USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ

Проєкт
Енергетичної
Безпеки

# ПРАКТИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ. РОЗРАХУНКОВІ МОДУЛІ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ СХЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

28 жовтня 2021 року

# Розрахункові модулі

В керівництві описано:

- дії кожного з учасників процесу послідовно, на кожному з етапів;
- надано інструменти, що можуть бути використані під час розробки;
- наведено приклади для кожного кроку.

В окремому розділі посібника наведено приклади можливих існуючих станів елементів системи теплопостачання та варіанти впровадження енергоефективних заходів для кожного з випадків. Окремо наведено приклади технічних та фінансових розрахунків для кожного запропонованого варіанту.

Відповідно,  для наведених прикладів запропоновані розрахункові excel-модулі.

# Визначення й аналіз існуючих зон теплопостачання

Для орієнтовної оцінки вартісних характеристик теплових і газових мереж в районі теплопостачання, можуть використовуватися показники  теплощільності, газощільності та лінійної щільності теплових навантажень.

За наявністю даних щодо розрахункових теплових навантажень та географічних показників району обчислюються орієнтовні значення питомої матеріальної характеристики теплової мережі та питома вартість трубопроводу.

| Питомі інвестиції системи централізованого теплопостачання | | |
|---|---|---|
| **Вихідні дані** | | |
| F | | - географічної площі забудови зони теплопостачання, га; |
| $Q_{оп}$ | 2 | - приєднане навантаження на опалення та вентиляцію котельних зони, МВт; |
| $Q_{гвп}$ | 1 | - приєднане середнє навантаження гарячого водопостачання котельних зони, МВт; |
| $ф_{БМ}$ | | - коефіцієнт витрат на прокладання теплових мереж; |
| $ф_{виг}$ | | - коефіцієнт витрат на виготовлення труби; |
| $c_{м}$ | 43 00 | - ціна сталі трубопровідної, грн/п.м. |
| $M_{пит}$ | 1 | - питома матеріальна характеристика теплової мережі, м²/МВт; |
| Q | 3 | - приєднане навантаження на опалення та вентиляцію котельних та середнє навантаження гарячого водопостачання, МВт; |
| q | | - теплощільністьтеплового навантаження, МВт/га; |
| ф | | - поправочний коефіцієнт, що залежить від співвідношення навантажень гарячого водопостачання (ГВП) та опалення і вентиляції; |
| m | 1 | - питома маса металу трубопроводу, т/МВт; |
| k | 1 071 04 | - питома вартість трубопроводу, грн/МВт; |

# Показники існуючого та прогнозного попиту на теплову енергію

Для визначення фактичного попиту на теплову енергію:

- використовувати дані з лічильників в будівлях або на котельнях.
- якщо лічильники частково відсутні, рекомендовано використовувати інформацію з лічильників на типових будівлях.
- В разі відсутності даних по споживанню та по навантаженню, розрахунки проводяться відповідно до нормативів:

# Показники існуючого та прогнозного попиту на теплову енергію. Нормативи

| |
|---|
| КТМ 204 «Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько – побутові потреби в Україні |
| ДБН В.2.6 – 31:2006 «Теплова ізоляція будівель» |
| ДБН В.2.6 – 31:2016 «Теплова ізоляція будівель» |
| Наказ від 27.10.2020 №260 «Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель» |

# Показники існуючого та прогнозного попиту на теплову енергію

| Область (вибрати) | Рік побудови (ввести вручну) | Призначення будівлі (вибрати) | Кількість поверхів (ввести вручну) | Кількість людей (ввести вручну) | Опалювальна площа, м² (ввести вручну) | Опалювальний об'єм, м³ (ввести вручну) | Максимальна потужність ГВП (ДБН Внутр. водопров і каналіз.), кВт | Середня потужність ГВП (ДБН Внутр. водопров і каналіз.), кВт | Середня потужність ГВП (ДСТУ Ен. еф. буд.), кВт | Середня потужність ГВП (згідно соціальної норми для житлових будинків), кВт | Питоме річне споживання опалення, кВт·год/м² | Питоме річне споживання опалення, кВт·год/м² | Річне споживання, кВт·год | Потужність, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Чернівецька область | 2007 | Житлові будинки | 3 | 1 040 | 13 890 | 41 670 | 1 058 | 280,08 | 41,23 | 157,24 | 43 | 14 | 601 346 | 293,70 |
| Рівненська область | 1960 | Підприємства торгівлі | 28 | 4 196 | 55 944 | 151 049 | 3 477 | 245,47 | 249,07 | | 89 | 33 | 4 992 548 | 2 354,89 |
| Кіровоградська область | 1960 | Громадські будівлі та споруди | 3 | 94 | 1 254 | 3 887 | 125 | 4,12 | 5,58 | | 155 | 50 | 193 892 | 95,51 |
| Кіровоградська область | 2008 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | 5 | 418 | 5 575 | 16 168 | 451 | 73,36 | 29,78 | | 104 | 36 | 582 030 | 273,43 |
| Харківська область | 1956 | Громадські будівлі та споруди | 2 | 366 | 4 880 | 12 688 | 411 | 16,06 | 21,73 | | 111 | 43 | 543 714 | 259,15 |
| Тернопільська область | 1972 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | 23 | 1 342 | 17 894 | 51 893 | 1 194 | 235,52 | 95,60 | | 131 | 45 | 2 345 811 | 1 004,99 |
| Чернігівська область | 1960 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | 17 | 1 090 | 14 535 | 37 791 | 1 051 | 191,30 | 77,65 | | 123 | 47 | 1 790 945 | 784,16 |
| Черкаська область | 1945 | Підприємства торгівлі | 26 | 1 704 | 22 724 | 65 900 | 1 542 | 99,68 | 101,17 | | 96 | 33 | 2 173 098 | 1 027,39 |
| Рівненська область | 1952 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | 12 | 2 193 | 29 244 | 81 883 | 1 882 | 384,87 | 156,24 | | 124 | 44 | 3 611 829 | 1 623,56 |
| Кіровоградська область | 2006 | Житлові будинки | 4 | 839 | 11 180 | 34 658 | 839 | 194,28 | 33,18 | 126,85 | 119 | 38 | 1 325 291 | 652,85 |
| Херсонська область | 1938 | Житлові будинки | 15 | 1 914 | 25 515 | 79 097 | 1 720 | 443,21 | 75,73 | 289,38 | 80 | 26 | 2 049 782 | 1 204,86 |
| Харківська область | 1947 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | 29 | 5 601 | 74 675 | 231 493 | 4 687 | 982,98 | 398,95 | | 141 | 46 | 10 547 138 | 4 803,47 |
| Чернівецька область | 1933 | Громадські будівлі та споруди | 19 | 970 | 12 939 | 36 229 | 975 | 42,56 | 57,61 | | 100 | 36 | 1 294 016 | 632,00 |
| Івано-Франківська область | 2009 | Готелі | 10 | 1 844 | 24 590 | 71 311 | 1 537 | 449,48 | 109,48 | | 51 | 18 | 1 254 090 | 595,76 |
| Сумська область | 1965 | Житлові будинки | 30 | 3 341 | 44 550 | 120 285 | 2 869 | 773,65 | 132,23 | 505,13 | 120 | 44 | 5 331 505 | 2 498,02 |
| Херсонська область | 2020 | Житлові будинки | 15 | 2 228 | 29 700 | 89 100 | 2 056 | 515,92 | 88,15 | 336,85 | 75 | 25 | 2 227 500 | 1 309,32 |
| Автономна Республіка Крим | 1950 | Громадські будівлі та споруди | 13 | 120 | 1 599 | 3 998 | 160 | 5,27 | 7,12 | | 94 | 38 | 150 392 | 81,85 |
| Закарпатська область | 2012 | Житлові будинки | 5 | 403 | 5 375 | 14 513 | 460 | 93,32 | 15,95 | 60,93 | 48 | 18 | 258 000 | 138,29 |
| Чернівецька область | 1944 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | 20 | 2 759 | 36 780 | 110 340 | 2 374 | 484,20 | 196,50 | | 125 | 42 | 4 594 374 | 2 136,92 |
| Івано-Франківська область | 1937 | Підприємства торгівлі | 6 | 745 | 9 930 | 29 790 | 756 | 43,58 | 44,21 | | 96 | 32 | 953 806 | 453,11 |
| Закарпатська область | 1985 | Громадські будівлі та споруди | 21 | 1 422 | 18 963 | 51 200 | 1 368 | 62,39 | 84,42 | | 77 | 28 | 1 458 061 | 781,51 |
| Чернівецька область | 1973 | Громадські будівлі та споруди | 25 | 3 413 | 45 500 | 131 950 | 3 009 | 149,75 | 202,57 | | 104 | 36 | 4 712 924 | 2 301,79 |
| Луганська область | 1952 | Підприємства торгівлі | 14 | 748 | 9 968 | 29 904 | 756 | 43,76 | 44,38 | | 96 | 32 | 957 565 | 511,69 |
| Львівська область | 1930 | Підприємства торгівлі | 27 | 3 108 | 41 445 | 111 902 | 2 691 | 181,82 | 184,52 | | 86 | 32 | 3 582 824 | 1 659,47 |
| Вінницька область | 1952 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | 15 | 2 505 | 33 405 | 100 215 | 2 207 | 439,63 | 178,47 | | 127 | 42 | 4 234 781 | 1 987,04 |
| Київська область | 1948 | Будинки та споруди навчальних закладів | 28 | 2 877 | 38 360 | 118 916 | 2 532 | 168,30 | 170,78 | | 124 | 40 | 4 739 909 | 2 286,82 |
| Дніпропетровська область | 1978 | Будинки та споруди навчальних закладів | 4 | 284 | 3 780 | 9 828 | 330 | 16,61 | 16,83 | | 114 | 44 | 432 292 | 210,07 |
| Харківська область | 1931 | Житлові будинки | 28 | 2 858 | 38 108 | 114 324 | 2 544 | 661,81 | 113,11 | 432,10 | 96 | 32 | 3 653 683 | 1 741,47 |
| Житомирська область | 1930 | Будинки та споруди навчальних закладів | 24 | 4 113 | 54 840 | 164 520 | 3 477 | 240,61 | 244,15 | | 126 | 42 | 6 888 220 | 3 163,81 |
| Рівненська область | 1932 | Підприємства торгівлі | 16 | 502 | 6 688 | 20 064 | 530 | 29,37 | 29,78 | | 99 | 33 | 663 166 | 312,80 |

# Розробка та аналіз потенційних проєктів розвитку (модернізації) системи теплопостачання

В розділі наведені приклади та розрахунки для типових проєктів, що можуть бути запропоновані під час розробки схеми теплопостачання.

**Заміна теплотрас на попередньо ізольовані**

| Вихідні дані | | |
|---|---|---|
| $L$ | 4 750 | – довжина ділянки, м; |
| $d_з$ | 0,16 | – зовнішній діаметр трубопроводу без ізоляції, м; |
| $D_з$ | 0,25 | – зовнішній діаметр ізольованого трубопроводу, м; |
| $\lambda_{ІВ}$ | 0,03 | – коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м · °С); |
| $\alpha$ | 29,0 | – коефіцієнт тепловіддачі від поверзні ізоляції, Вт/(м² · °С); |
| $\tau$ | 65 | – середня температура теплоносія в мережі, °С; |
| $t_{РН}$ | -0,2 | – температура навколишнього середовища, °С; |
| $\eta_К$ | 0,92 | – коефіцієнт корисної дії котла, частка одиниці; |
| $Q_Н^Р$ | 33 800 | – теплота згоряння палива, кДж/м³(кДж/кг); |
| $T_Р$ | 4 200 | – число годин роботи котла за рік, год/рік; |
| $Ц_{ПАЛ}$ | 7,33 | – ціна палива, грн/м³(грн/кг); |

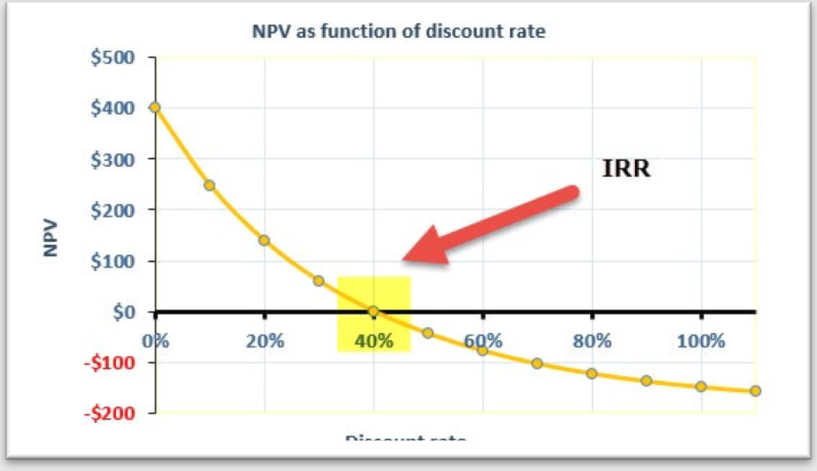
| Розрахунок | | |
|---|---|---|
| $R_1^{ІВ}$ | **2,18** | – термічний опір ізоляції попередньо ізольованого трубопроводу, (м · °С)/Вт; |
| $R_1''$ | **0,044** | – термічний опір тепловіддачі від поверхні попередньо ізольованої труби в навколишнє середовище, (м · °С)/Вт; |
| $R_і$ | **2,23** | – сумарний термічний опір від поверхні труби до навколишнього середовища, (м·К)/Вт; |
| $q_1^{ІВ}$ | **29,28** | – тепловий потік з поверхні 1 погонного метру ізольованого трубопроводу, Вт/м; |
| $Q_{ВТР}^{ІВ}$ | **139,10** | – кількість теплоти, віддана ізольованою ділянкою в навколишнє середовище, кВт; |
| $R_і^П = R_і^{П*}$ | **0,07** | – сумарний термічний опір від поверхні труби до навколишнього середовища не ізольованого трубопроводу, (м·К)/Вт; |
| $q_1^П$ | **944,48** | – тепловий потік з поверхні 1 погонного метру не ізольованого трубопроводу, Вт/м; |
| $Q_{ВТР}^П$ | **4 486,28** | – кількість теплоти, віддана не ізольованою ділянкою в навколишнє середовище, кВт; |
| $\Delta B_В$ | **503,28** | – економія палива за рахунок застосування попередньо ізольованих труб у порівнянні з неізольованим трубопроводом, м³/год; |
| $E$ | **15 493 843** | – економія коштів після заміни трубопроводу, грн/рік; |

# Розробка та аналіз потенційних проєктів розвитку (модернізації) системи теплопостачання

Фінансовий ефект проєкту визначається його ефективністю та рівнем рентабельності.

**Основні показники:**

- Простий термін окупності (PP),
- Чиста приведена вартість (NPV),
- Внутрішня норма рентабельності (IRR),
- Дисконтований термін окупності (DPP)

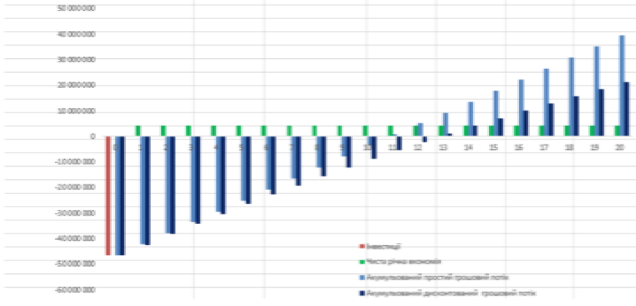


# Розробка та аналіз потенційних проєктів розвитку (модернізації) системи теплопостачання

| рошовий потік | Одиниці виміру | Загалом | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| вестиції | грн | _ | -46 575 000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ста річна економія | грн | _ | 0 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 |
| ростий грошовий потік | грн | _ | -46 575 000 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 | 4 303 843 |
| кумульований простий грошовий потік | грн | _ | -46 575 000 | -42 271 157 | -37 967 315 | -33 663 472 | -29 359 629 | -25 055 786 | -20 751 944 | -16 448 101 | -12 144 258 | -7 840 415 | -3 536 573 | 767 270 | 5 071 113 | 9 374 955 | 13 678 798 | 17 982 641 | 22 286 484 | 26 590 326 | 30 894 169 | 35 198 012 | 39 501 855 |
| ефіцієнт дисконтування | _ | | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,77 | 0,75 | 0,74 | 0,72 | 0,70 | 0,69 | 0,67 | 0,65 | 0,64 | 0,62 |
| исконтований грошовий потік | грн | | -46 575 000 | 4 203 753 | 4 105 992 | 4 010 503 | 3 917 236 | 3 826 137 | 3 737 158 | 3 650 247 | 3 565 357 | 3 482 442 | 3 401 455 | 3 322 351 | 3 245 087 | 3 169 620 | 3 095 908 | 3 023 910 | 2 953 587 | 2 884 899 | 2 817 808 | 2 752 278 | 2 688 271 |
| кумульований дисконтований грошовий отік | грн | | -46 575 000 | -42 371 247 | -38 265 255 | -34 254 751 | -30 337 516 | -26 511 378 | -22 774 221 | -19 123 974 | -15 558 616 | -12 076 174 | -8 674 719 | -5 352 368 | -2 107 280 | 1 062 340 | 4 158 248 | 7 182 159 | 10 135 746 | 13 020 645 | 15 838 453 | 18 590 730 | 21 279 002 |

| оказники економічної ефективності | Одиниці виміру | Показник |
|---|---|---|
| ростий термін окупності (PP)* | років | 10,8 |
| ста приведена вартість (NPV) | грн | 20 784 141 |
| утрішня норма рентабельності (IRR) | % | 7% |
| исконтований термін окупності (DPP)* | років | 12,7 |

Дробова частина значення терміну окупності визначається на основі кумулятивного грошового потоку проекту методом лінійної інтерполяції між роком з від'ємним значенням грошового потоку та наступним за ним роком з додатнім значенням грошового потоку.



# Паспорт схеми теплопостачання

Невід'ємна частина схеми теплопостачання населеного пункту, що містить показники:

- структури, ефективності, надійності, якості та екологічності систем теплопостачання населеного пункту для базового року;
- цільові показники за умови реалізації рекомендованого сценарію теплопостачання.

**Ефективність системи теплопостачання**

| № | Показник | Одиниця виміру | Значення | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Базовий рік (2020) | Рік 1 | Рік 2 | Рік 3 | Рік 4 | Рік 5 | На кінець розрах. періоду (вказати рік) | Зміни (10)-(4) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Споживання паливно-енергетичних ресурсів на виробництво теплової енергії | т у.п. | 484 528 | | | | | | 460 218 | |
| | В тому числі: | | | | | | | | | |
| | Природний газ | т у.п. | 241 429 | | | | | | 241 429 | |
| | Біопаливо | т у.п. | - | | | | | | 97 240 | |
| | Традиційне тверде паливо | т у.п. | 243 099 | | | | | | 121 550 | |
| | Рідке паливо | т у.п. | - | | | | | | - | |
| | Електроенергія в перерахунку на умовне паливо | т у.п. | - | | | | | | - | |
| | Скидна теплота | т у.п. | - | | | | | | - | |
| 2 | Виробництво теплової енергії | Гкал | 2 713 | | | | | | 2 713 | |
| 3 | Питома витрата умовного палива на виробництво теплової енергії | кг у.п. / Гкал | 178 571 | | | | | | 169 612 | |
| 4 | Енергетична складова собівартості виробництва | грн/Гкал | 899 | | | | | | 908 | |

# Зведений аналіз впливу на навколишнє середовище

Методологія призначена для розрахунку викидів ПГ від стаціонарних джерел спалювання палива. Містить алгоритм розрахунку, що дозволяє оцінювати обсяг викидів ПГ та необхідні для його реалізації вихідні дані.

**Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу**

| Енергоносії (вибрати з випадаючого списку) | Обсяг спалювання палива, т | Викиди від спалювання палива, т $CO_2$ |
|---|---|---|
| Торф | 20 | 20,69 |
| Деревне вугілля | 15 | 0,44 |
| Деревина/відходи деревини | 20 | 0,31 |
| Топковий мазут | 10 | 31,27 |
| Бітум/асфальт | 10 | 32,44 |
| Брикетоване паливо | 5 | 10,09 |
| **Сумарні викиди від спалювання палива, т $CO_2$** | | 95,25 |

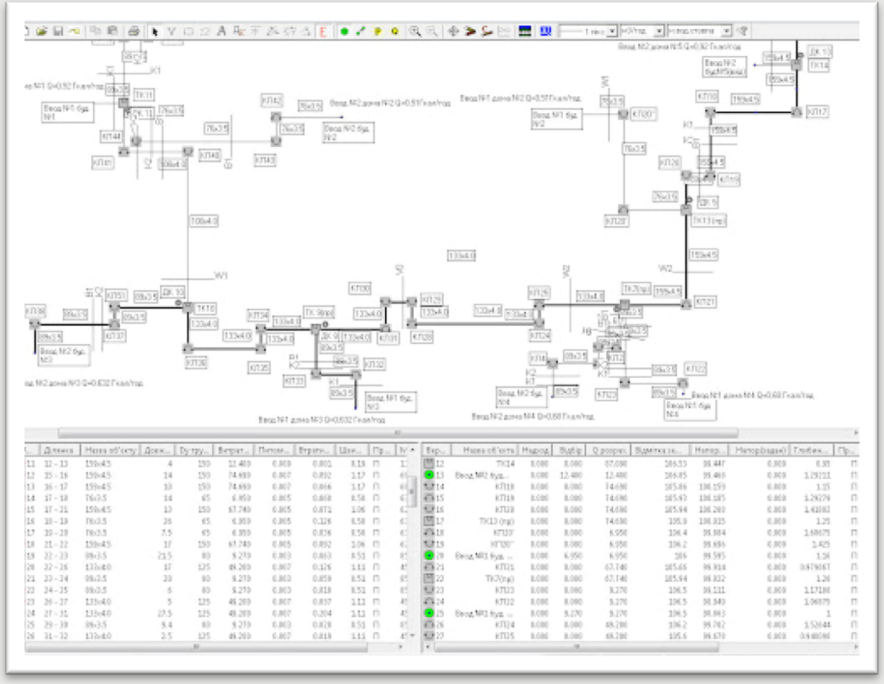
# Використання електронних інструментів моделювання системи теплозабезпечення ГІС

- Геоінформаційні системи (ГІС) – системи, пов’язані, із завданнями природокористування, а також територіального планування і управління. Ці системи мають універсальний характер, що забезпечує їхнє використання в різних галузях однаково успішно. Більшість систем мають надбудови і модулі, орієнтовані на рішення задач у різних галузях. В Посібнику наведено перелік ГІС, що можуть бути застосовані з вказаними особливостями. Зокрема:
- TERMIS
- ARCGIS UTILITY NETWORK
- NEPLAN
- GLOBEMA
- Iisi-Netti
- Trimble NIS
- MOP,  DYMOS

# Проведення гідравлічних розрахунків

**Мета:**
перевірка спроможності теплових мереж забезпечити надійне теплопостачання та вибір оптимальних параметрів ділянок трубопроводів.

- Виконується для рекомендованого сценарію схеми теплозабезпечення;
- Необхідне спеціалізоване програмне забезпечення.



# Дякую за увагу

Проєкт Енергетичної Безпеки

Цей документ став можливим завдяки підтримці американського народу через Агентство США з міжнародного розвитку (USAID). Tetra Tech ES,Inc. несе повну відповідальність за зміст цього документу. Викладений зміст не обов'язково відображає позицію USAID або Уряду Сполучених Штатів.

USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ