УДК 628.3

**А.П. КАЛЮЖНИЙ к.т.н., Л.Л. ЗУБРИЧЕВА**

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

**Аспекти гідравлічних розрахунків мереж водовідведення у сучасних умовах**

*Проаналізовані аспекти гідравлічних розрахунків мереж водовідведення в сучасних умовах на прикладі малого міста, яке розташоване в центральній частині України. Наведено приклад креслень повздовжніх профілів головного колектора за приведеними розрахунками. Визначено найбільш придатні для використання таблиці з точки зору техніко-економічних розрахунків.*

**Ключові слова.** Водовідвідна мережа, стічна вода, гідравлічний розрахунок, таблиці гідравлічного розрахунку, діаметри, труби.

**Ключевые слова.** Водоотводящая сеть, сточная вода, гидравлический расход, таблицы гидравлического расчета, диаметры, трубы.

**Keywords.** Sewerage networks, wastewater, hydraulic calculation, tables of hydraulic calculation, diameter and pipes.

**Постановка проблеми.** При проектуванні водовідвідних мереж, після трасування, відповідальним етапом є гідравлічний розрахунок. Від того наскільки досконало виконаний гідравлічний розрахунок та підібрані матеріали труб залежить упорядкована робота всієї каналізаційної системи.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій**. Кошторисна вартість мережі водовідведення залежить від вибору таблиць гідравлічного розрахунку водовідвідної мережі [7,196]. Поява сучасних матеріалів труб потребує змін у таблицях гідравлічного розрахунку водовідвідних мереж [8,35]. Експериментальні та аналітичні підтвердження ефективності застосування найбільш поширених таблиць гідравлічного розрахунку подано в джерелі [9,44].

**Виділення не розв’язаних раніше частин проблем.**

Сучасний стан систем водовідведення та поява труб із нових матеріалів потребує удосконалення методів гідравлічного розрахунку та внесення деяких змін в таблиці гідравлічного розрахунку та до нормативної літератури. Це питання розглядається і вирішується у світлі зниження вартості будівництва й експлуатації систем водовідведення.

**Мета статті.** Завданням цього аналізу є розгляд можливих технічних рішень для забезпечення обґрунтованого проектування або реконструкції мережі водовідведення.

**Виклад основного матеріалу**. Гідравлічний розрахунок водовідвідної мережі виконують для визначення діаметрів труб для транспортування стічної рідини, ухилів, швидкості течії та ступеню наповнення трубопроводів.

Для гідравлічного розрахунку каналізаційних мереж використовуються формули для рівномірного руху рідини.

В результаті розрахунку повинні біти визначені наступні невідомі. Перш за все це діаметр трубопроводу каналізації, d. Далі – середня швидкість потоку v в каналізаційній трубі, гідравлічний ухил I, і ступінь наповнення h/d, де h – висота стічної води в трубі.

Для розрахунків залежно від поставленого завдання використовуються дві невідомих величини. Найчастіше це ступінь наповнення і гідравлічний ухил.

Для ефективної роботи самопливної каналізації мають бути дотримані деякі умови. Найголовнішою з них є неповне заповнення каналізаційної системи. Тобто труби не повинні бути наповнені вщерть. Деяка частина простору повинна залишатися вільною. Така вимога передбачена технікою безпеки. Наявність деякого порожнього простору в трубопроводах каналізації потрібна для можливого накопичення отруйних, вибухонебезпечних та інших газів. Також вільний простір в трубопроводі каналізаційної системи дозволяє безперешкодно проходити твердим і габаритним предметам, які потрапили туди. Тобто вільний простір в трубопроводі – це створення додаткової пропускної здатності на випадок підвищення рівня рідини або ж іншого вмісту каналізації.

Відповідність ступеня наповнення діаметрам труб вказана в таблиці 6 джерела [1,41]. Чим більше діаметр, тим більше величина максимального наповнення труби.

Для гарантії нормальної роботи самопливної водовідвідної мережі необхідно так підбирати гідравлічний ухил труби, щоб забезпечити рух рідини з самоочисною швидкістю [1,41].

Гідравлічний ухил каналізаційних труб дозволяє здійснювати якісний прохід вмісту каналізаційної системи. Якщо дана величина розрахована грамотно, то ймовірність засмічення трубопроводу мінімальна. Даний фактор важливий для безперебійної роботи всієї системи.

При гідравлічному розрахунку каналізаційної системи важливо дотримуватися деяких правил. Вся ділянка трубопроводу повинна бути по можливості максимально рівномірною, без будь-яких перепадів висот. Швидкість потоку на наступній ділянці повинна бути рівною або дещо більшою ніж на попередній ділянці, що дозволяє забезпечувати самоочисну здатність колектору.

Всі ці розрахунки не тільки складні і вимагають витрат значної кількості часу і трудових ресурсів. а ще і евристичного підходу проектанта до рішення задач..

Для вирішення даної проблеми й оптимізації продуктивності розумової праці, були складені спеціальні таблиці для гідравлічного розрахунку водовідвідних мереж, якими і користуються проектанти.

Всі розрахункові роботи ведуться згідно з вимогами, які пред’являються проектантам. Ці вимоги спрямовані на розробку працездатною надійної водовідвідної мережі.

Для порівняльного аналізу обрано таблиці трьох різних авторів [2,156;3,53;4,44].

По-перше, таблиці відрізняються тим, що при однакових діаметрах рекомендується дещо різний ступінь наповнення (табл.1).

*Таблиця1*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Значення рекомендованих наповнень в трубах для побутової каналізації  згідно джерела [ 2] | | | | | |
| d, мм | 125 | 150-300 | 350-450 | 500-900 | 1000-2500 |
| h/d | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |
| Значення рекомендованих наповнень в трубах для побутової каналізації  згідно джерела [ 3] | | | | | |
| d, мм | 110 | 125-250 | 280-400 | 450-900 | 1000-1200 |
| h/d | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |
| Значення рекомендованих наповнень в трубах для побутової каналізації  згідно джерела [ 4] | | | | | |
| d, мм | 125 | 160-315 | 400 | 500-800 | 1000-1200 |
| h/d | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |

Далі розглядаємо відмінності у методиці розрахунку.

Таблиці [2,156] складені за формулою академіка Павловського для значень коефіцієнта шорсткості самопливних колекторів, які виконані з кераміки, бетону і залізобетону n= 0,014 [2,3].

Дані таблиці [2,156] розраховані за формулами наступними формулами при значенні загального поправочного коефіцієнта *k’*=1, що призводить до завищених значень витрати і швидкості або занижених діаметрів труб, за яких можуть виникати аварійні ситуації [5,121].

Відносна швидкісна характеристика, що залежить від ступеня наповнення труби



Швидкість рідини у трубі



Wп − швидкісна характеристика труби при наповненні вщерть.

Таблиці [3,53] складені саме для самопливних трубопроводів, виконаних із пластмасових труб.

При складанні таблиць використані формули:



− гідравлічний ухил;



− прискорення вільного падіння, м/с2;



− коефіцієнт гідравлічного тертя труб



− коефіцієнт гідравлічного тертя гладких труб.



при слід визначати за формулою Блазіуса.



При - за формулою Прандтля-Никурадзе.



Для складання таблиць [4,44] за основу взяті ті ж формули, що і для складання таблиць [3,53]. Проте удосконалені у визначенні коефіцієнта гідравлічного тертя пластмасових труб при невеликих наповненнях. За основу взяті характеристики руху рідини саме у трубах Корсіс.



- значення кінетичної в’язкості рідини. Це значення залежить від температури стічних вод. Наприклад, при температурі 20о м2/с. Коефіцієнт гідравлічного тертя для зони гідравлічно гладких труб при турбулентному русі рідини визначається за формулою Блазіуса.



Для співставлення таблиць гідравлічного розрахунку водовідвідних проведені практичні розрахунки мережі водовідведення малого міста, яке розташоване на території України [7,195]. Населений пункт складається з 2-ох районів, які відрізняються кількістю жителів та ступенем благоустрою. Система каналізації роздільна. Побутові і промислові стічні води скидаються в одну каналізаційну мережу. Головний колектор подає стічну воду на головну каналізаційну насосну станцію, далі на каналізаційні очисні споруди. Виконано трасування водовідвідних мереж. Гідравлічний розрахунок водовідвідної мережі виконаний за допомогою програми [Microsoft Excel](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel). Вся мережа обраховувалася три рази за різними таблицями [2,156;3,53;4,44]. У таблиці 2 показано зіставлення діаметрів труб (**d**), ухилів водовідвідної мережі (**і**) та глибини закладання (**h**) на прикладі головного колектору 0–9 відносно витрати стічної води [8,33].

*Таблиця 2*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Витрата, л/с | [4] | | | [2] | | | [3] | | |
| d,мм | і | h,м | d,мм | і | h,м | d,мм | і | h,м |
| 0-1 | 17,33 | 250 | 4 | 1.922 | 250 | 5 | 1.922 | 200 | 5 | 2.128 |
| 1-2 | 41,76 | 315 | 3,2 | 3.718 | 350 | 3 | 4.016 | 315 | 3.2 | 4.177 |
| 2-3 | 82,55 | 400 | 2,5 | 5.070 | 400 | 3 | 5.253 | 450 | 2.2 | 5.524 |
| 3-4 | 111,90 | 500 | 2 | 5.593 | 500 | 2 | 5.756 | 500 | 2 | 5.940 |
| 4-5 | 127,26 | 500 | 2 | 3.173 | 500 | 2 | 3.415 | 560 | 1.8 | 3.547 |
| 5-6 | 193,31 | 500 | 2 | 3.903 | 600 | 2 | 4.302 | 630 | 1.6 | 4.260 |
| 6-7 | 216,27 | 630 | 1,6 | 3.394 | 700 | 1.5 | 3.689 | 630 | 1.6 | 3.672 |
| 7-8 | 399,62 | 800 | 1,3 | 5.727 | 800 | 1.3 | 5.828 | 800 | 1.2 | 6.264 |
| 8-9 | 399,62 | 800 | 1,3 | 4.910 | 900 | 1.1 | 5.089 | 900 | 1.1 | 5.524 |

Більш детальні результати дослідження викладені в [8,33].

**Висновки:**

Всі таблиці розраховані за формулами рівномірного руху рідини. Проте в таблицях [2,156] для розрахунку для самопливних колекторів прийнятий коефіцієнт шорсткості *n* =0,014. Тобто дані таблиці доцільно використовувати при застосуванні керамічних, бетонних чи залізобетонних труб для водовідвідної мережі.

Таблиці [3,53] розраховані за формулами при використанні коефіцієнта шорсткості для пластмасових труб. Отже, користуватися цими таблицями потрібно при побудові мережі з пластмасових труб.

Таблиці [4,44] удосконалені у визначенні коефіцієнта гідравлічного тертя пластмасових труб при невеликих витратах. За основу взяті характеристики руху рідини саме у трубах Корсіс. Тобто дані таблиць доцільно обирати при розрахунку системи водовідведення яку планують будувати із гофрованих каналізаційних труб фірми Корсіс.

Запропоновано в новій редакції джерела [1,210] внести уточнення і врахувати, що сучасні матеріали водовідвідних труб потребують внесення змін до класичного гідравлічного розрахунку.

Наведені рекомендації бажано враховувати при проектуванні та реконструкції мереж водовідведення.

Література

1. ДБН В. 2.5. – 75 : 2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. – Київ.: МРРБ та ЖКГ України, 2013.– 210с.
2. Лукиних А.А., Лукиних Н.А., Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского / 4-е изд, доп. М.; Стройиздат, 1974. −156 с.
3. Карелин Я. А., Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей из пластмассовых труб круглого сечения: справочное пособие/ М.: Стройиздат, 1986. - 53 с.
4. Корсис. Безнапорная и ливневая канализация: техническое руководство – К: / Группа поли пластик, 2011. – 44 с.
5. Константінов Ю.М., Гіжа О.О. Інженерна гідравліка. Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2006. – 439с.
6. Константінов Ю.М., Гіжа О.О. Технічна механіка рідини і газу: Підручник. - К.: Вища шк.., 2002. – 277 с.: іл..
7. Калюжний А.П. Економічне порівняння варіантів гідравлічного розрахунку мережі водовідведення / А.П.Калюжний, Л.Л. Зубричева, О.О. Кривенко // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. пр. – Вип.№1 (83). – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – С. 193-196.
8. Kalyuzhniy A.P., Comparison of the hydraulic calculations tables networks sewerage» A.P.Kalyuzhniy L.L. Zubricheva, O.O. Kryvenko // Сборник научных трудов «Energy, energy saving and rational nature use», 2015,- Вып №2 (5) С.32-35.
9. Аверкеев И. Сравнительный анализ альтернативных методик гидравлического расчета канализационных трубопроводов из полимерных материалов // Журнал: «Полімерні труби – Україна». – Вип.№4 (37). – К: / Группа полипластик, 2015. – С. 42-45