

ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОТОКІВ СТІЧНИХ ВОД В КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ «TEMPEST»

Куницький М.О., Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, kunytskyi_az16@nuwm.edu.ua, orcid.org/0000-0003-1700-8167

DETERMINATION OF HYDRAULIC CALCULATION OF WASTEWATER FLOWS IN SEWAGE NETWORKS USING THE «TEMPEST» PROGRAM

Kunytskyi M.O., National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, kunytskyi_az16@nuwm.edu.ua, orcid.org/0000-0003-1700-8167

Постановка проблеми. Виведення з ладу одного або декількох елементів систем призводить до припинення функціонування практично всієї системи. Причому все відбувається на тлі безпрецедентного зростання цін на газ та інші енергоресурси. З метою підвищення надійності функціонування систем інженерної інфраструктури необхідно їх дублювання та резервування автономними джерелами, в тому числі на основі відновлюваних джерел енергії. Це можуть бути для систем електропостачання різноманітні генератори та акумулятори, фотовольтаїчні та вітрові енергетичні установки; для систем водопостачання – свердловини та резервуари чистої води, для газу – біогазові установки та газгольдери. Разом з системою водопостачання необхідно забезпечити і надійну роботу системи водовідведення, яка може бути і джерелом низькопотенційної теплової енергії, яку можна використовувати за допомогою термотрансформаторів, наприклад, ТНУ, що перетворюють її у високопотенційну.

Одним з найбільш розповсюджених низькопотенційних джерел теплової енергії в межах населених пунктів є побутові і виробничі СВ, які Директивою ЄС 2018/2001 [1] визнані відновлюваним джерелом теплової енергії. СВ мають температуру в колекторах від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$, в залежності від їх виду, місця перебування в колекторі та періоду року. Такі температури забезпечують набагато більший коефіцієнт трансформації теплової енергії ТНУ порівняно з повітряними і геотермальними ТНУ, у яких температура зовнішнього повітря протягом року може коливатися від $+35^{\circ}\text{C}$ влітку до -25°C взимку, а температура ґрунту на глибині 10 м та глибше стабільна, але не дуже висока – дещо більше $+10^{\circ}\text{C}$. Надходження СВ в систему водовідведення нерівномірно, але, наприклад, для ГВП житлових будівель це ідеальний варіант, так як найбільша кількість тепла в СВ з'являється в години найбільшого споживання гарячої води.

Для оцінки енергетичного потенціалу СВ, що рухаються по колекторах, з метою використання цього потенціалу для потреб опалення та ГВП однієї або декількох будівель, мікрорайону міста або всього міста, необхідна методика, яка буде базуватися на достовірній математичній моделі гідравлічних процесів та процесів теплообміну СВ в колекторі з навколишнім середовищем.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Науковцями вже присвячено дуже багато публікацій конструкціям теплообмінних пристроїв для вилучення тепла з СВ для ТНУ та сумісному використанню таких ТНУ з іншими низькопотенційними джерелами теплової енергії. Серед них можна виділити наукові праці вітчизняних авторів [3], а також зарубіжних науковців [4,6,7], причому присвячених не лише рекуперації тепла СВ, а й питної води [9]. З кожним роком з'являється все більше статей про інтеграцію ТНУ в системи централізованого теплопостачання населених пунктів [6,7].

Набагато менше приділено уваги у вказаних публікаціях теоретичним аспектам ефективності використання тепла СВ та дослідженням математичного опису процесів, що відбуваються в колекторах, резервуарах і спорудах каналізації, серед яких можна виокремити роботи Дюрренматта та Ваннера [6] і Абдел-Ала [7].

Поява програми «TEMPEST», спростило моделювання температурних режимів СВ і полегшило розрахунки їх теплового потенціалу при різних комбінаціях параметрів мережі, сприяло великому інтересу з боку науковців до виконання досліджень з моделювання каналізаційних мереж із застосуванням програми «TEMPEST» і розробленню власних програм [13].

У дослідженні Алі та Гіліча програма «TEMPEST» використовувалася для оцінки потенціалу рекуперації тепла на каналізаційній ділянці в Лондоні з бічним змішуванням припливу СВ. Хоффман

представили спрощену модель на основі «TEMPEST», враховуючи лише передачу тепла від СВ до навколишнього середовища.

Абдель Аал та ін. [13] запропонували спрощену модель динаміки температури СВ, розуміючи, що багато вхідних параметрів у «TEMPEST» мають незначний вплив на зміну температури СВ.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Для лінійних колекторів різної довжини, діаметрів, матеріалів труб та типів ґрунтів при під'єднанні до колекторів бокових підключень програма «TEMPEST» використовує числові методи для розв'язку нестационарних диференціальних рівнянь, інколи дає коливання температур при перемішуванні СВ в місцях підключень (колодязях). Для цього в програмі передбачено згладжування таких явищ за допомогою спеціального фільтра. Такі коливання тривають деякий час на відносно невеличкій довжині колектору і програма далі працює стабільно. З метою уникнення цього явища пропонується застосувати відносно прості і зрозумілі заходи, послідовність яких сформулюють методику проведення і оброблення результатів комп'ютерного експерименту.

Постановка завдання. Метою даної статті є адаптація можливостей програмного продукту «TEMPEST» версії 1.02 [6] для дослідження температурного режиму СВ в каналізаційних колекторах. За результатами досліджень розроблено методику визначення потенціалу теплової енергії СВ в каналізаційних колекторах із застосуванням програми «TEMPEST» та електронної таблиці «MS Excel».

Виклад основного матеріалу.

Дюрренматт та Ваннер розробили, а потім вдосконалили математичну модель теплового режиму СВ в каналізаційній мережі з позицій системного аналізу, з врахуванням багатьох параметрів та коефіцієнтів, що впливають на процеси теплообміну та теплопередачі в трубах колекторів – рисунок 1. Для розрахунків температур СВ в трубах каналізаційних колекторів Дюрренматт та Ваннер на основі даної математичної моделі розробили [6] комп'ютерну програму «TEMPEST» (TEMPerature ESTimation), яка пізніше була модифікована і на теперішній час має актуальну поточну версію 1.02.

«TEMPEST» – це програма, яка оцінює динаміку та поздовжні просторові профілі температури СВ в трубопроводах каналізаційних мереж. Вона базується на балансах тепла та маси в каналізаційних системах і моделює їх у вигляді двох основних елементів системи: трубопроводів та вузлів. Трубопроводи моделюються одновимірними рівняннями балансу.

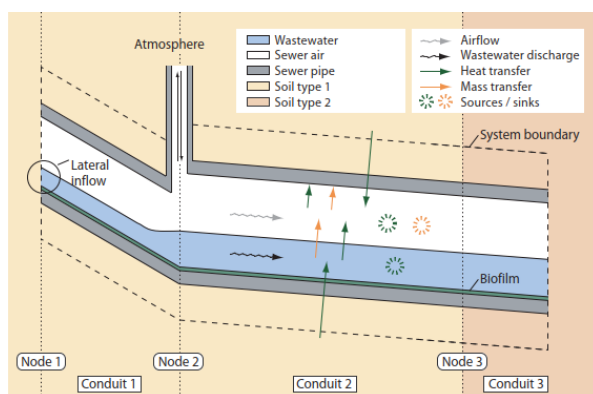


Рисунок 1 – Ділянки, вузли та процеси, що розглядаються в моделі каналізації, що реалізовані в програмі «TEMPEST»
Figure 1 – Sections, nodes and processes considered in the sewage model implemented in the TEMPEST program

Вузли вводяться для відображення розривів у каналізаційних лініях внаслідок бічних припливів, змін у геометрії труби, властивостей матеріалу і навколишнього ґрунту – рисунок 2 і моделюються за рівняннями нерозривності.

Згідно дослідження Дюрренматта та Ваннера [11] математична модель і результати розрахунків програми «TEMPEST», продемонструвало, що передача тепла між СВ та навколишнім ґрунтом через стінки труб є найважливішим процесом при визначенні температурного режиму каналізаційних мереж.

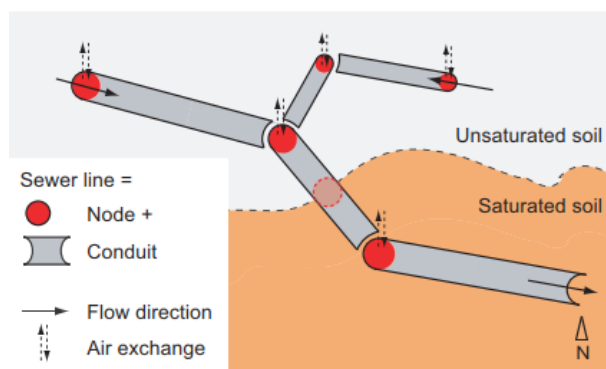


Рисунок 2 – Вузол, який розділяє труби з різними характеристиками
Figure 2 – A node that separates pipes with different characteristics

Дослідження на основі програмного продукту TEMPEST, версія 1.02 якого була надана Національному університету водного господарства та природокористування (НУВГП) науковцями з Швейцарського федерального інституту водних наук та технологій (EAWAG, Цюрих) було проведено моделювання температурного режиму СВ на прикладі внутрішньодворової мережі каналізації гуртожитків № 7 та 8 НУВГП у місті Рівне по вул. Студентській, 6 та 8 – рисунок 3. Метою розрахунку потенційної кількості тепла СВ в каналізаційній мережі для утилізації на потреби ГВП для мешканців гуртожитків.

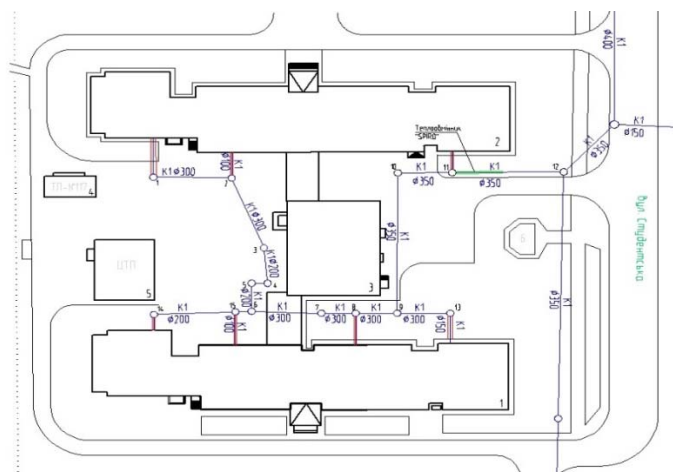


Рисунок 3 – План-схема внутрішньодворової каналізації гуртожитків № 7 та 8 НУВГП
Figure 3 – The plan-scheme of the courtyard sewerage of dormitories No. 7 and 8 of the NUWEE

На рисунку 4 зображена схема трубопроводів і колодязів внутрішньодворової каналізаційної мережі K1 гуртожитків № 7 (поз. 2 на схемі) та № 8 (поз. 1), яка була об'єктом дослідження. На схемі нанесені номери колодязів та діаметри трубопроводів і випусків каналізації. Висотні відмітки люків колодязів, верху та низу (лотків) труб каналізації, що були отримані з матеріалів топогеодезичних вишукувань, довжини ділянок труб між колодязями та витрати СВ, які по них протікають, на схемі не нанесені, щоби не захащувати її, але всі вони використовувалися в якості вихідних даних, і заносилися в інтерактивному режимі роботи в програму «TEMPEST» – рисунок 5.

Вводилися змінні – витрата і температура СВ на ділянці, коефіцієнт повітрообміну, температура і вологість повітря в каналізаційному просторі, температура навколишнього ґрунту. Гідравліка СВ моделюється рівняннями Сент-Венана, а аеродинаміка потоку повітря – розробленою моделлю для круглих труб. Розглянуті в моделі процеси тепло- і масообміну наведені на рис. 2. Складні за конфігурацією каналізаційні мережі моделювалися серією елементів «вузол + канал».

Для холодного та теплого періодів року було відібрано параметри, що наведені в таблиці 1. Ці дані вводяться як вихідні в діалогове вікно програми «TEMPEST» (рис.4).

Коефіцієнт повітрообміну в колодязях прийнятий 0,001, тому що на даних ділянках мережі всі каналізаційні колодязі перекриті люками, які не мають отворів, тому повітрообмін і відповідно втрати тепла з повітрям із колодязя є мінімальними. Крім того, рельєф ділянки рівний, а ухили

трубопроводів на ділянках не дуже великі, що не створює для повітря в каналізаційних трубах природної витяжки і руху повітря в них.

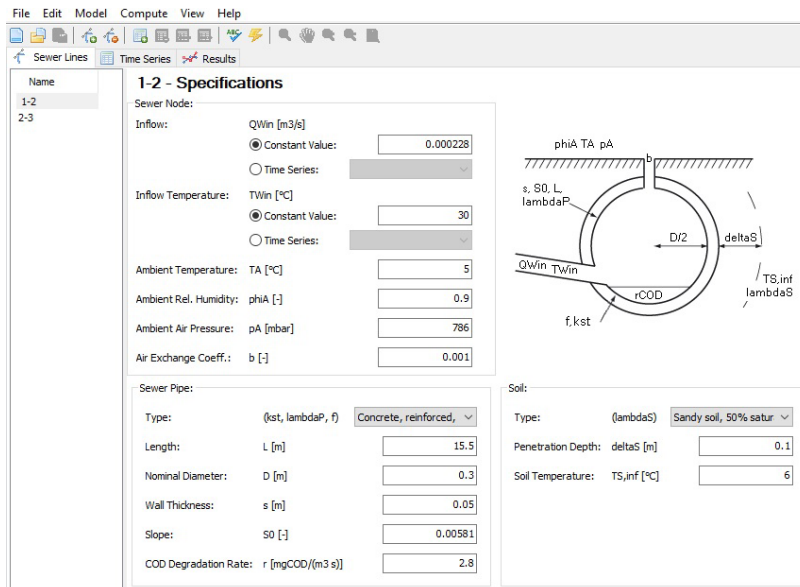
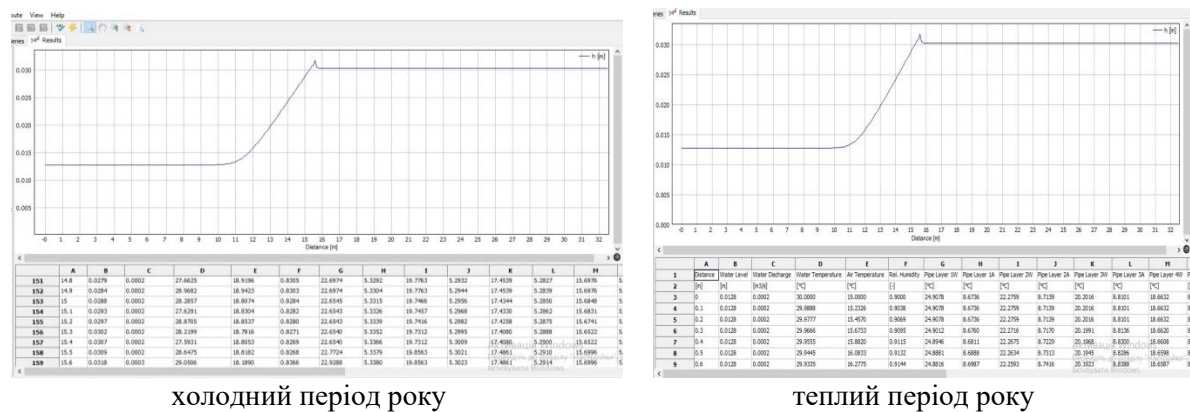


Рисунок 4 – Вікно «Sewer Lines» програми «TEMPEST» з вихідними даними ділянки 1-2
Figure 4 – The «Sewer Lines» window of the «TEMPEST» program with the raw data of section 1-2



холодний період року

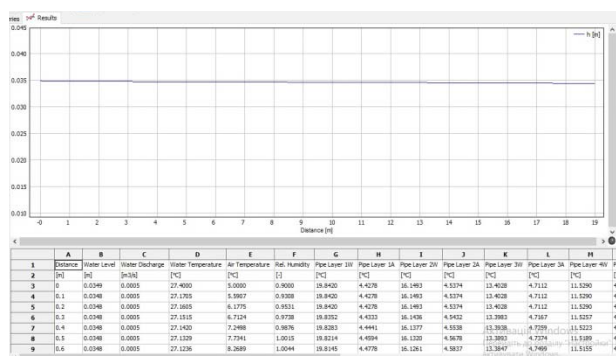
тепліий період року

Рисунок 5 – Температура стічних вод в мережі на ділянці 1-3 в різні періоди року
Figure 5 – The temperature of wastewater in the network at section 1-3 in different periods of the year

Таблиця 1 – Вихідні параметри для розрахунків в холодний та теплий період
Table 1 – Initial parameters for calculations in the cold and warm period

Показники	Значення	
	холодний	тепліий
Температура вихідних СВ з випусків гуртожитків, °C	30	
Температура повітря навколишнього середовища, °C	5	15
Коефіцієнт вологості, ph A	0,9	
Атмосферний тиск, мбар	786	
Коефіцієнт повітрообміну, b	0,001	
Швидкість розкладання ХПК, mg COD/(m ³ *s), r	2,8	
Глибина проникнення тепла в ґрунт (навколо труби), м, ΔS	0,1	
Температура ґрунту (навколо труби), °C, TS	6	11

В гуртожитках НУВГП № 7 та № 8 є 7 каналізаційних випусків (з 2-х будинків). За розподілом споживачів води в гуртожитках середньодобова витрата СВ по кожному з 3-х випусків гуртожитку № 7 склала 0,228 $\text{дм}^3/\text{с}$, а по кожному з 4-х випусків гуртожитку № 8 – 0,171 $\text{дм}^3/\text{с}$. В каналізаційний колодязь № 1 з випуску гуртожитку №7 (рисунок 3, поз. 2 на генплані) надходять СВ з витратою 0,228 $\text{дм}^3/\text{с}$. Температура СВ на виході з будинку приймається – 30 $^{\circ}\text{C}$. Далі СВ проходять дистанцію 15,5 м до колодязя № 2 по трубі $\varnothing$ 300 мм. За результатами розрахунків в програмі «TEMPEST» наприкінці ділянки 1-2 температура СВ в холодний період року становить 27,6 $^{\circ}\text{C}$, а в теплий – 28,7 $^{\circ}\text{C}$, що відображено на рисунок 6.



теплій період року

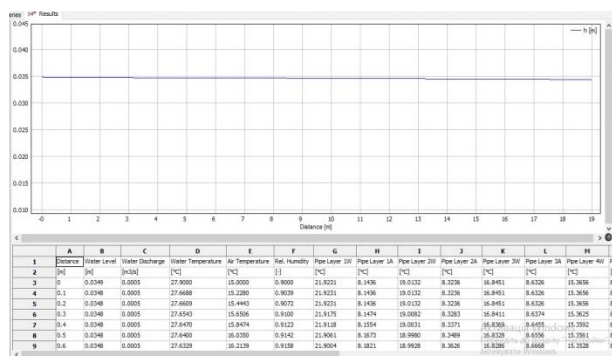
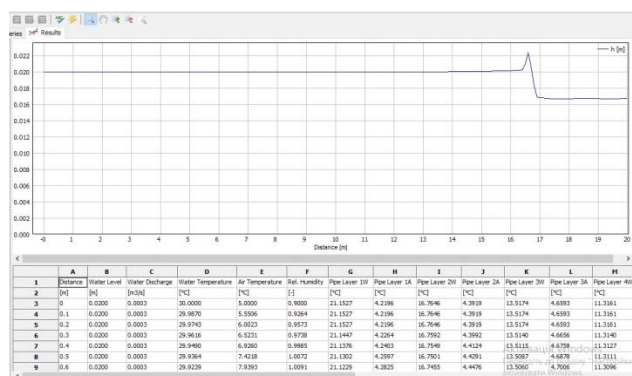


Рисунок 6 – Температура СВ в мережі на ділянці 3-6 в різні періоди року
Figure 6 – The temperature of wastewater in the network at section 3-6 in different periods of the year



теплій період року

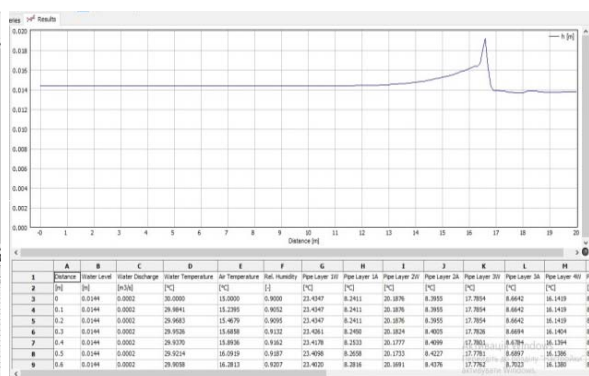
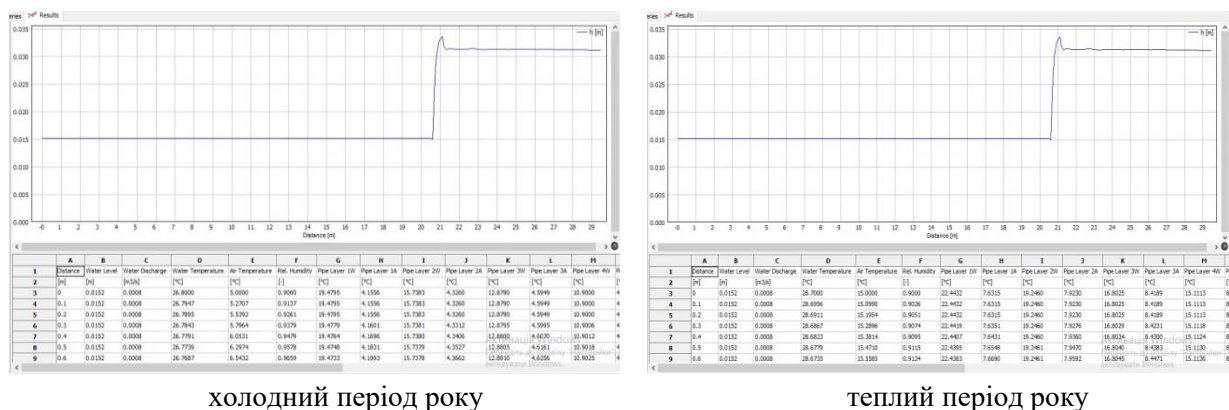


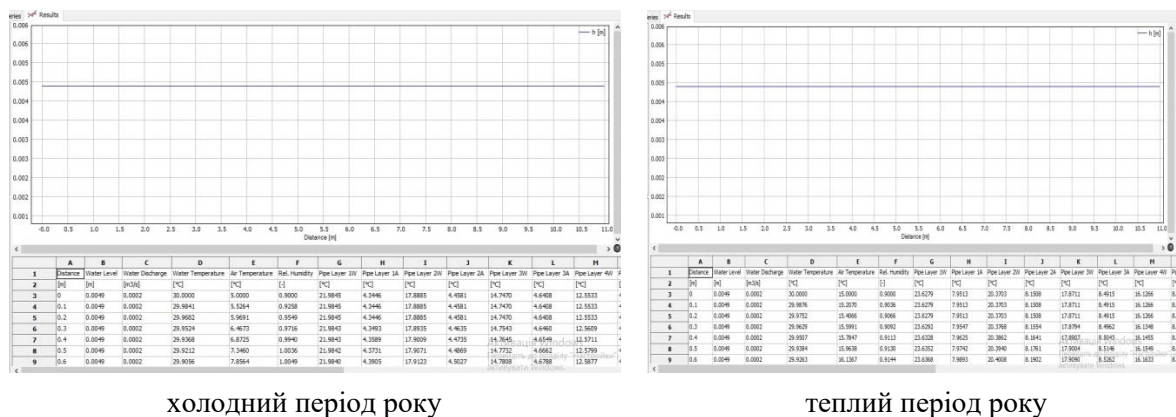
Рисунок 7 – Температура СВ в мережі на ділянці 6-9 в різні періоди року
Figure 7 – The temperature of wastewater in the network at section 6-9 in different periods of the year

Потоки СВ з колодязів № 14, 15 та 3 об'єднуються в колодязі № 6 і розраховуються як один потік з витратою 0,798 $\text{дм}^3/\text{с}$, що прямує до колодязя № 8 по ділянці довжиною 21 м. Колодязь № 7 – проміжний. Даний потік СВ перемішується в колодязі № 8 з випуском СВ з витратою 0,171 $\text{дм}^3/\text{с}$. Для подальших розрахунків приймаємо на виході з нього витрату суміші СВ, які прямують по трубі $\varnothing 300$

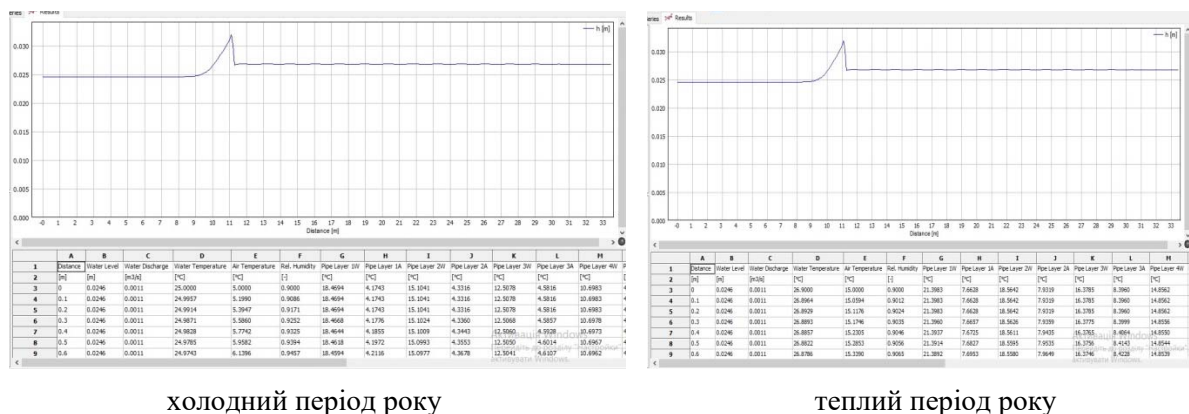
мм і протяжністю 8,5 м до колодязя №9, 0,969 дм³/с. Результати розрахунку по ділянці 6-9 каналізаційної мережі наведено на рисунку 8.



Наступна ділянка розрахунку 13-9 має випуск направлений в колодязь № 13 з початковою температурою СВ 30 °С і витратою 0,171 дм³/с. Від колодязя № 13 СВ проходять дистанцію 11 м до колодязя № 9 по трубі Ø 300 мм. Результати розрахунків відображено на рисунку 9.



Вслід за цим в колодязі № 9 відбувається перемішування СВ від колодязя № 8 та потоку від колодязя № 13. Сумарна витрата потоків складає 1,140 дм³/с. Від колодязя № 9 до колодязя № 10 СВ проходять дистанцію 32 м по трубі Ø 350 мм. Результати розрахунків відображено на рис. 10.



Відстань від колодязя № 10 до колодязя № 11 складає 11 м, діаметр труб – 350 мм, витрата СВ – 1,140 $\text{дм}^3/\text{с}$. В колодязь № 11 направлений випуск СВ з гуртожитку № 7 з температурою СВ 30 $^{\circ}\text{C}$ та витратою 0,228 $\text{дм}^3/\text{с}$, що призведе до перемішування СВ, а відповідно і до підвищення температури їх суміші. Діаметр труб на ділянці 11-12 становить 350 мм, а довжина 22,5 м. На ділянці відбувається злиття потоків СВ від обох гуртожитків, що видно на рис. 10. Загальна розрахункова витрата СВ складає 1,368 $\text{дм}^3/\text{с}$.

Як показує розрахунок, температура суміші СВ на вході в колодязь № 12 становить 25,0 $^{\circ}\text{C}$ в холодний період року та 26,5 $^{\circ}\text{C}$ – в теплий.

Вихідні дані для ділянок, що необхідні для розрахунків температури СВ, порашовані програмою «TEMPEST» значення температури СВ в характерних точках ділянок мережі (початок і закінчення), а також величини теплових потужностей, які втрачаються під час руху СВ по даній ділянці, та бути використаними для потреб ГВП гуртожитків при різних рівнях вилучення тепла з СВ.

Висновки. Виконаний аналіз математичних моделей та комп'ютерних програм для розрахунку температурного режиму СВ в каналізаційних мережах та визначені температурні профілі СВ в каналізаційній мережі для холодного і теплого періодів року.

На основі моделювання в програмі «TEMPEST» та з допомогою «MS Excel» визначені потужності і втрати теплової енергії на всіх ділянках каналізаційної мережі та можливі потужності для рекуперації низькопотенційного тепла і перетворення його в ТНУ у високопотенційне для потреб ГВП двох гуртожитків НУВГП.

Результати досліджень будуть використані для проєктування теплогенеруючого пункту на базі ТНУ, баків-акумуляторів гарячої води тощо, для якого джерелом тепла будуть СВ дворової каналізаційної мережі двох гуртожитків.

Перехід на відновлювані джерела енергії дасть можливість зекономити значні об'єми природного газу, від якого можна відмовитись, якщо використовувати теплову енергію СВ за допомогою ТНУ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. (2018). PE/48/2018/REV/1, p. 82–209 <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
2. Титарь, С.С. & Климчук, А.А. (2011). Использование сбросного тепла в системе автономного теплоснабжения жилых зданий. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 6, с.121-125.
3. Денисова, А.Є. & Троїцький, О.М. (2011). Перспективи використання скидних вод для теплопостачання. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 6, с.126-131.
4. Nicholas, H., Konstantinos, N., Rohinton, E., Bjorn, A., & Paul, Y. (2014) A renewable heat solution for water ingress in the Glasgow subway tunnel system. Conference: Energy and sustainability. <https://doi.org/10.2495/ESUS140141>.
5. Hytiris, N., Ninikas, K., Emmanuel, R., Aaen, B., & Younger, P.L. (2018). A heat energy recovery system from tunnel wastewater. Environmental Geotechnics 5(5), 300–308. <https://doi.org/10.1680/jenge.15.00087>.
6. Cecconet, D., Racek, J., Callegari, A. & Hlavínek, P. (2020). Energy Recovery from Wastewater: A Study on Heating and Cooling of a Multipurpose Building with Sewage-Reclaimed Heat Energy, Sustainability, 12(116). <https://doi.org/10.3390/su12010116>.
7. Gruber-Glatzl, W., Brunner, C., Meitz, S. & Schnitzer, H. (2020). From the Wastewater Treatment Plant to the Turnstiles of Urban Water and District Heating Networks, Frontiers in Sustainable Cities. <https://doi.org/10.3389/frsc.2020.523698>.
8. Кожушко, О. Д., & Кізеєв, М. Д. (2017). Утилізація теплової енергії стічних вод та питної води в системах водопостачання і каналізації населених пунктів. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, 7, С. 94-100. http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmr_b_2017_7_16.
9. van der Hoek, J. P., Mol, S., Giorgi, S., Ahmad, J. I., Liu, G., & Medema, G. (2018). Energy recovery from the water cycle: Thermal energy from drinking water, Energy, 162, 977-987. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.097>.

10. Dürrenmatt, D.J. (2006). Berechnung des Verlaufs der Abwassertemperatur im Kanalisationsrohr. Master's Thesis, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:12981>
11. Dürrenmatt, D., & Wanner, O. (2012). TEMPEST. Computer Program for the Simulation of the Wastewater Temperature in Sewers. Version 1.02. User Manual. <https://www.eawag.ch/en/departement/eng/software/>
12. Dürrenmatt, D., & Wanner, O. (2014). A mathematical model to predict the effect of heat recovery on the wastewater temperature in sewers. *Water Research*, 48, 548-558. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.017>.
13. Abdel-Aal, M., Smits, R., Mohamed, M., De Gussem, K., Schellart, A., & Tait, S. (2014). Modelling the viability of heat recovery from combined sewers. *Water Science & Technology*, 70(2), 297–306. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.218>.

REFERENCES

1. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. (2018). PE/48/2018/REV/1, p. 82–209 <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
2. Titir, S.S. & Klimchuk, A.A. (2011). Ispolzovanie sbrosnogo tepla v sisteme avtonomnogo teplosnabzheniya zhilikh zdaniy. [The use of waste heat in the system of autonomous heating of residential buildings]. *Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «Kharkivskii politehnicnij institut»*. Energetichni ta teplotehnicni procesi i ustatkuvannya – Bulletin of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». Energy and heat engineering processes and equipment, 6, 121-125.
3. Denysova, A.Ie. & Troitskyi, O.M. (2011). Perspektyvy vykorystannia skydnykh vod dla teplopostachannia. [Prospects for the use of wastewater for heat supply]. *Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «Kharkivskii politehnicnij institut»*. Energetichni ta teplotehnicni procesi i ustatkuvannya – Bulletin of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». Energy and heat engineering processes and equipment. 6, 126-131.
4. Nicholas, H., Konstantinos, N., Rohinton, E., Bjorn, A., & Paul, Y. (2014) A renewable heat solution for water ingress in the Glasgow subway tunnel system. Conference: Energy and sustainability. <https://doi.org/10.2495/ESUS140141>.
5. Hytiris, N., Ninikas, K., Emmanuel, R., Aaen, B., & Younger, P.L. (2018). A heat energy recovery system from tunnel wastewater. *Environmental Geotechnics* 5(5), 300–308. <https://doi.org/10.1680/jenge.15.00087>.
6. Ceconet, D., Racek, J., Callegari, A. & Hlavínek, P. (2020). Energy Recovery from Wastewater: A Study on Heating and Cooling of a Multipurpose Building with Sewage-Reclaimed Heat Energy, *Sustainability*, 12(116). <https://doi.org/10.3390/su12010116>.
7. Gruber-Glatzl, W., Brunner, C., Meitz, S. & Schnitzer, H. (2020). From the Wastewater Treatment Plant to the Turnstiles of Urban Water and District Heating Networks, *Frontiers in Sustainable Cities*. <https://doi.org/10.3389/frsc.2020.523698>.
8. Kozhushko, O. D., & Kizyeyev, M. D. (2017). Utylizatsiia teplovoi enerhii stichnykh vod ta pytnoi vody v systemakh vodopostachannia i kanalizatsii naselenykh punktiv. [Utilization of thermal energy of waste water and drinking water in water supply and sewage systems of settlements]. *Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi – Modern technologies and calculation methods in construction*, 7, 94-100. http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmr_b_2017_7_16.
9. van der Hoek, J. P., Mol, S., Giorgi, S., Ahmad, J. I., Liu, G., & Medema, G. (2018). Energy recovery from the water cycle: Thermal energy from drinking water, *Energy*, 162, 977-987. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.097>.
10. Dürrenmatt, D.J. (2006). Berechnung des Verlaufs der Abwassertemperatur im Kanalisationsrohr. Master's Thesis, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:12981>.
11. Dürrenmatt, D., & Wanner, O. (2012). TEMPEST. Computer Program for the Simulation of the Wastewater Temperature in Sewers. Version 1.02. User Manual. <https://www.eawag.ch/en/departement/eng/software/>.
12. Dürrenmatt, D., & Wanner, O. (2014). A mathematical model to predict the effect of heat recovery on the wastewater temperature in sewers. *Water Research*, 48, 548-558. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.017>.

13. Abdel-Aal, M., Smits, R., Mohamed, M., De Gussem, K., Schellart, A., & Tait, S. (2014). Modelling the viability of heat recovery from combined sewers. *Water Science & Technology*, 70(2), 297–306. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.218>.

РЕФЕРАТ

Куницький М.О. Гідравлічний розрахунок потоків стічних вод в каналізаційних мережах за допомогою програми «tempest» / М.О. Куницький // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 3 (53).

Об'єкт дослідження – Дослідження на основі програми «ТЕМPEST» для розрахунку потенційної кількості теплової енергії в каналізаційній мережі було проведено на прикладі моделювання температурного режиму дворової мережі каналізації гуртожитків № 7 і № 8 Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна).

Мета роботи – поглиблення на основі аналізу формування оборотних активів на окремому підприємстві науково-теоретичних засад та розробка пропозицій з управління оборотними активами в сучасних економічних умовах.

Метод дослідження – теоретичне та аналітичне обґрунтування процесів, пов'язаних з управлінням оборотними активами на підприємстві.

Метою роботи є ознайомлення з можливостями програми «ТЕМPEST» для дослідження температурного режиму стічних вод, а також розроблення методики визначення потенціалу теплової енергії стічних вод в каналізаційних колекторах.

Метою дослідження було визначення кількості теплової енергії стічних вод, яке можна рекупрувати на потреби гарячого водопостачання для мешканців гуртожитків за допомогою теплових насосів.

В Україні робота котелень в неопалюваний період неефективна. Тому в населених пунктах України практикується зупинка котелень в цей час. Це зумовлює необхідність встановлення мешканцями квартирних підігрівачів для гарячого водопостачання

Завданням постає виправлення недоліків традиційних систем централізованого тепlopостачання і гарячого водопостачання загострилися в умовах інтенсивних бойових дій та систематичних ворожих обстрілів інфраструктури населених пунктів. Причому все відбувається на тлі зростання цін на енергоресурси, їх дефіциту і наближення опалювального сезону.

Результати можна використати для підвищення надійності функціонування енергетичної інфраструктури необхідно дублювання централізованих джерел автономними, в тому числі на основі відновлюваної енергії. Для гарантування санітарно-епідеміологічного благополуччя населення разом з системами водопостачання необхідна і надійна робота систем водовідведення і теплових насосів, які повинні стати джерелами низькопотенційного тепла в містах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ СТИЧНИХ ВОД; ТЕПЛОВА НАСОСНА УСТАНОВКА; МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ; РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА, TEMPEST.

ABSTRACT

Kunytskyi M.O. Determination of hydraulic calculation of wastewater flows in sewage networks using the «tempest» program. *Visnyk National Transport University. Series «Technical Sciences»*. Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 3 (53).

In Ukraine, the operation of boiler houses in the unheated period is inefficient. Therefore, it is practiced to shut down boilers at this time in settlements of Ukraine. This makes it necessary for residents to install apartment heaters for hot water supply.

The shortcomings of the traditional systems of centralized heating and hot water supply were aggravated in the conditions of intense hostilities and systematic enemy shelling of the infrastructure of populated areas. Moreover, everything is happening against the background of rising prices for energy resources, their shortage and the approach of the heating season.

To increase the reliability of the functioning of the energy infrastructure, it is necessary to duplicate centralized sources with autonomous ones, including those based on renewable energy. In order to guarantee the sanitary and epidemiological well-being of the population, together with water supply systems, reliable operation of water drainage systems and heat pumps, which should become sources of low-potential heat in cities, is also necessary.

The purpose of the article is to get acquainted with the possibilities of the «TEMPEST» program for the study of the temperature regime of wastewater, as well as the development of a methodology for determining the thermal energy potential of wastewater in sewage collectors.

A study based on the «TEMPEST» program for calculating the potential amount of thermal energy in the sewer network was conducted on the example of modeling the temperature regime of the indoor sewer network of dormitories No. 7 and No. 8 of the National University of Water and Environmental Engineering (Rivne, Ukraine). The aim of the study was to determine the amount of thermal energy of wastewater that can be recovered for the needs of hot water supply for residents of dormitories with the help of heat pumps.

KEYWORDS: TEMPERATURE REGIME OF WASTEWATER; HEAT PUMP; MATHEMATICAL MODEL; HEAT RECOVERY, TEMPEST.

АВТОР:

Куницький М.О., молодший науковий співробітник, Національний університет водного господарства та природокористування, kunytskyi_az16@nuwm.edu.ua, тел. +380635348429, Україна, 35400, Рівненська обл., смт. Гоща, вул. Незалежності, 75, orcid.org/0000-0003-1700-8167.

AUTHOR:

Kunytskyi M.O., Junior Research Fellow, National University of Water and Environmental Engineering, kunytskyi_az16@nuwm.edu.ua, tel. +380635348429, Ukraine, 35400, Rivne region, Goshcha, str. Nezalezhnosti, 75, orcid.org/0000-0003-1700-8167.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сафоник Андрій Петрович, професор кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет водного господарства та природокористування, доктор технічних наук, Рівне, Україна.

Пінчук Олег Леонідович, доцент кафедри гідроінформатики, Національний університет водного господарства та природокористування, кандидат технічних наук, доцент, Рівне, Україна.

REVIEWER:

Safonyk Andriy Petrovych, professor of the department of automation, electrical engineering and computer-integrated technologies, National University of Water Management and Nature Management, Doctor of Technical Sciences, Rivne, Ukraine.

Oleh Leonidovych Pinchuk, Associate Professor of the Department of Hydroinformatics, National University of Water Management and Nature Management, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Rivne, Ukraine.