Практичне заняття 3. Оцінювання надійності систем водозабезпечення та її впливу на конструктивну безпеку промислової будівлі

Мета – сформувати у здобувачів практичні навички оцінювання надійності систем водозабезпечення промислових підприємств та визначення її впливу на конструктивну безпеку виробничих будівель, опанування методів порівняльного аналізу прямоточної та оборотної систем водопостачання, оцінювання наслідків можливих порушень водопостачання, витоків і аварійних ситуацій для будівельних конструкцій та інженерної інфраструктури, а також обґрунтування будівельно-планувальних рішень щодо розміщення трубопроводів, резервуарів і насосного обладнання з урахуванням надійності, експлуатаційної безпеки та раціонального використання території підприємства.

Завдання . Порівняння будівельно-планувальних рішень систем водопостачання промислових підприємств

Для кожного варіанта необхідно:

1. Визначити середню годинну та максимальну секундну витрати свіжої води для прямоточної й оборотної систем.
2. Розрахувати орієнтовний обсяг земляних робіт для прокладання зовнішнього трубопроводу за заданими параметрами траншеї.
3. Визначити площу забудови резервуара оборотної води та проаналізувати потребу в додатковій території для розміщення інженерних споруд.
4. Порівняти варіанти за витратами свіжої води, обсягами будівельних робіт, використанням території та особливостями подальшої експлуатації.

Для розрахунків прийняти тривалість роботи підприємства 20 год/добу, якщо інше не зазначено у варіанті. Витрату свіжої води для оборотної системи визначати за встановленою часткою початкової потреби. Обсяг траншеї розраховувати за формулою

$$V=L\times b\times h,$$

площу резервуара – за формулою:

$$F=a\times b.$$

Вихідні дані за варіантами

№ варіанта	Загальна потреба у воді, м³/добу	Максимальна годинна витрата, м³/год	Довжина трубопроводу, м	Ширина траншеї, м	Глибина траншеї, м	Частка свіжої води в оборотній системі, %	Місткість резервуара, м³	Розміри резервуара, м
1	1200	80	300	0,8	1,8	35	300	10 × 8
2	1500	100	350	0,9	1,8	30	350	10 × 9
3	900	65	250	0,8	1,6	40	250	8 × 8
4	1800	120	420	1,0	2,0	25	450	12 × 10
5	2400	150	500	1,0	2,0	30	500	12 × 12
6	750	50	220	0,7	1,5	45	200	8 × 7
7	1350	90	320	0,8	1,8	35	300	10 × 8
8	2000	130	450	1,0	2,0	20	500	12 × 12
9	1050	75	280	0,8	1,7	40	250	9 × 8
10	1650	110	380	0,9	1,9	30	400	12 × 10
11	3000	180	600	1,1	2,2	25	600	15 × 12
12	850	60	240	0,7	1,6	35	220	8 × 8
13	2200	140	480	1,0	2,0	30	500	12 × 12
14	1450	95	330	0,9	1,8	40	320	10 × 9
15	2600	160	550	1,1	2,1	20	600	15 × 12

Рекомендації щодо виконання

Для кожного варіанта необхідно розглянути два принципово різні підходи до інженерного забезпечення підприємства.

У варіанті А вся розрахункова потреба покривається свіжою водою із зовнішнього джерела. У варіанті Б свіжа вода використовується для компенсації втрат та інших потреб, не покритих повторним використанням. Для коректного порівняння слід враховувати, що оборотний потік води всередині підприємства може бути значно більшим за витрату свіжої води, тому діаметри технологічних трубопроводів оборотного контуру визначаються окремим розрахунком.

Під час оцінювання будівельних рішень необхідно враховувати не лише довжину й діаметр зовнішнього трубопроводу, а й обсяги земляних робіт, улаштування основи, монтаж камер, відновлення покриття, розміщення резервуарів, насосних станцій і споруд охолодження. Для резервуара слід

передбачити додаткову територію для обслуговування, доступу до обладнання та прокладання внутрішніх комунікацій.

Приклад розв'язання:

Розглянемо умовне промислове підприємство, до складу якого входять виробничий корпус, адміністративно-побутова будівля, складські приміщення та допоміжні споруди. Загальна розрахункова потреба підприємства у воді становить **1200 м³/добу**, максимальна годинна витрата – **80 м³/год**. Відстань від точки підключення до зовнішнього джерела водопостачання до основної виробничої будівлі становить близько **300 м**.

Для порівняння приймемо два варіанти системи:

- варіант А – прямоточне централізоване водопостачання;
- варіант Б – оборотна система з локальними спорудами повторного використання води.

У першому варіанті вся необхідна кількість води надходить до підприємства із зовнішньої мережі. Після використання виробнича вода відводиться до системи водовідведення. У другому варіанті частина води після технологічного використання проходить охолодження або очищення та повертається у виробничий цикл.

При прямоточній схемі розрахункова витрата свіжої води становить 1200 м³/добу. Якщо прийняти середню тривалість роботи підприємства 20 год на добу, середня витрата становитиме:

$$Qсер = 1200 / 20 = 60 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальна годинна витрата — 80 м³/год, або приблизно:

$$Qmax = 80 / 3600 = 0{,}022 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За цією витратою визначають необхідний діаметр трубопроводу з урахуванням допустимої швидкості руху води. Для магістральної ділянки може бути прийнятий, наприклад, трубопровід діаметром D= 150–200 мм, остаточний діаметр якого визначається гідравлічним розрахунком.

Для будівельника важливо, що збільшення діаметра трубопроводу впливає не тільки на вартість самої труби. Зі збільшенням діаметра можуть збільшуватися ширина та глибина траншеї, розміри камер, обсяги піщаної підготовки, потреба у вантажопідйомній техніці та складність монтажу.

Якщо довжина зовнішньої магістралі становить 300 м, то тільки лінійний обсяг прокладання становитиме: L = 300 м.

При ширині траншеї 0,8 м та середній глибині 1,8 м орієнтовний обсяг розроблення ґрунту:

$$Vтр = 300 \times 0{,}8 \times 1{,}8 = 432 \text{ м}^3.$$

До цього необхідно додати обсяги піщаної підготовки, засипання, ущільнення ґрунту, улаштування колодязів і камер, монтаж фасонних частин та відновлення дорожнього або іншого покриття.

Тепер розглянемо оборотну систему. Припустимо, що після впровадження повторного використання води свіже водопостачання необхідне лише для компенсації втрат та підживлення системи і становить 35 % від початкової потреби.

Тоді:

$$Q_{свіж} = 1200 \times 0{,}35 = 420 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Отже, потреба у свіжій воді зменшується з 1200 до 420 м³/добу, тобто приблизно на 65 %.

Це змінює не лише експлуатаційні характеристики системи, а й параметри зовнішньої мережі. Розрахункова витрата свіжої води стає меншою, а отже, у відповідних випадках можна зменшити діаметр трубопроводу. Наприклад, замість DN 200 може бути достатнім D= 125–150 – але тільки після виконання гідравлічного розрахунку.

Водночас оборотна система потребує додаткових споруд. На території підприємства необхідно передбачити місце для резервуара оборотної води, насосної станції, установки охолодження або градирні та, за необхідності, споруд доочищення.

Таким чином, на генеральному плані з’являється додаткова група інженерних споруд. Це потребує резервування земельної ділянки, влаштування фундаментів, майданчиків для обслуговування, під'їздів та технологічних проходів.

Наприклад, якщо для оборотної системи передбачено резервуар місткістю 300 м³, його розміщення стає окремою будівельно-планувальною задачею. Резервуар створює значні постійні навантаження на основу. Тому необхідно враховувати інженерно-геологічні умови, несучу здатність ґрунтів, рівень ґрунтових вод, осідання та гідроізоляцію конструкції.

Якщо передбачено наземний резервуар розміром, наприклад, 10 × 8 м, площа його забудови становитиме:

$$F = 10 \times 8 = 80 \text{ м}^2.$$

До цієї площі необхідно додати технологічні проходи, майданчики обслуговування та зони доступу до обладнання. Отже, фактична площа, яку необхідно зарезервувати на генеральному плані, буде більшою за площу самої ємності.

Порівняємо будівельні наслідки двох варіантів.

Показник	Прямоточна система	Оборотна система
Свіжа вода	1200 м³/добу	420 м³/добу
Зовнішня мережа	більша пропускна здатність	менша пропускна здатність
Резервуар оборотної води	не потрібний	потрібний
Насосне обладнання	мінімальне/локальне	додаткове
Охолоджувальні споруди	не потрібні	потрібні
Земляні роботи для зовнішніх мереж	більші	потенційно менші
Площа інженерних споруд	менша	більша
Початковий обсяг будівництва	нижчий	вищий
Витрати свіжої води	високі	значно нижчі
Експлуатаційна економія	нижча	вища

Рекомендована література

1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд : ДБН В.1.2-14:2018. Чинний зі Зміною № 1. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/2845781551273215234?doc_type=2 (дата звернення: 17.10.2026).
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-74:2013. Зі Зміною № 1. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3196682710340863636?doc_type=2 (дата звернення: 17.10.2026).
3. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013. Зі Зміною № 1. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3871703014750291581 (дата звернення: 17.10.2026).
4. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги : ДБН В.1.1-7:2016. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3883979565969704701 (дата звернення: 17.10.2026).