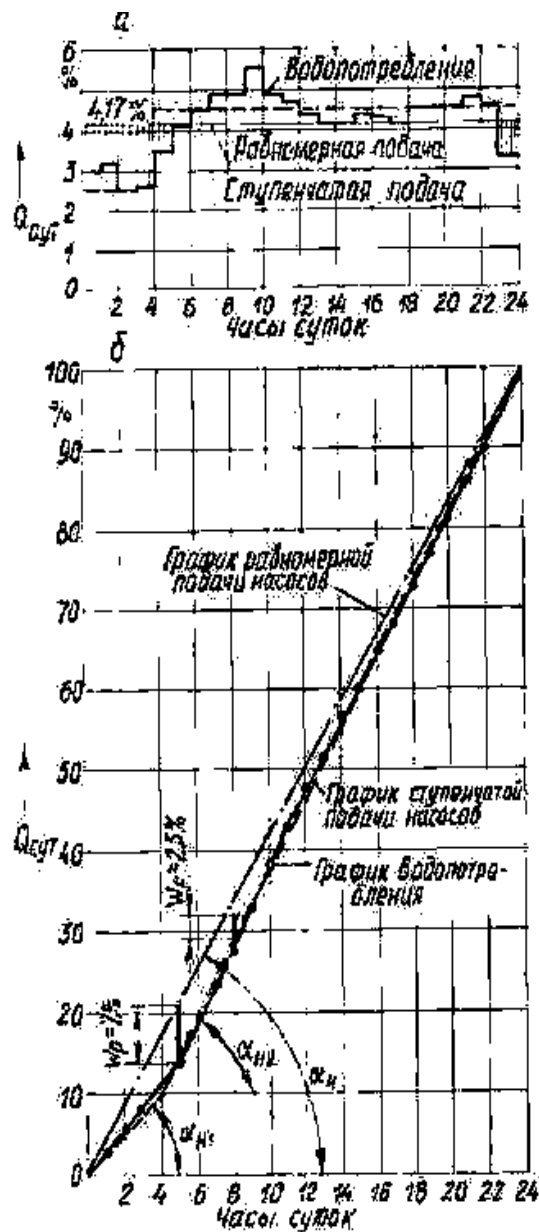


Рис. 1 - Сполучені графіки водоспоживання і подачі насосної станції другого підйому

Більш точно регулюючий обсяг підраховується табличним способом. У табл. 1 наведений розрахунок двох варіантів роботи насосної станції другого підйому відповідно до графіків на рис. 1,а. Одержані в результаті порівняння даних стопчиків 2, 3, 4 значення заносять у відповідні стопчиків 5, 6 або 8, 9. У результаті додавання (при надходженні води в бак) або вирахування (при витраті води з бака) значень стопчиків 5, 6 і 8, 9 заповнюються стопчиків 7 і 10, що характеризує наростання або убубання регулюючого обсягу води в баці. Регулюючий обсяг (W_p) визначається як сума абсолютних значень найбільших

позитивних і негативних чисел: при рівномірній подачі насосів $W_p=6,12+|-0,86|=6,98\%$, при східчастій $W_p=0,1+|-2,4|=2,5\%$.

Таблиця -1 Розрахунок регулюючої місткості водонапірної вежі при рівномірній і східчастій роботі насосної станції другого підйому

Час доби	витрата водоспоживання, %	Подача води насосами, %		Рівномірна подача, %			Східчаста подача, %		
		рівно мірна	східча ста	надходження в бак	Витрат а з бака	Залишок води в баці	надходження в бак	Витрат а з бака	Залишок води в баці
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0...1	3	4,17	2,5	1,17	-	1,17	-	0,5	-0,5
1...2	3,2	4,17	2,5	0,97	-	2,14	-	0,7	-1,2
2...3	2,5	4,17	2,5	1,67	-	3,81	-	-	-1,2
3...4	2,6	4,17	2,5	1,57	-	5,38	-	0,1	-1,3
4...5	3,5	4,17	4,5	0,67	-	6,05	1,0	-	-0,3
5...6	4,1	4,17	4,5	0,07	-	6,12	0,4	-	0,1
6...7	4,5	4,17	4,5	-	0,33	5,79	-	-	0,1
7...8	4,9	4,17	4,5	-	0,73	5,06	-	0,4	-0,3
8...9	4,9	4,17	4,5	-	0,73	4,33	-	0,4	-0,7
9...10	5,6	4,17	4,5	-	1,43	2,9	-	1,1	-1,8
10...11	4,9	4,17	4,5	-	0,73	2,17	-	0,4	-2,2
11...12	4,7	4,17	4,5	-	0,53	1,64	-	0,2	-2,4
12...13	4,7	4,17	4,5	-	0,23	1,41	0,1	-	-2,3
13...14	4,1	4,17	4,5	0,07	-	1,48	0,4	-	-1,9
14...15	4,1	4,17	4,5	0,07	-	1,55	0,4	-	-1,5
15...16	4,4	4,17	4,5	-	0,23	1,32	0,1	-	-1,4
16...17	4,3	4,16	4,5	-	0,14	1,18	0,2	-	-1,2
17...18	4,1	4,16	4,5	0,06	-	1,24	0,4	-	-0,8
18...19	4,5	4,16	4,5	-	0,34	0,90	-	-	-0,8
19...20	4,5	4,16	4,5	-	0,34	0,56	-	-	-0,8
20...21	4,5	4,16	4,5	-	0,34	0,22	-	-	-0,8
21...22	4,8	4,16	4,5	-	0,64	-0,42	-	0,3	-1,1
22...23	4,6	4,16	4,5	-	0,44	-0,86	-	0,1	-1,2
23...24	3,3	4,16	4,5	0,86	-	0,00	1,2	-	0,00
Разом	100	100	100	7,18	7,18		4,2	4,2	

Регулюючий обсяг при рівномірній роботі насосної станції становить 8...15%, а при східчастій - 2,5...6% обсягу добового водоспоживання.

Іноді для визначення регулюючого обсягу користуються інтегральними (сумарними) графіками подачі та водоспоживання (рис. 1, б). Вони являють собою залежності наростання подачі або водоспоживання за добу. Таким чином, остання ордината, що відповідає 24 год., у масштабі графіка буде

визначати добовий обсяг водоспоживання (дорівнює добовій подачі насосної станції). Тангенс кута нахилу лінії, що характеризує роботу насосної станції, являє собою подачу насосів у цей момент часу ($\operatorname{tg} a_n = Q_H = 0,0417W_{\text{доб}}$ — подача насосів при рівномірному графіку роботи; $\operatorname{tg} a_{n1} = Q_{n1} = 0,025 W_{\text{доб}}$ — подача насосів першого ступеня; $\operatorname{tg} a_{n2} = Q_{n2} = 0,045W_{\text{доб}}$ — подача насосів другого ступеня при ступінчастому графіку роботи насосної станції).

Аналогічно тангенс кута нахилу дотичної у будь-якій точці кривої водоспоживання визначає витрату водоспоживання в момент часу, що відповідає точці дотику.

Регулюючий обсяг визначається відрізком по вертикалі між дотичними, проведеними до кривої водоспоживання паралельно до лінії подачі насосів, і самою лінією подачі. На рис. 1, б $W_p \approx 7\%$ при рівномірній і $W_p \approx 2,5\%$ при східчастій роботі насосів.

Графічний спосіб визначення обсягу регулюючої ємності не забезпечує високої точності та може бути рекомендований для випадків водоспоживання з відносно більшим коефіцієнтом годинної нерівномірності.

При відсутності графіків водоспоживання й подачі насосної станції регулюючий обсяг визначають за формулою:

$$W_p = Q_{\text{доб max}} [(1-K) + (K_q - 1) \left(\frac{K_H}{K_q} \right)^{\frac{K_q}{K_q - 1}}],$$

де $Q_{\text{доб max}}$ — витрата води за добу максимального споживання, м³/доб;

K_q — коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання або відбору води з регулюючої ємності: $K_q = q_{\text{ч max}} / q_{\text{ч серед}}$;

$q_{\text{ч max}}$ — максимальна годинна витрата води за добу максимального водоспоживання, м³/год.;

$q_{\text{ч серед}}$ — середня годинна витрата води в добу максимального водоспоживання, м³/год.;

K_H — коефіцієнт часової нерівномірності подачі води насосною станцією у регулюючу ємність: $K_H = q_{\text{н max}} / q_{\text{ч серед}}$;

$q_{н \max}$ — максимальна годинна подача насосної станції в розрахункову добу, м³/год.

Обладнання насосних станцій відцентровими насосами, що мають здатність до саморегулювання, дозволяє використовувати системи водопостачання без регулюючих ємностей при будь-якому значенні коефіцієнта годинної нерівномірності. Але застосування систем без вежі є економічно доцільно тільки при відносно невеликих коефіцієнтах годинної нерівномірності водоспоживання, у протилежному випадку зростають витрати електроенергії внаслідок необхідності подавати воду в години малих витрат при напорах, що значно перевищують необхідні.

Остаточно вибір варіанта подачі насосної станції другого підйому, а також необхідність включення в систему регулюючої ємності встановлюють на підставі порівняння техніко-економічних показників при різних варіантах.

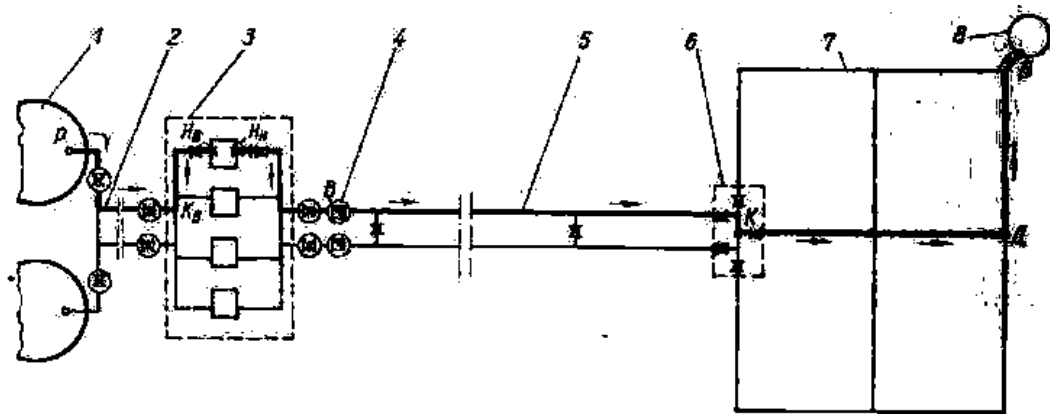


Рис. 2 - План розміщення споруд другого підйому:

- 1 - резервуари чистої води; 2 - усмоктувальний водовід (зовнішній);
- 3 - насосна станція другого підйому; 4 - водомір; 5 - нагнітальний водовід;
- 6 - камера підключення водоводу до мережі; 7 - мережа магістральних трубопроводів; 8 - водонапірна вежа

Визначення напору насосних станцій другого підйому. Напір насосної станції другого підйому визначають за ситуаційним планом і схемою вертикального планування споруд системи (від резервуарів чистої води до диктуючої точки). Він залежить від розрахункового вільного напору до диктуючої точки від наявності й місця розташування водонапірної вежі в системі від режиму роботи системи. Напір станції другого підйому може бути

визначений тільки після розрахунку водогінної мережі, визначення висоти водонапірної вежі й місця її розташування.

На рис. 2 показаний загальний ситуаційний план розміщення водопровідних споруд другого підйому. Для визначення необхідного напору насосної станції позначають найдовший з можливих шлях руху води від резервуарів чистої води (точка *P*) до диктуючої точки *B*. Весь шлях *P-B* розбивають на характерні ділянки для визначення втрат напору на них.

Потрібний напір насосів у загальному випадку для відкритих систем підраховують за формулою:

$$H = H_{\Gamma} + \Sigma h = H_{\Gamma} + h_{y.g} + h_{n.c} + h_{v.m} + h_{n.g} + h_m,$$

де H_{Γ} — геометрична висота підйому води, м;

$h_{y.g}$ — втрати напору в усмоктувальному водоводі (на ділянці *P-K₆*), м;

$h_{n.c}$ — в усмоктувальних і напірних комунікаціях усередині насосної станції (на ділянках *K_y-H_y* і *H_n - B*), м; $h_{вм}$ — у водомірі, м;

$h_{n.g}$ — у нагнітальному водоводі (на ділянці *B - K*), м;

h_m — втрати напору на одному з напрямків (з найбільшими втратами) мережі, м.

Геометричну висоту підйому води визначають за схемою висотного планування споруд. Втрати напору в усмоктувальному й нагнітальному водоводах з достатнім ступенем точності можна визначити, користуючись таблицями Ф. А. Шевелева, за формулою:

$$h_{y.g} = (1,1...1,15) 1000 i_{y.g}; h_{n.g} = (1,05...1,1) 1000 i_{n.g}$$

У круглих дужках зазначені поправочні коефіцієнти, що враховують місцеві втрати на розрахункових ділянках. Втрати напору в комунікаціях насосної станції (h_{nc}) складаються в основному із втрат у місцевих опорах, які для обраного розрахункового напрямку визначають окремо, а потім підсумовують. Цей розрахунок заносять до таблиці табл. 2.

Найменування вузла місцевого опору	Кількість однотипних вузлів	$d_{y,}$ мм	Q , л/с	ζ	v , м/с	$\frac{v^2}{2g}$, м	$h_m = \zeta \frac{v^2}{2g}$
Усмоктувальні комунікації (ділянка $K_y - H_y$)							
...
...
Нагнітальні комунікації (ділянка $H_n - B$)							
...
...

Варто мати на увазі, що втрати в комунікаціях насосних станцій можуть бути розраховані в тому випадку, коли відома кількість підібраних насосів і спроектована схема перемикання усмоктувальних і нагнітальних трубопроводів. Тому розрахунок втрат h_{nc} за наведеною методикою може бути використаний як перевірочний. У попередніх розрахунках напору насосних станцій другого підйому втрати у внутрішніх комунікаціях приймають орієнтовно на усмоктувальній ділянці $h_e = (0,5...1)$ м, на нагнітальному $h_{наг} = (2...3)$ м.

Втрати напору на ділянці мережі (h_m) ураховують у тому випадку, якщо водонапірнорегулюючі споруди (вежа й ін.) виконують роль контррезервуарів або в системі взагалі відсутні напірно-регулюючі споруди. Ці втрати прирівнюють до втрат на головному напрямку від точки K до диктуючої точки D (рис. 21) (при режимі максимального водоспоживання) або до точки B (при режимі подачі максимального транзиту води у вежу).

На рис. 3 показана схема висотного планування споруд системи з вежею, розташованої до споживача. У цьому випадку для визначення напору господарських насосів розглядається один режим, при якому частина води, що подається насосами, надходить у вежу. Необхідний напір:

$$H = H_{Г. yc} + \Sigma h = H_{Г. yc} + z_{\delta} + H_e + H_p + \Sigma h_y + \Sigma h_{наг},$$

де $H_{Г. yc}$ — розрахункова геометрична висота усмоктування, м;

z_{δ} - різниця геодезичних позначок землі в підвалі вежі та осі насоса, м;

H_e - висота вежі, м;

H_p - висота резервуара (різниця позначок максимального рівня води і дна резервуара), м;

Σh_y - сумарні втрати напору в зовнішній і внутрішній усмоктувальній комунікаціях, м;

$\Sigma h_{\text{наг}}$ - сумарні втрати напору в нагнітальних комунікаціях (від насоса до вежі), м.

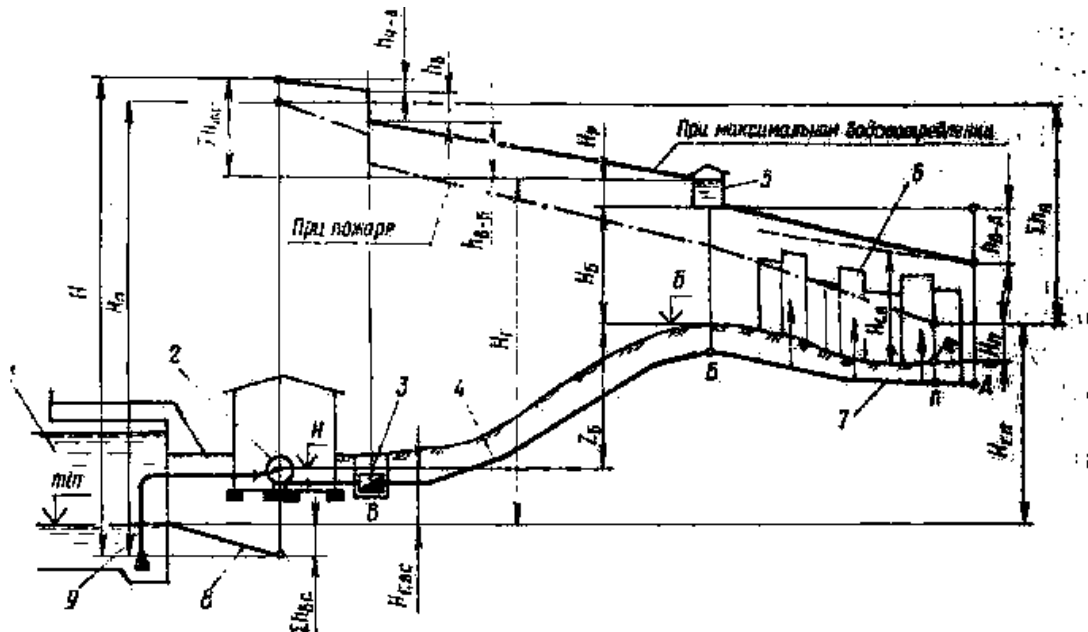


Рис. 3 - Схема висотного планування споруджень другого підйому з вежею на початку мережі: 1 - резервуар чистої води; 2 - насос; 3 - водомір; 4 - нагнітальний водовід; 5 - водонапірна вежа; 6 - споживач; 7 - водогінна мережа; 8 - п'єзометрична лінія на ділянці усмоктування; 9 - усмоктувальна труба

Якщо вежа розташована в протилежному від насосної станції кінці мережі (за споживачем), для визначення розрахункового напору необхідно розглядати два режими: максимального водоспоживання й максимального транзиту води у вежу. П'єзометричні лінії при цих режимах показані на схемі висотного планування (рис. 4).

Напір насосів у першому випадку буде визначатися виразом:

$$H = H_{\Gamma} + \Sigma h = H_{\Gamma \cdot \text{ус}} + z_{\text{д}} + H_{\text{в}} + \Sigma h_y + \Sigma h_{\text{наг}}$$

де $z_{\text{д}}$ - різниця геодезичних позначок диктуючої точки і осі насоса, м;

$H_{\text{в}}$ - вільний господарський напір у диктуючій точці (визначають залежно від поверховості забудови), м.

У другому випадку напір насосів

При підборі насосного устаткування керуються наступними основними вимогами. Обрані насоси повинні: забезпечувати розрахункові напір і подачу; працювати в діапазоні максимального ККД; бути однотипними (бажано). Однак, якщо при різнотипних насосах спостерігається економічна робота станції, доцільно встановлювати різнотипні агрегати: вони повинні бути серійного виробництва; мати найбільший коефіцієнт швидкохідності, тому що при цьому зменшуються габарити насосів, а отже, і об'єм будівлі станції.

На станціях другого підйому резерв насосного устаткування приймається залежно від кількості основних насосів і категорії надійності за табл.1. Якщо на станції в одній групі агрегатів встановлені насоси з різними характеристиками, кількість резервних агрегатів приймають для насосів з більшою подачею (див. табл.1), а резервний насос з меншою подачею необхідно зберігати на складі.

Резервні насоси повинні бути такої ж марки, як і основні.

Противопожежні та спеціальні насоси станцій другого підйому. Насосні станції другого підйому повинні забезпечити в будь-якій точці водогінної мережі розрахункову протипожежну витрату води в момент максимального водоспоживання. Витрату води на пожежогасіння підраховують за нормою витрати на одну пожежу й розрахункову кількість одночасних пожеж. Тривалість гасіння пожежі – приблизно 3 год. Напір протипожежних насосів залежить від типу протипожежних мереж. Останні за способом гасіння пожежі поділяються на мережі низького й високого тиску.

Протипожежна мережа низького тиску мусить забезпечувати в розрахункових точках гасіння пожежі необхідну протипожежну витрату води при напорі не менше 10 м. Такий напір приймається, щоб уникнути можливості утворення в мережі вакуумметричного тиску при підключенні до гідрантів мобільних пожежних насосів, які створюють напір для утворення струменів необхідної висоти.

Мережа протипожежного водопроводу високого тиску має забезпечувати в розрахунковій точці гасіння пожежі як необхідну витрату води,

Контрольні питання

1. Для яких насосних станцій є характерними будівлі блочного типу?
2. Як призначається позначка підлоги першого поверху верхньої будівлі?
3. Яким повинно бути відношення площі вікон до площі підлоги?
4. Яку можливість дає обладнання насосних станцій відцентровими насосами, що мають здатність до саморегулювання?
5. Від чого залежить напір насосної станції другого підйому?

Література

1. Новохатній В.Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів. П. ПНТУ, 2019. 102 с. URL : <https://www.twirpx.com/file/3063065/>.
2. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори): підручник. Львів: Вища школа, 2005. 338 с.
3. Епоян С.М. Применение центробежных устройств при подготовке питьевой воды из поверхностных источников / С.М. Епоян, А.С. Карагяур, С.П. Бабенко. – Х. ХНУСА, 2016. – 168 с.
4. Холоменюк М. В., А.В. Ткачук А. В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини: навч. посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 356 с.
5. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори): підручник. Львів: Вища школа, 2005. 338 с.
6. Шевченко Т.О., Ярошенко Ю.В. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник. Харків : нац. ун-т міськ. госва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2015. 195 с URL : <https://core.ac.uk/reader/33755331>.
7. Балыгин В. В. Насосы: каталог-справочник. Новосибирск : НГАСУ, 1999. 97 с.
8. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013 (дата звернення: 15.09. 2019).