

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту
бакалавра

на тему **Енергозабезпечення житлового будинку з використанням водню**

Виконав: студент 4 курсу,
групи 401-НТ
спеціальності
144 Теплоенергетика
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
Литвиненко О. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник Колієнко А.Г.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Олепир О.В.
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою Голік Ю.С.
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗІВ	6
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ.....	13
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ СПОСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ГАЗІВ	20
3.1. Забезпечення постійної теплової потужності	20
3.2. Підтримання сталої теплової потужності пальника з новим тиском	22
3.3. Розрахунок інжекційних пальників за умови зміни складу палива і використання газоводневих сумішей.	25
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТНІ РОЗРОБКИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	35
4.1. Визначення розрахункових витрат газу	35
4.2. Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції.....	35
4.2.1. Вихідні дані для виконання розрахунку	35
4.2.2. Розрахунок втрат теплоти на потреби опалення	37
4.2.3. Розрахунок витрат теплоти на потреби гарячого водопостачання	39
4.3. Підбір газоспалювального обладнання на опалення та гаряче водопостачання	40
4.4. Підбір газоспалювального обладнання для приготування їжі.....	46
Основні характеристики	47
РОЗДІЛ 5. КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ.....	48
5.1. Конструювання і визначення розрахункових витрат газу по ділянкам газопроводу	48
5.1.1. Вимоги до приміщень, у яких встановлюються газові прилади.....	48
5.1.2. Прокладання домового та дворового газопроводів	51
5.1.3. Визначення розрахункових витрат газу по ділянкам газопроводу	54
5.2. Гідравлічний розрахунок газопроводів.....	55
РОЗДІЛ 6. КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ГАЗОХОДІВ ТА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ	62
6.1. Відведення продуктів згорання від газових приладів	62
6.2. Вентиляція газифікованих приміщень	73
РОЗДІЛ 7. АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ПОДАЧІ ГАЗОВОДНЕВИХ СУМІШЕЙ.....	77
РОЗДІЛ 8. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПЕРЕПАДІВ ТИСКУ В СИСТЕМАХ ГАЗОПОСТАЧАННЯ У РАЗІ ПОДАЧІ ГАЗОВОДНЕВИХ СУМІШЕЙ	84
ВИСНОВКИ	94
ЛІТЕРАТУРА	98
ДОДАТОК А.....	100
ДОДАТОК Б	111

401-НТ 18193				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Литвиненко О.О.		
		Колієнко А.Г.		
		Голік Ю.С.		
			Літ.	Арк.
			3	17
НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», кафедра теплогазопостачання та теплоенергетики				

ВСТУП

Актуальністю дипломного проєкту є вирішення проблеми диверсифікації природного газу і збільшення об'ємів використання джерел "чистої" енергії є важливою задачею сьогодення, особливо в умовах дефіциту природного газу в Україні.

Так, наприклад, за 2021 рік обсяги видобування природного газу становили 19,79 млрд м³, тоді як обсяги споживання склали 27,3 млрд м³. Дефіцит склав 7,51 млрд м³, а це 38% від усього рівня видобування природного газу. Така тенденція з незначними коливаннями повторюється з року в рік, що позитивно не впливає на енергетичну незалежність держави. Тому постає нагальна проблема диверсифікації природного газу в паливно-енергетичному секторі.

Оптимальними умовами диверсифікації природного газу є збереження топково-пальникових пристроїв, які використовують на природному газі. А це можливо лише за умови заміни природного газу на гази-замінники: біометан, синтетичний газ і, звичайно, популярний на сьогодні водень.

Наразі надзвичайно актуальними є розробки та дослідження, пов'язані з використанням водню як палива. Найбільшого поширення отримала ідея використовувати водень у якості палива в суміші з природним газом з метою зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище, забезпечення декарбонізації атмосфери та зменшення, шляхом скорочення викидів вуглекислого газу CO₂ в атмосферу, впливу на глобальні кліматичні зміни. Збільшення концентрації водню в газоводневій суміші на кожні 10% зменшує пропорційно коефіцієнт викидів CO₂ на ті ж самі 10 %.

При вивченні та аналізі можливості використання таких газоводневих сумішей на практиці, виникає питання щодо допустимої концентрації H₂ в них. Вирішення цього питання є надважливим, адже воно є своєрідним компромісом між збільшенням частки H₂, як замінника природного газу, з однієї сторони та забезпечення основних принципів безпеки, ефективності використання таких

					401-НТ 18193	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

альтернативних газів, а також мінімізації інвестиційних витрат, необхідних для переведення газоспалювальних пристроїв, призначених для чистого природного газу, на газоводневу суміш.

Метою дипломного проєкту є визначення основних характеристик природного газу та сумішей природного газу з різними частками водню, визначення максимально допустимої концентрації H_2 в суміші з природним газом, яка буде забезпечувати основні принципи безпеки, ефективності використання таких альтернативних газів у побутових газоспалювальних пристроях, призначених для чистого природного газу, розроблення заходів із досягнення взаємозамінності газів, розроблення моделі використання різних видів альтернативного палива без перевитрат на побутових газових приладах.

Об'єктом дослідження є енергозабезпечення житлового будинку з використанням газоводневої суміші.

Предметом дослідження є аналіз і визначення основних характеристик природного газу та сумішей природного газу з різними частками водню, а також визначення максимально допустимої концентрації H_2 в суміші.

					401-НТ 18193	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

е) Газ з умістом водню 19%

Таблиця 1.6

Альтернативна суміш №5

№ п/п	Назва компон.	Уміст, %
1.	H ₂	19
2.	CH ₄	80,11
3.	C ₂ H ₆	0,24
4.	C ₃ H ₈	0,08
5.	C ₄ H ₁₀	0,08
6.	C ₅ H ₁₂	0,00
7.	N ₂	0,32
8.	CO ₂	0,16

За відомим складом палива визначаються його характеристики:

- теплота згорання – $Q_H^P \left(\frac{\text{кДж}}{\text{нм}^3} \right)$,
- густина – $\rho \left(\frac{\text{кг}}{\text{нм}^3} \right)$,
- критерій взаємозамінності газів (число Воббе) – W_o ,
- розширений критерій Воббе – W_o' ,
- питомий об'єм продуктів згорання $\left(\frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^3} \right)$.

Теплота, яка виділяється під час спалювання 1 нм³ горючого газу за нормальних умов та відсутності конденсації продуктів згорання, називається нижчою теплотою згорання і підраховується за формулою

$$Q_H^P = 358.8C_{H_4} + 643C_{C_2H_6} + 932C_{C_3H_8} + 1235C_{C_4H_{10}} + 1565C_{C_5H_{12}} + 1235C_{C_4H_{10}} + 595C_{C_2H_4} + 884C_{C_3H_6} + 1138C_{C_4H_8} + 108,36H_2 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{нм}^3} \right), \quad (1.1)$$

де $C_{H_4}, C_{C_2H_6}$ – об'ємна частка горючих компонентів газу заданого складу у відсотках.

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

Указана вище величина Q_H^P використовується при розрахунках витрат палива та теплової потужності неконденсаційних котлів, що працюють із видаленням в атмосферу продуктів згорання з температурою, вищою за 100 °С.

При використанні в проекті конденсаційних високоефективних котлів із температурою продуктів згорання на виході із них до 35 ÷ 40 °С, підраховується вища теплота згорання Q_B^P . Ця величина більша за Q_H^P на теплоту конденсації водяної пари $Q_{\text{конд}}$ і визначається за формулою

$$Q_B^P = Q_H^P + Q_{\text{конд}} = 398C_{H_4} + 703C_{C_2H_6} + 1012C_{C_3H_8} + 1338C_{C_4H_{10}} + 1693C_{C_5H_{12}} + 630C_{C_2H_4} + 919C_{C_3H_6} + 1214C_{C_4H_6} + 127,5H_2 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{нм}^3} \right). \quad (1.2)$$

Густина, або маса одиниці об'єму, горючого газу за нормальних умов визначається за формулою

$$\rho_{\Gamma} = 0,01(C_{H_4} \cdot \rho_{CH_4} + C_{C_2H_6} \cdot \rho_{C_2H_6} + C_{C_3H_8} \cdot \rho_{C_3H_8} + \dots + C_{C_mH_n} \cdot \rho_{C_mH_n} + C_{CO_2} \cdot \rho_{CO_2} + N_2 \cdot \rho_{N_2}), \left(\frac{\text{кг}}{\text{нм}^3} \right), \quad (1.3)$$

де $C_{H_4}, C_{C_2H_6}, \dots, C_{C_mH_n}, C_{CO_2}, N_2$ – об'ємна частка всіх складових компонентів газу заданого складу в % об,

$\rho_{CH_4}, \rho_{C_2H_6}, \dots$ – густина складових компонентів газу, $\left(\frac{\text{кг}}{\text{нм}^3} \right)$.

Визначення простого W_O та розширеного W_O' критеріїв взаємозамінності (чисел Воббе) здійснюється за формулами:

$$W_O = \frac{Q_H^P}{\sqrt{\rho_{\Gamma}}}, \quad (1.4)$$

$$\text{та } W_O' = \frac{Q_H^P}{\sqrt{\rho_{\Gamma} / \rho_{\Gamma}^o}}, \quad (1.5)$$

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				401-НТ 18193	

де $\overline{\rho}_\Gamma$ – відносна густина горючого газу, що визначається за густиною повітря.

$$\overline{\rho}_\Gamma = \frac{\rho_\Gamma}{\rho_\Pi} = \frac{\rho_\Gamma}{1.293}, \left(\frac{\text{кг}}{\text{нм}^3} \right), \quad (1.6)$$

$\rho_\Pi = 1.293 \frac{\text{кг}}{\text{нм}^3}$ – густина повітря при нормальних умовах ;

P_Γ – номінальний тиск газу перед пальниками газових приладів та агрегатів, Па.

Для природного газу $\rho_\Gamma = 1200 \text{ Па}$.

При згоранні газу в газових приладах утворюються продукти згорання, до складу яких входять: діоксид вуглецю CO_2 , азот N_2 , водяна пара та надлишковий кисень O_2 . Для згорання газу в пальники приладів подається певна кількість повітря.

Співвідношення між дійсним $V_\text{д}$ і теоретично необхідним $V_\text{т}$ об'ємом повітря називається коефіцієнтом надлишку повітря - α .

Теоретично необхідний об'єм повітря для повного згорання 1 нм^3 газового палива при 0°C та 0.101 МПа визначається за формулою

$$V_m = 0.0476 \left(2\text{C}_1\text{H}_4 + 3.5\text{C}_2\text{H}_6 + 5\text{C}_3\text{H}_8 + 6.5\text{C}_4\text{H}_{10} + 8\text{C}_5\text{H}_{12} + 0.5\text{H}_2 \right), \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^3} \right) \cdot (1.7)$$

$$V = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2}, \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^3} \right)$$

$$\text{-об'єм } \text{CO}_2, \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^3} \right) V_{\text{CO}_2} = 0.01 \left(\text{CO}_2^\Gamma + \text{C}_1\text{H}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6 + 3\text{C}_3\text{H}_8 + 4\text{C}_4\text{H}_{10} \right); \quad (1.8)$$

$$\text{-вихід } \text{N}_2, \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^3} \right) V_{\text{N}_2} = 0.79 \cdot V_m \cdot \alpha + 0.01 \cdot \text{N}_2^\Gamma; \quad (1.9)$$

$$\text{-вихід } \text{O}_2, \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^3} \right) V_{\text{O}_2} = 0.21 \cdot V_m \cdot (\alpha - 1); \quad (1.10)$$

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$-\text{об'єм } H_2O, \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^3} \right) V_{H_2O} = 0.01 \cdot (2C_{H_4} + 3C_{H_6} + 4C_{H_8} + H_2) + 0.00124 \cdot d_g \cdot \alpha \cdot V_m, \quad (1.11)$$

де d_g - вологоутримання повітря, що подається на горіння, визначається за I-d діаграмою при відносній вологості повітря $\varphi = 80\%$ та температурі 20°C ;

CO_2^G, N_2^G – об'ємна частка діоксиду вуглецю й азоту в складі горючого газу.

Об'ємні частки складових компонентів продуктів згорання, що рівні з їх парціальним тиском при загальному тиску 0.1 МПа , визначаються за формулами:

$$r_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_{ПС}}; \quad r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{ПС}}; \quad r_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_{ПС}}; \quad r_{N_2} = \frac{V_{N_2}}{V_{ПС}}, \quad (\text{дол.од}). \quad (1.12)$$

Перевірка:

$$\sum_{i=1} r_i = 1.0, \quad (\text{дол.од}).$$

Густина продуктів згорання при нормальних умовах (температура 0°C , тиск 101.3 кПа) визначається за залежністю

$$\rho = \sum r_i \cdot \rho_i = r_{CO_2} \cdot \frac{\mu_{CO_2}}{22.4} + r_{H_2O} \cdot \frac{\mu_{H_2O}}{22.4} + r_{O_2} \cdot \frac{\mu_{O_2}}{22.4} + r_{N_2} \cdot \frac{\mu_{N_2}}{22.4}, \quad \left(\frac{\text{кг}}{\text{нм}^3} \right), \quad (1.13)$$

де $\mu_{CO_2}, \mu_{H_2O}, \mu_{O_2}, \mu_{N_2}$ – молекулярна маса компонентів продуктів згорання, (кг).

Для гарячих продуктів згорання густина перераховується за величиною середньої температури газів у димовому каналі t_{CP} за формулою

$$\rho_{ПС} = \rho \cdot \frac{273}{273 + t_{CP}}, \quad \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right). \quad (1.14)$$

Результати розрахунків доцільно звести в таблицю 1.7.

За результатами розрахунків необхідно зробити висновки щодо взаємозамінності газів та можливості використання газових приладів на вказаних видах палива.

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ

У класичній теорії і практиці спалювання горючих газів питання взаємозамінності двох різних газів не є новим. У різних країнах приходили до нього тоді, як виникала альтернатива використанню основного горючого газу, зокрема природного. Таким альтернативним газом міг бути біогаз, нафто заводський газ, генераторний газ, скраплений природний газ (LNG), скраплений пропан-бутан, інші горючі гази, а також їх суміші.

Таким альтернативним газом може бути також і водень, або горючі суміші водню із іншими газами. Наприклад, на території НПЗ, існує практика використання суміші природного газу з нафтозаводським газом з високим вмістом водню в суміші, як палива для нафтопереробних печей та установок нафтопереробних процесів. В Україні для комунально-побутових споживачів природний газ був і донині є основним та безальтернативним видом палива. Саме тому в чинному вітчизняному законодавстві нормування взаємозамінності різних газів регламентується не на належному рівні.

Звернемось до вимог чинної в Україні нормативної документації з питання щодо якості горючого газу та можливості його взаємозамінності.

Будемо розуміти під взаємозамінністю можливість сталої, безпечної та ефективної роботи газоспалювального обладнання при заміні одного горючого газу на інший без внесення в конструкцію пальника і іншого обладнання паливовикористовуючої установки без будь яких змін обладнання, а також без зміни налаштувань роботи і режиму роботи такого обладнання.

Тому можливість безперешкодного та неодноразового переходу у часі з одного горючого газу або суміші газів на інший горючий газ із збереженням (або незначними допустимими змінами) основних характеристик процесу горіння є тільки для категорії взаємозамінних газів. До основних характеристик процесу горіння відносять:

- теплову потужності паливоспалювального агрегату, N, кВт;

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

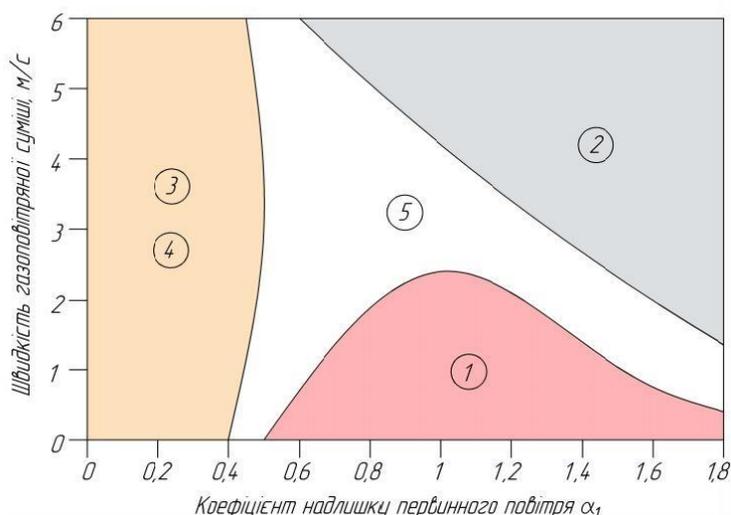


Рис.2.2. Діаграма ефективної роботи газового пальника [5].

Таким чином, при аналізі питання щодо можливості процесу взаємозамінності основного газу, для якого була запроектована робота пальника та паливоспалювальної установки, на альтернативний, котрий має замінити основний, необхідно та важливо забезпечити стійку та ефективну роботу пальника та установки не тільки без змін конструкції та режиму роботи, а і з дотриманням паспортної (проектної) величини коефіцієнта регулювання пальника [5]. Високоєфективна і стабільна робота пальника таким чином має бути забезпечена в усьому діапазоні регулювання потужності пальника – від мінімальної до максимальної, які зазначені у паспортних характеристиках.

Згідно з чинним EN 437: 2003. «Test gases.-Test pressures.-Appliance categories» (в Україні – ДСТУ EN 437:2014, «Випробувальні гази. Випробувальний тиск. Категорії приладів») всі види горючих мережних газів, що подаються споживачам, класифікуються за різними категоріями – Gas family: першою другою і третьою; а також за різними групами, наприклад: H, L, E. Кожна категорія, включає гази, що об’єднані в групи – вони мають аналогічні характеристики горіння і об’єднані по принципу тотожності у певному діапазоні величини (числа), що називають індексом Воббе.

Такий усталений діапазон індекса Воббе для різних газів, об’єднаних в одну групу, означає, що газові прилади, котрі використовують різні горючі гази у межах однієї групи (наприклад групи H) будуть ефективно і безпечно працювати

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

за сталої потужності при спалюванні цих газів без будь яких змін в конструкції газопальникових і топкових пристроїв і без коригування режимних параметрів роботи газоспалювальної техніки.

На території України характерним є використання в основному горючого (природного газу) другої категорії групи L або E. Згідно вимог ДСТУ ГОСТ EN 437:2014, діапазон значень для індекса Воббе за нижчою теплотою згорання для газів групи L лежить від мінімального 39,1 МДж/м³ до максимального 44,8 МДж/м³, що приведених до умов: температура 15°C , тиск 1013,25 мбар.

Виходячи з аналітичного виразу для визначення індексу Воббе теплота згорання такого газу повинна приблизно бути у межах від 34 до 54,6 МДж/м³. Газове обладнання на території України випускається, постачається і експлуатується саме для такої категорії газів.

Згідно із ГОСТ 5542-87 критерієм взаємозамінності горючих газів є число Воббе, що являє собою відношення теплоти згорання (нижчої чи вищої) до кореня квадратного з відносної (за повітрям) густини газу. Для кожної газорозподільної системи за погодженням між постачальником та споживачем газу повинна бути встановлена номінальна величина числа Воббе з допустимим відхиленням від неї не більше $\pm 5 \%$.

Визначення індекса Воббе виконується згідно залежності:

$$W_i = \frac{Q_i}{\sqrt{d}} = \frac{Q_i}{\sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_{нов}}}}; \quad (2.1)$$

де Q_i – нижча або вища теплота згорання горючого газу, МДж/м³;

d – відносна густина горючого газу;

$\rho_g, \rho_{нов}$ – густина горючого газу і повітря на горіння за однакових умов, кг/м³;

Тотожність (точна або приблизна) одного із індексів взаємозамінності – індексу Воббе для двох газів свідчить про те, що теплова потужність паливоспалювальної установки при переході з одного виду газу на інший не буде

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			401-НТ	18193	

суттєво змінюватись. Це гарантує отримання однакової кількості енергії від установки при переході з одного горючого газу на інший.

Таким чином, гази вважаються взаємозамінним без внесення змін у роботу пальників за умови рівності для них чисел Воббе, які характеризують теплову потужність і аеродинамічні параметри пальників при постійному тиску газу.

$$\begin{aligned}
 W_{o_{n_1}} &= W_{o_{n_2}} = \text{const} \pm 5\%; \\
 W_{o_{e_1}} &= W_{o_{e_2}} = \text{const} \pm 5\%; \\
 \frac{Q_{H_1}^P}{\sqrt{\rho_{\Gamma 1}}} &= \frac{Q_{H_2}^P}{\sqrt{\rho_{\Gamma 2}}} = \text{const} \pm 5\%; \\
 \frac{Q_{B_1}^P}{\sqrt{\rho_{\Gamma 1}}} &= \frac{Q_{B_2}^P}{\sqrt{\rho_{\Gamma 2}}} = \text{const} \pm 5\%;
 \end{aligned}$$

За умови $P_{\Gamma 1} = P_{\Gamma 2} = \text{const}; f_1 = f_2 = \text{const},$

$W_{o_{n_1}}, W_{o_{n_2}}$ – нижче число Воббе для першого і другого газів відповідно;

$W_{o_{e_1}}, W_{o_{e_2}}$ – вище число Воббе для першого та другого газів відповідно;

$Q_{H_1}^P, Q_{H_2}^P$ – нижча теплота згорання для першого і другого газів відповідно;

$Q_{B_1}^P, Q_{B_2}^P$ – вища теплота згорання для першого та другого газів відповідно;

$\bar{\rho}_{\Gamma 1}, \bar{\rho}_{\Gamma 2}$ – відносна густина для першого і другого газів, відповідно;

$$\bar{\rho}_{\Gamma 1} = \frac{\rho_{\Gamma 1}}{\rho_{\Pi}}; \quad \bar{\rho}_{\Gamma 2} = \frac{\rho_{\Gamma 2}}{\rho_{\Pi}}; \quad (2.2)$$

де $\rho_{\Gamma 1}, \rho_{\Gamma 2}$ – густина першого та другого газів відповідно за нормальних умов, кг/нм³;

ρ_{Π} – густина повітря за нормальних умов, кг/нм³.

$$W_{o_{n_1}} \neq W_{o_{n_2}}; \quad W_{o_{e_1}} \neq W_{o_{e_2}} \quad (2.3)$$

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Якщо критерій Воббе для двох газів відрізняється більше ніж на 5% то газу вважаються не взаємозамінними і перехід роботи газового обладнання з одного газу на інших без додаткових заходів неможливий.

Порівняємо критерії Воббе для природного газу і альтернативних газів, наведених в таблиці 1.7.

Аналіз показує що відмінність критеріїв Воббе для альтернативного газу №1 з умістом водню 10% і природного газу становить 2,6.%, що свідчить про взаємозамінність цих двох газів.

Відмінність критерія Воббе для альтернативного газу № 2 з умістом водню 20% і природного газу склала 5,5%, для альтернативного газу №3 з умістом водню 30% критерій Воббе відрізняється аж на 8%, а для альтернативного газу №4 з умістом водню 40% – на 10,7% що свідчить про їх не взаємозамінність.

Максимально допустимий уміст водню у суміші для виконання умови взаємозамінності природного газу має становити 19%. Відмінність критерію Воббе становить 5%, що свідчить про можливість їх взаємозаміни.

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ СПОСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ГАЗІВ

Як показав аналіз, максимально допустимий уміст водню у суміші для виконання умови взаємозамінності природного газу за критерієм Воббе, без зміни площі сопел пальників та тиску перед пальником, має становити 19%.

Розглянемо заходи, котрі можна впроваджувати для забезпечення можливості спалювати альтернативні гази на тому ж обладнанні, що і природний.

У цьому розділі аналізується поки що можливість забезпечення взаємозамінності лише за одним, чинним в українській нормативній документації критерієм – критерієм Воббе, котрий гарантує забезпечення при переході з одного газу на інший лише однієї технічної характеристики пальника і агрегату, а саме величини теплової потужності. Інші критерії, які відповідальні за стійкість горіння, повноту згорання і інші параметри будуть розглядатись пізніше.

3.1. Забезпечення постійної теплової потужності

1 Захід. Забезпечення постійної теплової потужності $N = \text{const}$ для невзаємозамінних газів за умови відмінності для них чисел Воббе більше за 5% може здійснюватись тільки за рахунок зміни витрат газу. Для цього потрібно змінити площу перетину газового сопла інжекційного пальника або площу перетину вогневих отворів дуттьового пальника. Перерахунок указаної площі необхідно виконувати за залежністю:

– за умови збереження сталого тиску перед пальником $P_{Г1} = P_{Г2} = \text{const}$ і у системі газопостачання

$$f_2 = f_1 \frac{Q_{H_1}^P}{Q_{H_2}^P} \times \sqrt{\frac{\rho_{Г2}}{\rho_{Г1}}}; \quad (3.1)$$

де f_1, f_2 – площа перетину газових отворів для першого і другого газів відповідно, м^2 ;

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$P_{Г1}, P_{Г2}$ – номінальний тиск газу перед пальником для першого та другого газів відповідно, кПа.

Діаметр газового сопла пальника при переході з одного на другий невзаємозамінний газ при сталому тиску газу $P_{Г1} = P_{Г2}$ може бути визначеним за наступною залежністю:

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{Wo_{н1}}{Wo_{н2}}}, \text{ мм}, \quad (3.2)$$

де d_1, d_2 – діаметри сопел для першого і другого сопел відповідно, мм.

Визначимо, як зміниться площа і діаметр сопла пальника підвищеної потужності 2,8 кВт газової плити ПГ-4 при переході з природного газу на альтернативні суміші водню і природного газу, за умови якщо тиск газу перед пальником залишиться незмінним

Таблиця 3.1

Аналіз конструктивних розмірів сопел

Вид горючого газу	Критерій Воббе по нижчій теплоті згорання	Критерій Воббе по вищій теплоті згорання	Площа сопла пальника, мм ²	Діаметр сопла пальника, мм	Величина теплової потужності пальника, кВт.
Природний газ	48224,1	53481,4	1,45	1,36	2,4
Альтернативний газ №1 (10%)	46952,3	52182,7	1,45	1,36	2,4
Альтернативний газ №2 (20%)	45665,9	50879,5	1,53	1,40	2,4
Альтернативний газ №3 (30%)	44371,6	49581,9	1,58	1,42	2,4
Альтернативний газ №4 (40%)	43080,5	48306,9	1,62	1,44	2,4

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	401-НТ 18193					

Аналіз таблиці показує, що взаємозамінність газів з різним умістом водню, може бути забезпечена досить просто – зміною діаметра сопла пальників. Для цього у комплекті з газовою плитою споживачеві пропонуються різні набори діаметрів сопел, котрі він повинен змінювати залежно від виду горючого газу. По-перше ця робота вимагає певної кваліфікації і дозволів та не може виконуватись самим побутовим користувачем, а по-друге – вирішення проблеми не таке просте.

Річ у тім, що у інжекційних пальниках усіх комунально побутових приладів без виключення діаметр сопла пальника, як і тиск газу перед пальником, має вплив не лише на витрати газу і величину теплової потужності пальника. Діаметр сопла і енергія газової струмини впливає також на такі важливі для пальників величини, як конструктивні розміри пальника, коефіцієнт інжекції первинного повітря та кількість первинного повітря котре надходить у корпус пальника. А ці величини визначають стійкість пальника у відношенні до проскоку полум'я. Тобто зв'язані із питаннями безпеки використання газового палива.

Таким чином зміна діаметра пальника у намаганні досягти однакової потужності при зміні газу може привести до втрати безпеки використання газового приладу, хімічного недопалу і інших негативних наслідків.

Це підтверджує розрахунок конструктивних розмірів інжекційного пальника, котрий зроблено нижче за існуючими методиками.

3.2. Підтримання сталої теплової потужності пальника з новим тиском

2 Захід. Підтримання сталої теплової потужності пальника при переході на інший газ можливе й за умови збереження площі вогневих отворів і незмінної конструкції пальника $d_1 = d_2, f_1 = f_2$, для цього необхідно перейти на інший тиск горючого газу перед пальником та порушити встановлені режимні параметри його роботи.

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Тиск газу, котрий необхідно встановити для підтримання сталої теплової потужності при зміні характеристик палива, обчислюється за залежністю:

$$P_{Г2} = P_{Г1} \frac{\rho_{Г2}}{\rho_{Г1}} \left(\frac{Q_{H1}^P}{Q_{H2}^P} \right)^2, \quad (3.3)$$

де $P_{Г1}, \rho_{Г1}, Q_{H1}^P$ – тиск, густина і теплота згорання відповідно для першого горючого газу, для якого були встановлені режимні паспортні характеристики роботи пальника та визначені паспортні розміри вогневих отворів;

$P_{Г1}, \rho_{Г1}, Q_{H1}^P$ – тиск, густина і теплота згорання горючого газу, використання котрого не було передбачене паспортними й режимними характеристиками, але подача такого газу на пальник здійснюється з тих чи інших причин.

Можливість взаємозамінності газу при зміні його тиску перед пальником перевіряється за рівністю розширених чисел Воббе, які встановлюються за залежностями:

$$Wo'_{н1} = Q_{H1}^P \sqrt{\frac{P_1}{\rho_{Г1}}}; \quad (3.4)$$

$$Wo'_{н2} = Q_{H2}^P \sqrt{\frac{P_2}{\rho_{Г2}}}. \quad (3.5)$$

Гази вважаються взаємозамінними за умови

$$Wo'_{н1} = Wo'_{н2} = const \pm 5\%$$

при $f_1 = f_2, P_{Г1} \neq P_{Г2}$,

де $Wo'_{н1}, Wo'_{н2}$ – розширені числа Воббе для замінного газу і того, що заміняє його.

Для інжекційних пальників, котрі встановлено на кухнях житлових будинків важливо не тільки забезпечити сталу потужність пальника при переході з одного на інший газ, але й витримати умови, котрих у пальник буде

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

інжектуватись необхідна кількість первинного повітря. А це залежить як від діаметра газового сопла пальника, так і від тиску газу перед соплом.

Тому при перерахунку інжекційного пальника на інший горючий газ, для якого не виконується умова взаємозамінності, діаметр сопла визначається за такими залежностями:

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{(1 + \alpha_1 V_{T1}) \cdot \left(1 + \alpha_1 V_{T1} \frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\Gamma 1}}\right)}{(1 + \alpha_2 V_{T2}) \cdot \left(1 + \alpha_2 V_{T2} \frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\Gamma 2}}\right)}} \quad (3.6)$$

де α_1, α_2 – коефіцієнти надлишку первинного повітря, інжектованого у пальник для першого і другого горючих газів, відповідно (призначається з умови попередження явища проскоку полум'я у змішувач пальника);

V_{T1}, V_{T2} – теоретичні питомі витрати повітря, необхідного для повного згорання 1 нм^3 першого і другого паливних газів відповідно, $\text{нм}^3/\text{нм}^3$;

ρ_{Π} – густина повітря за нормальних умов, $\rho_{\Pi} = 1,29 \text{ кг}/\text{нм}^3$.

Після визначення згідно з (3.6) діаметра сопла d_2 необхідно обчислити величину тиску газу перед соплом за залежністю

$$P_{\Gamma 2} = P_{\Gamma 1} \frac{\rho_{\Gamma 2}}{\rho_{\Gamma 1}} \left(\frac{Q_{\text{H}^1}^P}{Q_{\text{H}^2}^P} \right)^2 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^4 \quad (3.7)$$

Виконаємо розрахунки параметрів роботи газового обладнання житлового будинку, котрі необхідно забезпечити для можливості спалювання альтернативних газів на газовому обладнанні, призначеному для природного газу.

Дані занесемо в таблицю 3.2.

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Параметри системи газопостачання для забезпечення взаємозамінності газів за умови зміни тиску газу перед соплом

Вид горючого газу	Розширений критерій Воббе по нижчій теплоті згорання	Розширений критерій Воббе по вищій теплоті згорання	Діаметр сопла, мм	Площа сопла, мм ²	Тиск газу перед пальником, Па
Природний газ	1718565,1	1905919,0	1,36	1,45	1200
Альтернативний газ №1 (10%)	1673242,0	1859638,6	1,36	1,45	1200
Альтернативний газ №2 (20%)	1627401,9	1813196,8	1,50	1,77	906,30
Альтернативний газ №3 (30%)	1581272,9	1766953,9	1,59	1,98	764,66
Альтернативний газ №4 (40%)	1535262,1	1721514,9	1,69	2,24	627,46

Аналіз таблиці показує суттєві зміни як по тиску газу перед пальником, так і по діаметру сопел. Це також викликає ускладнення оскільки разом з розмірами сопла і тиском газу необхідно змінювати усі розміри пальника.

3.3. Розрахунок інжекційних пальників за умови зміни складу палива і використання газоводневих сумішей.

Інжекційні пальники низького тиску неповного попереднього змішування широко застосовуються в паливоспалювальних установках комунально-побутових споживачів (індивідуальних котлах, газових плитах, водонагрівачах) і інших установках з витратами газу до 10-12 м³/год. Висока стійкість по відношенню до відриву і проскоку полум'я, широкий коефіцієнт регулювання, відсутність спеціальних стабілізаторів горіння, автотермостійкість співвідношення

					401-НТ 18193		Арк.
							25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

«газ-повітря», відсутність витрат електричної енергії для подачі повітря гарантують їх широке використання саме у комунально-побутових приладах, котрі є найбільш небезпечними з точки зору незадовільного рівня їх експлуатації різними верствами населення.

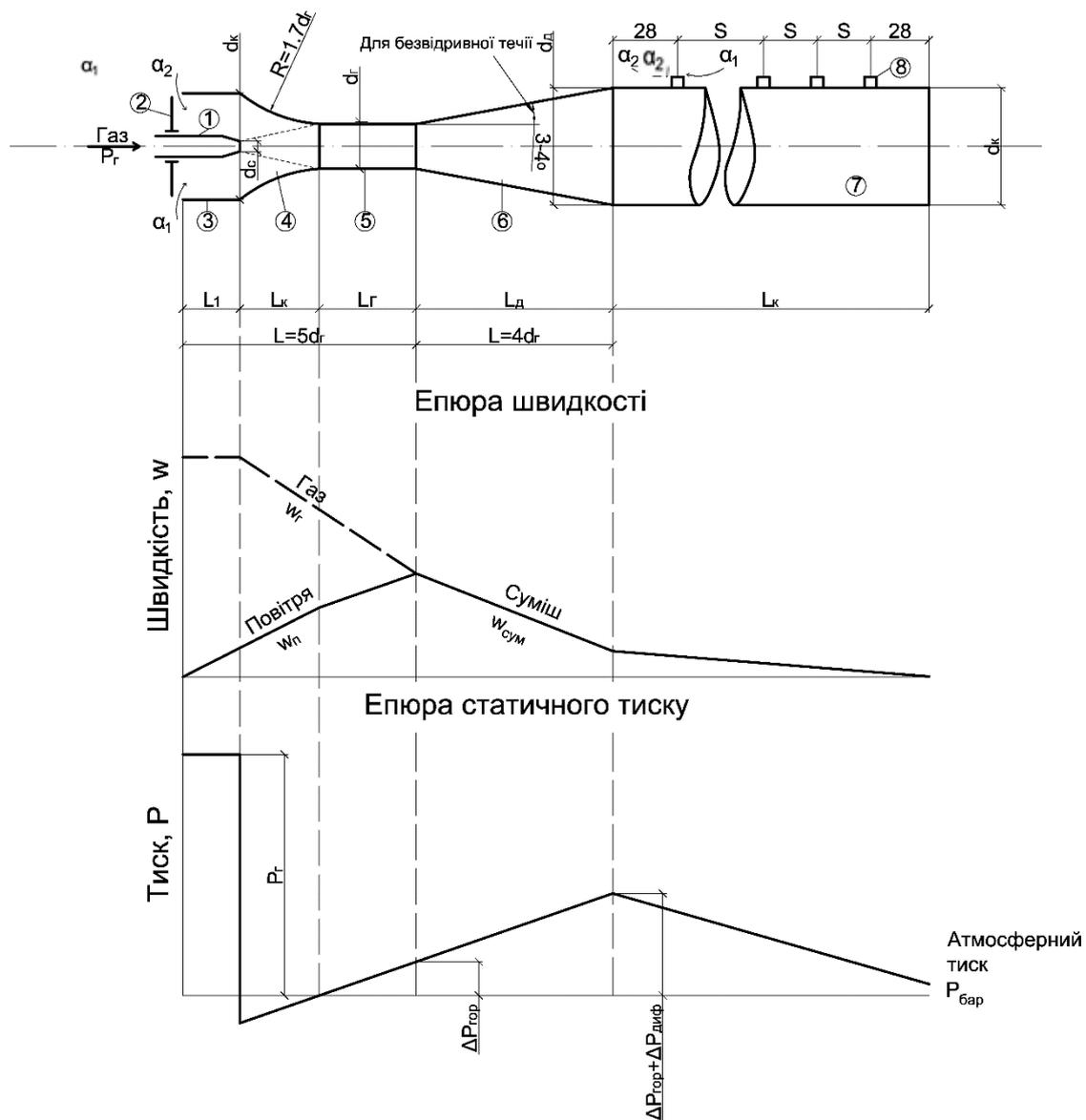


Рис.3.1. Інжекційний пальник неповного попереднього змішування низького тиску:

- 1 – газове сопло інжектора; 2 – регулятор кількості первинного повітря
- 3 – вхідний патрубков 4 – конфузор-інжектор; 5 – камера змішування (горловина);
- 6 – дифузор; 7 – колектор з вогневими отворами 8.

Повітря для згорання газу у таких пальниках подається двома потоками:

									401-НТ 18193	Арк.
										26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- первинне, що характеризується коефіцієнтом надлишку повітря α_1 ; воно інjektується активним газом струменем до корпусу пальника, переміщується у ньому з горючим газом і суміш подається до вогневих отворів 8. Інжекція повітря відбувається за рахунок створення на зрізі пальника тиску, меншого за барометричний. Це має місце при раптовому розширенні струменю газу при виході із сопла 1.

- вторинне, характеризується коефіцієнтом надлишку повітря α_2 ; надходить до вогневих отворів і інjektується факелами із доквілля; таким чином необхідно забезпечити можливість і необхідні умови для підведення вторинного повітря до факелів горючого газу.

Сопло інжектора 1 призначено для подачі горючого газу; величина витрат газу визначає величину теплової потужності пальника. Переміщення регулятора 2 повздовж сопла дає можливість змінювати кількість первинного повітря, що надходить до змішувача пальника.

Вхідний патрубков 3 є направляючим апаратом для повітря, що інjektується. Конфузор 4 сприяє збільшенню швидкості газоповітряної суміші, що необхідно для інтенсивного її перемішування в подальшому у камері змішування (горловині 5) з повітрям. Кількість повітря, що інjektується в конфузор визначається із умови, щоб з однієї сторони, забезпечити спалювання палива без продуктів хімічного недопалу, а з іншої – щоб газоповітряна суміш у корпусі пальник була негорючою – для забезпечення умови неможливості проскоку полум'я до корпусу пальника. Для цього коефіцієнт надлишку первинного повітря для природного газу повинен становити $\alpha_1 = 0,5- 0,6$.

Горловина 4 призначена для вирівнювання швидкості потоків повітря і горючого газу перед дифузorzом і часткового перемішування газоповітряної суміші.

Дифузор 5 слугує для остаточного перемішування газу з повітрям, вирівнювання їх швидкостей і перетворення динамічного тиску в горловині у статичний тиск на виході із дифузора. Швидкість суміші $W_{сум}$ по довжині

										Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

401-НТ 18193

дифузора зменшується а статичний тиск – зростає і досягає максимального значення на виході із дифузора. Таке збільшення тиску необхідно для подолання аеродинамічних втрат тиску у ході подальшого руху газоповітряної суміші по колектору і через вогневі отвори. Кут розкриття дифузора приймають 6-8° з умови безвідривності потоку і максимально можливого ККД

За дифузором розміщено колектор з вогневими отворами для виходу газоповітряної суміші. Задачею колектора є рівномірне розподілення газоповітряної суміші по усім вогневим отворах – від першого до останнього по довжині колектора.

Без змін основних розмірів пальника його можна використовувати для спалювання горючих газів з різною теплотою згорання і різними горючими властивостями. При переході на інший вид газу зміні підлягає лише діаметр сопла і положення регулятора для первинного повітря.

Можлива заміна одного сопла на декілька меншого діаметра (багатосоплові пальники). Це дає можливість скоротити довжину змішувача і змінити дифузор на простішу циліндричну конструкцію змішувача. У разі використання одного сопла воно повинно точно розміщатись по осі пальника. Це збільшує ККД дифузора.

Будь яке спрощення конструкції і форми корпусу пальника у шляхом заміни труби Вентурі на інші, більш прості форми корпусу пальника призводить до погіршення технічних характеристик пальників і зниженню якості спалювання газу.

У зв'язку з ежекцією у корпус пальника лише частини повітря, котре необхідне для горіння, виникає можливість використовувати газ низького тиску. Тому номінальний тиск газу перед пальником для природного газу підтримують у межах $P_2 = 1,2$ кПа. Для подачі вторинного повітря у зоні горіння повинно завжди підтримуватись розрідження.

Для розрахунку пальника необхідні наступні вихідні дані:

1. Фізико-хімічні характеристики горючого газу: щільність ρ_g , теплота згорання $Q_{нр}$, хімічний склад у % об, температура газу, яка буде подаватись до

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

пальника t_z , точка роси t_p або вологоутримання для газу d_z , щільність газу – ρ_z .

Як правило, більшість характеристик газу на практиці можна отримати із сертифікату якості газу, або розрахувати за відомим складом горючого газу.

У сертифікаті якості усі характеристики газу наводяться у перерахунку на температуру 20°C (293 K) і тиск 760 мм. рт.ст. (100,0 кПа). Для перерахунку характеристик газу до дійсних умов експлуатації пальника або нормальних умов (температура 0°C (293 K) і тиск 760 мм. рт.ст. (100,0 кПа) необхідно виконувати перерахунки.

2. Температура повітря t_n , котра буде подаватись на горіння, приймається рівною температурі у приміщенні, де встановлено пальник, °С.

3. Теплопродуктивність технологічного агрегату або котла, для якого встановлюється пальник – Q . У разі відсутності – технологічні характеристики, як то витрати матеріалу M_m , котрий підлягає тепловій обробці, витрати води M_v (для водогрійного котла) або пари, D (для парового котла), початкова і кінцева температури процесу – t_n , t_k початкова і кінцева вологість технологічного матеріалу (для процесів сушіння) – W_n і W_k , % мас. (технологічні характеристики процесу). В окремих випадках відомою є величина теплової потужності паливоспалювального агрегату, $N = Q / \eta_{ag}$. кВт, ккал/год, або кДж/год.

4. Габаритні розміри простору, у якому буде розвиватись факел топки).

5. Характеристики газового тракту для видалення продуктів згорання (довжину і діаметр газоходів, висота і діаметр димової труби, або характеристики димосмоку для видалення продуктів згорання).

6. Величина приєднувального тиску газу у газопроводі у місці встановлення пальника – P_{np} (кПа, надлишковий тиск);

7. Величина надлишкового тиску газу перед пальником P_I , яка визначається за формулою:

$$P_I = P_{np} - \Delta P_{авт.} \quad (3.8)$$

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначення діаметру горловини починають з заданої величини діаметра сопла, котрий ми визначили для різних горючих газів із міркувань забезпечення сталої теплової потужності пальника. Необхідно також знати величину тиску газу перед пальником і швидкість витікання газу із сопла:

W_2 – швидкість витікання горючого газу із сопла, $м / с$, визначається згідно розрахункової залежності:

$$W_2 = \varphi \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_2}} = \varphi \sqrt{\frac{2(P - P_m)}{\rho_2}}, \text{ м / с}, \quad (3.10)$$

де ΔP – перепад тиску, під яким відбувається витікання газу із сопла, визначається за різницею тисків газу перед соплом P і на зрізі сопла – P_m , $Па$; ρ_2 – щільність (густина) газу. Тиск на зрізі пальника приймаємо рівним 2 Па, а тиск газу перед пальником за умови його сталості для різних газів – номінальному, прийнятому для природного газу – 1200 Па

φ – коефіцієнт швидкості приймаємо 0,8 залежить від форми сопла і коефіцієнту його опору ξ .

Важливе значення для стійкості роботи пальника має визначення коефіцієнту надлишку первинного повітря α_1 .

Для запобігання проскоку полум'я у корпус пальника величина α_1 повинна бути такою, щоб по змішувачу рухалась негорюча суміш газу і повітря. Для цього уміст палива у суміші має бути вище верхньої межі спалахуваності горючого газу L_v , а саме:

$$\alpha_1 < \left(\frac{100}{L_v} - 1 \right) \cdot V_m, \quad (3.11)$$

Розрахунки показують, що величина коефіцієнту надлишку первинного повітря повинна становити для природного газу $\alpha_1 \approx 0,55$;

$$V_m = 4.76(2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10} + 8C_5H_{12} + 0,5CO + 0,5H_2), \text{ м}^3 / \text{ м}^3, \quad (3.12)$$

Визначають діаметр горловини виходячи з того, що масова швидкість у перерізі сопла та горловини має бути однаковою:

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				401-НТ 18193	

$$d_{зоп} = d_c \sqrt{(1 + A) \times \left(1 + A \cdot \frac{\rho_{нов}}{\rho_z} \right)}, \text{ м} \quad (3.13)$$

Визначають діаметр і кількість вогневих отворів на колекторі. При цьому виходять із умови, що у пальнику повинна бути забезпечена природна стабілізація факелу. Штучні стабілізатори у такого пальника відсутні. Тому швидкість горючої суміші на виході із вогневих отворів повинна бути меншою за швидкість відриву і більшою за швидкість проскоку полум'я в усьому діапазоні регулювання роботи пальника по потужності:

$$W_{np.} < W_{do} < W_{відр.}$$

При виконанні практичних розрахунків рекомендують швидкість витікання із вогневих отворів приймати рівною 60...70% від швидкості відриву полум'я:
 $W_{do} = (0,6 \div 0,7) \cdot W_{відр.}$

Швидкість відриву визначається згідно залежності:

$$W_{відр} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot d_o \cdot T^2 \cdot \frac{1 + V_m}{1 + \alpha_1 V_m}, \text{ м / с} \quad (3.14)$$

де T – температура газоповітряної суміші на виході із вогневих отворів, °С.

На етапі розрахунку швидкості газоповітряної суміші величина діаметра вогневих отворів ще невідома, тому задачу вирішують методом послідовних наближень, задаючись діаметром вогневих отворів від 2 до 6 мм.

При менших величинах діаметру отворів буде зменшуватись висота полум'я, але різко зросте кількість вогневих отворів n_{do} . Крім того, вибір d_o має узгоджуватися з α_1 , швидкістю суміші та видом газу. Так наприклад, єдиним можливим способом забезпечити стабільність факелу і відсутність проскоку полум'я при $\alpha_1 = 1$ є призначення діаметра вогневих отворів, рівним критичному діаметру: $d_o < d_{кр}$. Уже при збільшенні кількості первинного повітря до $\alpha_1 > 0,65$, по змішувачу буде рухатись горюча суміш, що схильна до проскоку і діаметр вогневих отворів також має бути меншим за критичний розмір каналу: $d_o < 1,8 \text{ мм}$.

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

За відомою швидкістю виходу суміші визначають сумарну площу вогневих отворів на колекторі:

$$\sum f_{d_o} = \frac{B_{\text{сум}}}{3600 \cdot W_{d_o}} = \frac{B_z \times (1 + A)}{3600 \cdot W_{d_o}}, \text{ м}^2 \quad (3.15)$$

W_{d_o} – швидкість газоповітряної суміші на виході з вогневих отворів колектора пальника; $B_{\text{сум}}$ – витрати газоповітряної суміші, м³/год; A – коефіцієнт інжекції.

Таблиця 3.4

**Порівняння розмірів інжекційного пальника
в залежності від виду горючого газу**

Характеристика пальника	Розмірність	Величина характеристики			
		Природний Газ	Уміст водню		
			20%	30%	40%
Теплота згорання палива	кВт год/м ³	10,0	8,6	7,9	7,2
Теплова потужність пальника	кВт	2,42	2,42	2,42	2,42
Діаметр сопла	мм	1,36	1,50	1,59	1,69
Площа сопла	мм ²	1,45	1,77	1,98	2,24
Верхня межа спалахуваності	%	14,91	17,84	19,73	22,06
Коефіцієнт надлишку первинного повітря на верхній межі спалахуваності α_1		0,597	0,569	0,552	0,530
Діаметр горловини	мм	11,8	11,8	11,8	11,8
Довжина горловини	мм	29,5	29,5	29,5	29,5
Довжина дифузора	мм	15,4	15,4	15,4	15,4
Діаметр горловини	мм	18,9	18,9	18,9	18,9
Діаметр дифузора	мм	18,9	18,9	18,9	18,9
Швидкість відриву полум'я	м/с	1,46	1,50	1,53	1,57
Площа вогневих отворів пальника	см ²	4,73	4,48	4,34	4,14
Мінімальний тиск газу перед соплом, P_{min}	Па	1077	941	872	804
Швидкість витікання горючого газу із сопла	м/с	46,3	44,3	43,0	41,5

РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТНІ РОЗРОБКИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

4.1 Визначення розрахункових витрат газу

Горючий газ у будинку використовується в індивідуальних опалювальних двоконтурних котлах на потреби опалення і гарячого водопостачання, а також на приготування їжі за допомогою газових плит.

Визначення розрахункових витрат газу виконується шляхом розрахунку витрат теплоти на ті чи інші потреби з наступним перерахунком витрат теплоти у витрати газу.

4.2. Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції

4.2.1. Вихідні дані для виконання розрахунку

У відповідності до ДБН В.2.6-31 та ДСТУ-Н.Б.В.1.1-27 розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Полтава становить $t_z = -23^{\circ}\text{C}$. Середня температура найбільш холодного місяця року – січня складає $-5,6^{\circ}\text{C}$, найбільш теплого – липня становить $18,7^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря найбільш холодного місяця складає 76%. Середньомісячна температура зовнішнього повітря приймається згідно з ДСТУ Б А.2.2-12 за додатком А.

Тривалість опалювального періоду для житлових будівель визначається як тривалість періоду з середньодобовою температурою $\leq 8^{\circ}\text{C}$ і відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27 для м. Полтава складає $z_{\text{оп}} = 178$ діб, а середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період складає $t_{\text{оп з}} = -0,8^{\circ}\text{C}$.

Барометричний тиск для м. Полтава – $P_0 = 100658 \text{ Па}$, (755 мм.рт.ст);

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

4.2.2. Розрахунок втрат теплоти на потреби опалення

Тепловтрати складаються з тепловтрат через зовнішні огороження (стіни, вікна, підлога, перекриття) і витрат теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується в приміщення через нещільність в конструкціях. Розрахунок тепловтрат приміщення полягає у визначенні всіх сумарних тепловтрат через огорожувальні конструкції та для всіх опалювальних приміщень.

$Q_{тв}$ – втрати теплоти через огорожуючі конструкції, Вт

$$Q_{тв} = K F (t_e - t_{н5}) \cdot \beta_2 \cdot \beta_1 \cdot n \quad (4.1)$$

F – площа конструкції, м²;

$K = \frac{1}{R_0^{zn}}$ коефіцієнт теплопередачі конструкції, Вт/(м²·°С);

F – розрахункова площа огорожувальної конструкції, м²;

$t_{вн}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні, С;

$t_{н5}$ – розрахункова температура найхолоднішої п'ятиденки, С;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні захищення по відношенню до зовнішнього повітря;

β_1 – коефіцієнт, що враховує розташування огорожувальних конструкцій за сторонами горизонту (5%), додаткові тепловтрати в кутових кімнатах (5%).

$Q_{інф}$ – втрати теплоти на нагрівання інфільтрованого зовнішнього повітря, Вт;

$$Q_{інф} = \frac{V_{нов}}{3600} \cdot 1,25(t_e - t_{н5}) \quad (4.2)$$

Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції та витрат теплоти на інфільтрацію виконано для кожної квартири у табличній формі.

Детальний розрахунок в табличній формі наведено у таблиці 1 Додатку А.

При розрахунку кратність повітрообміну приймаємо 0,25, приведені опори теплопередачі огорожувальних конструкцій приймаємо згідно з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

Розрахунок тепловтрат приміщень п'ятого поверху

№ квартири	Площа квартири, м ²	Сумарні трансмісійні тепловтрати, Вт	Втрати на інфільтрацію, Вт	Сумарні тепловтрати, Вт
29	50,7	1227	568	1795
30	43,0	1504	482	1986
31	60,4	1380	676	2056
32	60,4	1480	676	2157
33	40,4	1501	452	1954
34	45,5	1305	510	1815
35	42,5	845	473	1318

4.2.3. Розрахунок витрат теплоти на потреби гарячого водопостачання

Теплопродуктивність джерела енергії при роботі на гаряче водопостачання визначається за величиною витрат теплоти на гаряче водопостачання, котре визначається згідно з вимогами ДБН В 2.5 -64: 2012.

Визначаємо середні добові витрати гарячої води в л за добу для житлових будинків, обладнаних газовими нагрівачами Таблиця А1 ДБН В 2.5-64:2012.: 85 літрів за добу (загальні витрати холодної і гарячої води – 250 літрів за добу).

Визначаємо середні за годину витрати холодної і гарячої води: 250 л/добу: $250/24= 8,7$ літрів за годину (час використання гарячої води – 24 год).

Згідно з таблицею 5 додатку А ДБН В 2.5-64:2012 визначаємо годинні максимальні витрати гарячої води для кількості водорозбірних кранів – 2 шт у квартирі і середніх витрат води – 8,7 літрів за годину. – 0,26 л/с.

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначаємо теплопродуктивність нагрівача для підготовки води виходячи із необхідності приготування максимальних годинних витрат води:

$$Q = c \cdot m_{\text{hr}}^h \cdot (55 - t_{\text{хз}}) = 4,2 \cdot 0,26 (55 - 5) = 54,6 \text{ кВт.}$$

Теплова потужність водонагрівача визначається за величиною теплопродуктивності і ККД нагрівача. Приймаємо ККД нагрівача $\eta = 0,9$

$$N = Q / \eta = 54,6 / 0,9 = 60,6 \text{ кВт}$$

4.3. Підбір газоспалювального обладнання на опалення та гаряче водопостачання

Можливе використання таких агрегатів:

- проточних газових водонагрівачів;
- містких газових водонагрівачів;
- двоконтурних опалювальних котлів;
- настінних бойлерів, працюючих із двоконтурними опалювальними котлами;
- електричних бойлерів.

Використовуємо двоконтурні опалювальні котли.

При використанні двоконтурного котла на опалення і гаряче водопостачання, потужність прийнятого агрегату та витрати газу приймаються за більшою величиною.

Вибір типорозміру котла для забезпечення опалення квартири здійснюється відповідно до таких міркувань: номінальна паспортна теплопродуктивність не повинна бути меншою за величину витрат теплоти на гаряче водопостачання Q_O , але при цьому також не має перевищувати величину $Q_{ГВ}$ більше ніж на 25 ÷ 30%

$$Q_{ГВ} \leq Q_{НОМ}^0 \leq (1,25 \div 1,3) \cdot Q_{ГВ}. \quad (4.3)$$

Це пояснюється тим, що експлуатація газового агрегату при теплопродуктивності, що значно менше від номінальної величини $Q_{НОМ}^0$,

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

рідину в теплообміннику, провокуючи прискорене відкладення солей, а споживач у будь-який момент отримує воду з накопичувальної ємності, нагріту до заданої температури. Таким чином, двохконтурний котел поперемінно працює на систему опалення і на систему гарячого водопостачання. Принципова схема обв'язки двохконтурного котла з бойлером гарячого водопостачання показана на рис. 4.1.

Деякі типи двохконтурних котлів випускаються в моноблоці з умонтованим у нього бойлером, що забезпечує витрати гарячої води 8 – 12 літрів за хвилину. Додатковий бойлер використовується при необхідності в більших витратах гарячої води.

Теплопродуктивність газового агрегата для гарячого водопостачання повинна бути не меншою від визначеної величини Q_{26} і збігатися з номінальною паспортною теплопродуктивністю агрегатів, сертифікованих на території України.

Але з огляду на короткочасний період годинного максимуму і можливість обмеження витрат води підбираємо газовий агрегат Vitodens 222-F B2SF потужністю у режимі гарячого водопостачання 11 кВт. Для можливості забезпечення гарячою водою у години максимальних витрат у корпусі котла встановлено накопичувальний водонагрівач ємністю 130 літрів.

Потужність опалювального котла вдалося зменшити завдяки використанню агрегату з накопичувальним бойлером.

За рахунок використання опалювального котла меншої потужності з вбудованим бойлером вдасться не лише зменшити одиничні витрати на сам опалювальний котел, а ще й зменшити витрати на трубопроводи.

Такий агрегат максимально ефективно використовує газ, працюючи весь час зі своєю номінальною потужністю на відміну від звичайних двоконтурних котлів, де теплоносій швидко нагрівається, робота котла припиняється, а потім відновлюється знову на короткотермінові проміжки часу.

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

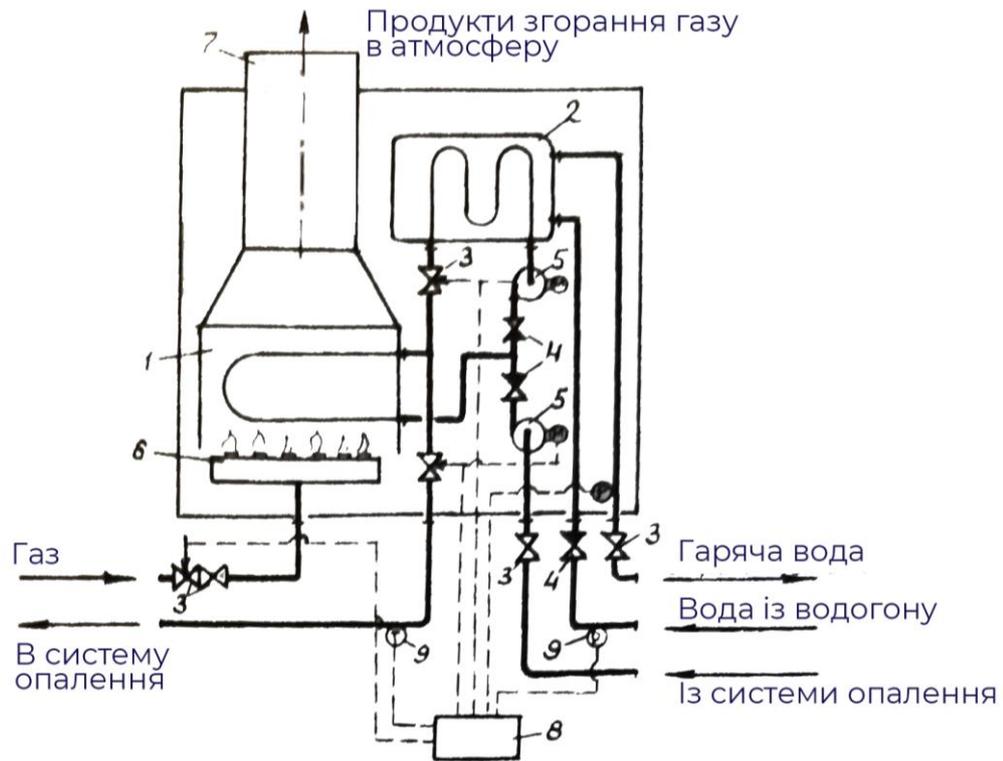


Рис. 4.1. Принципова схема обв'язки двохконтурного опалювального котла з вбудованим бойлером:

- 1 – опалювальний котел, 2 – бойлер, 3 – запірні та регулюючі арматури,
 4 – зворотній клапан, 5 – помпи, 6 – газовий пальник, 7 – димохід,
 8 – електронний блок управління, 9 – датчики.

Такий процес протікає в них циклічно, оскільки теплова потужність котла значно перевищує потреби на опалення, а потреби на гаряче водопостачання є протягом короткого проміжку часу. Коефіцієнт корисної дії газового обладнання різко зменшується при роботі на меншу потужність від номінальної. Що ж стосується самого гарячого водопостачання, то більшість двоконтурних котлів не забезпечують необхідного теплового режиму для двох і більше споживачів одночасно. Тому використання вбудованого водонагрівача, як наприклад, це реалізовано в опалювальному конденсаційному котлі Vitodens 222-F, котрий розглядається далі, має значні переваги не тільки в плані ефективності роботи газового агрегату, а й з точки зору комфорту споживача.

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



а)

б)

Рис. 4.3. а) зовнішній вигляд газового агрегату Vitodens 222-F B2SF.

б) четвертинний розріз газового агрегату Vitodens 222-F B2SF.

1. Поверхня нагріву Innox-Radial з нержавіючої сталі для вищої безпеки експлуатації та тривалого терміну служби.
2. Модульований газовий пальник MatriX-Plus, який дозволяє звести викиди забруднюючих речовин до мінімуму.
3. Вбудований мембранний розширювальний бак.
4. Цифрове керування контуром котла з чорно-білим дисплеєм.
5. Нагнітач повітря для згоряння з регульованою швидкістю, що забезпечує низький рівень шуму та енергозберігаючу роботу.
6. Гідравліка.
7. Вбудований високоефективний циркуляційний насос з регульованою швидкістю.
8. Накопичувальний водонагрівач ємністю 130 літрів.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Витрати газу на газові прилади визначаються згідно з формулою:

$$V_{\kappa} = \frac{N_{\kappa} \cdot 3600}{Q_{\nu}^P}, \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{год}} \right); \quad (4.7)$$

де N_{κ} – паспортна теплова потужність газового приладу по пальниках для опалення та гарячого водопостачання, (кВт);

4.4. Підбір газоспалювального обладнання для приготування їжі

Теплова потужність газових плит $N_{\text{ПГ}}$ підраховується за сумою величин теплових потужностей її пальників, уключаючи пальник духової шафи. Тип газової плити вибирають згідно з обмеженнями: Правил безпеки систем газопостачання України за табл. 4.4. Для плити ПГ-4 теплова потужність обчислюється за формулою:

$$N_{\text{ПГ}} = N_{\text{П}} + 2N_{\text{С}} + N_{\text{Н}} + N_{\text{ДШ}} \cdot V_{\text{ДШ}}, \quad (\text{кВт}), \quad (4.8)$$

де $N_{\text{П}} = 2.8 \text{ кВт}$; $N_{\text{С}} = 1.9 \text{ кВт}$; $N_{\text{Н}} = 0.7 \text{ кВт}$; $N_{\text{ДШ}} = 0.09 \frac{\text{кВт}}{\text{дм}^3}$ – теплові потужності пальників плити відповідно підвищеної, середньої, низької духової шафи;
 $V_{\text{ДШ}}$ – об'єм духової шафи для ПГ-4 $V_{\text{ДШ}} = 45 \text{ дм}^3$.

Витрати газу для газової плити визначаються згідно з формулою:

$$V_{\text{ПГ}} = \frac{N_{\text{ПГ}} \cdot 3600}{Q_{\text{Н}}^P}, \left(\frac{\text{нм}^3}{\text{год}} \right), \quad (4.9)$$

де $N_{\text{ПГ}}$ – теплова потужність газової плити, (кВт).

										Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Характеристика газових побутових плит ПГ-4

Основні характеристики	Вимоги ДСТУ 2204-93 ГОСТ 10798-93
Теплова потужність пальників столу, кВт <ul style="list-style-type: none"> - номінальної - нормальної - підвищеної - але не більше 	<p style="text-align: right;">0,7 ±0,06</p> <p style="text-align: right;">1,9±0,12</p> <p style="text-align: right;">2,8±0,12</p> <p style="text-align: center;">3</p>
Теплова потужність обжарювального пальника духової шафи, кВт	3
Теплова потужність основного пальника духової шафи, на одиницю її об'єму, кВт/дм ³	0,09
Об'єм духової шафи, дм ³ ПГ-4	45
Розміри плити, мм <ul style="list-style-type: none"> - висота - ширина - довжина 	<p>850</p> <p>500</p> <p>450-600</p>
Діаметр газопроводу, мм	15
Термічний ККД не менше, %	59
Кількість СО в продуктах спалювання, не більше, мг/м ³	625
Номінальний тиск природного газу, Па	1200

					401-НТ 18193	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ.

5.1. Конструювання і визначення розрахункових витрат газу по ділянкам газопроводу

Конструювання системи газопостачання садиби включає:

- розміщення газових приладів у приміщеннях житлового будинку.
- розв'язання питання про відведення продуктів згорання від газових приладів: розміщення димових каналів, газоходів і димових труб;
- трасування внутрішньодомового та дворового газопроводів;
- розроблення аксонометричної схеми газопроводів;
- розроблення системи вентиляції газифікованих приміщень.

5.1.1. Вимоги до приміщень, у яких встановлюються газові прилади

Перший етап конструювання системи газопостачання – вибір приміщень, у яких розміщуються газові прилади.

Установлення газових плит у житлових будинках можливе в приміщеннях кухонь висотою не менше ніж 2.2 м. при наявності вікна з кватиркою (фрамугою), вентиляційного каналу та природного освітлення.

При цьому внутрішній об'єм приміщень кухні повинен бути не менше ніж:

- для газової плити з 2 пальниками – 8 м³;
- для газової плити з 3 пальниками – 12 м³;
- для газової плити з 4 пальниками – 15 м³.

В існуючих житлових будинках дозволяється встановлення газових плит:

- у приміщеннях без вентиляційного каналу при наявності кватирки у верхній частині вікна;

					401-НТ 18193	Арк. 48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Орієнтовні розміри газового лічильника – 200x200(мм). Установлення лічильника виконується з дотриманням таких розривів по горизонталі:

- від ліній електропостачання і зв'язку – не менше ніж 0,35 м;
- від пальників відкритого вогню (газової плити)-не менше ніж 0,8 м;
- від неізольованих газоходів – не менше ніж 0,8 м;
- до обладнання із закритим полум'ям(проточних та ємнісних водонагрівачів) – не менше ніж 0,6 м;
- до опалювальних приладів і труб центрального опалення – не менше ніж 0,5 м;
- по вертикалі від підлоги до низу лічильника – не менше ніж 1,6 м.

Транзитне прокладання газопроводів по житлових та нежитлових приміщеннях заборонене, за винятком приміщень в існуючих будівлях у разі відсутності на газопроводі зварювальних швів і різьбових з'єднань.

Вимикачі пристрої (пробкові крани або засувки) встановлюються на газопроводі в таких місцях:

- на вводі, зовні будівлі, разом з ізолюючими фланцями, на висоті не більше від 2,2 м;
- на кожному газовому стоякові при кількості поверхів більше ніж 3;
- перед кожною квартирою в багатоповерхових будівлях;
- перед кожним газовим приладом.

Прокладання газопроводів повинне бути відкритим. Стояки прокладають на кухнях і сходовій клітці.

Внутрішньодомові газопроводи перед проточними і ємнісними водонагрівачами, опалювальними котлами й іншими газовими приладами з відведенням продуктів згорання в димохід повинні обладнуватись автоматичними пристроями, які забезпечують відключення пальників при припиненні подачі газу, зниженні тиску нижче від заданого значення, погашенні полум'я і відсутності необхідної тяги в димоході (згідно з ДСТУ 2356-94).

									Арк.
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			401-НТ	18193	

За результатами виконання робіт, за конструюванням системи газопостачання виконується трасування газопроводів, розміщення вентканалів та димоходів на плані й перетині будівель і побудова аксонометричних схем.

Згідно з вимогами у житлових будинках (крім садибних) незалежно від того, газифікований будинок чи ні, та громадських будинках, які розташовані в газифікованих населених пунктах, у підвалах і квартирах першого поверху необхідно встановлювати сигналізатори довибухонебезпечних концентрацій паливних газів із виведенням на попереджувальну сигналізацію. Сигналізатор спрацьовує при вмісті газів у повітрі, що становить 20% нижньої концентраційної границі розповсюдження полум'я. Крім того, кухні та інші приміщення всіх житлових будинків (у тому числі садибних), обладнані проточними та ємнісними водонагрівачами й опалювальними агрегатами, оснащуються сигналізаторами мікроконцентрацій окису вуглецю із виведенням на індивідуальну попереджувальну сигналізацію.

5.1.3. Визначення розрахункових витрат газу по ділянкам газопроводу

Після визначення номінальних витрат газу на кожний прилад та складання аксонометричної схеми газопроводів визначають розрахункові витрати по окремих ділянках газопроводу згідно з формулою

$$V = \sum_{i=1}^m k_{o_i} \cdot V_{ном_i} \cdot n_i = k_{пт} \cdot V_{nz} \cdot n_{nz} + k_{ок} \cdot V_{ок} \cdot n_{ок} =, \left(\frac{нм^3}{год} \right), \quad (5.1)$$

де m – число типів приладів чи груп приладів, приєднаних до газопроводу;

k_{o_i} – коефіцієнт одночасності роботи приладів чи груп приладів згідно з

додатком 3 ДБН Газопостачання

$V_{ном}$ – номінальні витрати газу одним приладом чи однією групою

приладів, $\left(\frac{нм^3}{год} \right)$;

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

максимального споживання газу при максимально допустимих перепадах тиску газу.

Для природного газу гідравлічний розрахунок внутрішньодомового газопроводу виконують на перепад тиску 0,25 кПа і дворового – 0,35 кПа. Номінальний тиск газу перед приладами – 1,2 кПа.

Визначення діаметрів на ділянках газопроводів виконують за допомогою таблиць чи номограм гідравлічного розрахунку газопроводів низького тиску [17]. Діаметри підводок до газових приладів призначають відповідно до їх паспортних характеристик, як правило, $d_y = 15\text{мм}$, а на інших ділянках дворового та домового газопроводу – за величинами витрат газу і середньої величини питомої втрати тиску R_{II} . Величина R_{II} визначається за залежністю

$$R_{II} = \frac{250}{(2.0 \div 5.0) \cdot l_H} \left(\frac{\text{Па}}{\text{пог.м}} \right), \quad (5.2)$$
$$R_{II} = \frac{250}{(2.0 \div 5.0) \cdot l_H} = \frac{250}{3.0 \cdot 62,3} = 1,34 \left(\frac{\text{Па}}{\text{пог.м}} \right)$$

де 250 – сумарна величина втрат тиску на домовому газопроводі, Па;

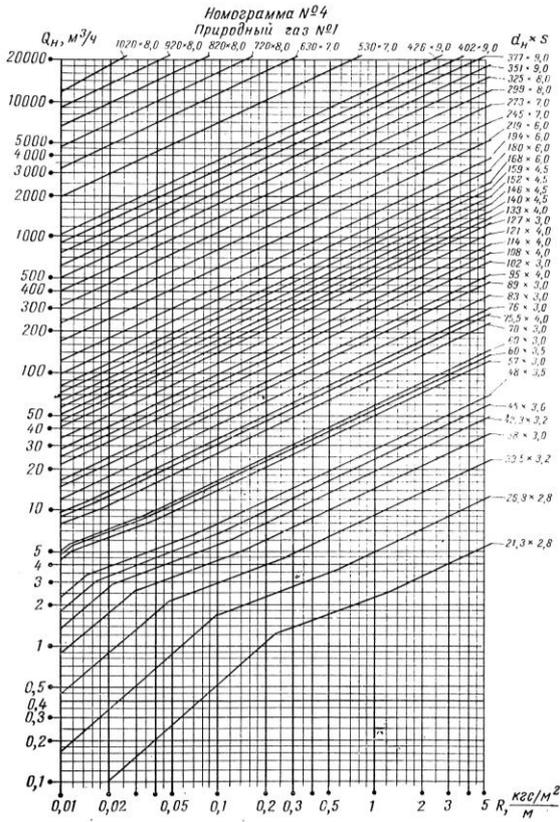
l_H – довжина розрахункового напрямку (м) від точки підведення газу до найвіддаленішого й найпотужнішого газового приладу;

2.0 ÷ 5.0 – коефіцієнт, величина якого враховує частку втрат тиску на місцевих опорах і залежить від конфігурації газової мережі, у розрахунках приймаємо значення коефіцієнту 3.0.

Для гідравлічного розрахунку будемо використовувати номограми для визначення питомих втрат тиску в газопроводах низького тиску, номограма № 4 [30] та для визначення еквівалентних довжин, номограма № 7 [30].

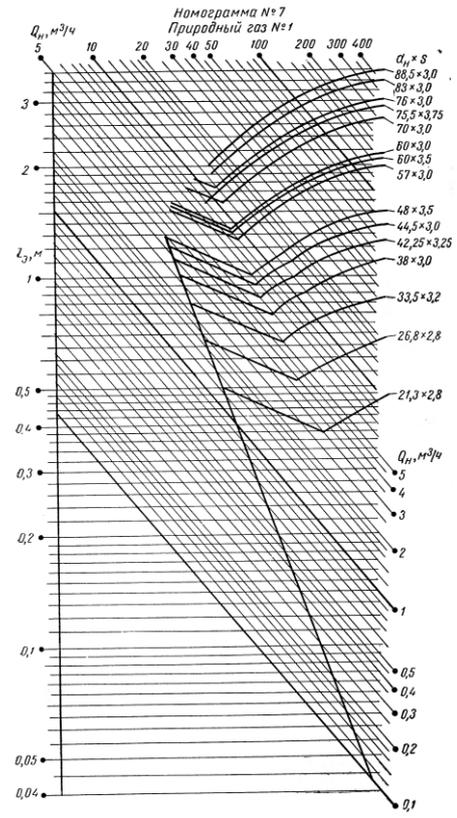
									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ
В ГАЗОПРОВОДАХ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ



А

НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ДЛИН ПРИ
 $Q_n = 0,1 \div 400 \text{ м}^3/\text{ч}$



Б

Рис. 5.1. Номограмми для визначення:

- А) питомих втрат тиску в газопроводах низького тиску;
- Б) еквівалентних довжин.

$$\sum_{i=1}^n (R_{\partial i} \cdot l_{\text{ПП}i} \frac{\rho_{\partial}}{\rho_m} + H_{\Gamma i}) + \Delta P_{\text{ПП}} < 600, (\text{Па}), \quad (5.7)$$

де $\Delta P_{\text{ПП}}$ – витрати тиску в останньому по ходу газу приладі. Для газової плити $\Delta P_{\text{ПП}} = 50$ Па, для опалювальних агрегатів та водонагрівачів $\Delta P_{\text{ПП}} = 100$ Па.

Результати розрахунків наведено у вигляді таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Гідравлічний розрахунок домового газопроводу для природного газу

№ діл.	l_{Φ} м	B , $\frac{\text{нм}^3}{\text{год}}$	$d_n \times S$ мм	R_{∂} $\frac{\text{Па}}{\text{м}}$	$l_{\text{екв}}$ м	$\sum \xi$	$l_{\text{ПП}}$ м	$\Delta P_{\text{д}}$ Па	h м	H_{Γ} Па	ΔP Па
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2,70	1,3	21,3x2,8	2,43	0,48	6,5	5,82	14,14	2,06	11,95	26,09
3	4,50	2,15	26,8x2,8	1,75	0,56	9,9	10,05	17,59	-3	-11,74	5,85
4	8,95	3,39	33,5x3,2	1,36	0,73	9,9	16,18	22,0	-3	-11,74	10,26
5	8,95	4,31	38,0x3,0	1,34	0,83	9,9	17,17	23,0	-3	-11,74	11,26
6	8,95	5,22	42,3x3,2	1,40	0,83	9,9	17,17	24,04	-3	-11,74	12,30
7	11,5	6,14	42,3x3,2	1,36	0,97	8,4	19,65	26,72	0,2	1,16	27,88
8	18,6	11,8	48,0x3,5	4,37	1,19	2,7	21,80	95,27	0	0	95,27
9	7,45	17,43	42,3x3,2	1,3	0,87	3,1	8,58	26,59	0	0	26,59
10	15,1	23,11	57,0x3,0	2,5	1,46	2,9	19,33	48,33	0	0	48,33
20	4,85	40,17	76,0x3,0	1,36	2,2	4,4	14,53	19,76	-4,85	-28,10	-8,34

$\sum \Delta P = 240$ Па

Поквартирні системи теплопостачання укомплектуються опалювальними котлами на газовому паливі з закритими (герметичними) камерами згоряння: двоконтурні та одноконтурні (із можливим підключенням ємнісного теплообмінника для гарячого водопостачання).

Проектування і виконання робіт з монтажу димохідної системи виконується згідно з вимогами ДСТУ Б В.2,5-33:2007 «Поквартирне опалення житлових будинків з теплогенераторами на газовому паливі з закритою камерою згоряння з колективними димоходами і димохідними системами. Загальні технічні умови» і ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека в будівництві», а також відповідно до рекомендацій виробника димохідних систем.

Відповідно до ДСТУ Б. В. 2,5-33:2007, до однієї коаксіальної димохідної системи дозволено під'єднання не більше десяти теплогенеруючих пристроїв, під'єднуючи не більше двох пристроїв на одному поверсі.

Системи не дозволяється прокладати через житлові приміщення. Дозволяється прокладання димохідних систем через кухні, підсобні приміщення житлових будинків — позаквартирні коридори, вестибюлі, горища, ліфтові зали без зменшення розмірів шляхів евакуації відповідно до ДБН В.2.2-15. Допускається добудовувати системи з зовнішньої сторони стіни до фасадів.

Димохідна система «повітря-газ» працює під розрідженням. Обов'язковим елементом, що стабілізує роботу системи, являється трійник з перепускним отвором. Через цей отвір в загальний канал надходить повітря ззовні, що знижує концентрацію продуктів згоряння у системі та створює додаткову тягу.

Для димохідної системи, яка працює в режимі надлишкового тиску, до кожного приєданого теплогенератора встановлюють пристрій для запобігання зворотної тяги продуктів згоряння.

При монтажі систем «повітря–газ» необхідно забезпечити:

- щільне прилягання ущільнювачів та хомутів до труб;
- вертикальність та співвісність елементів конструкцій димоходу;
- надійність та міцність з'єднань;

									Арк.
									63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			401-НТ	18193	

Матеріал димоходу підбирається в залежності від типу теплогенератора й виду палива, що спалюється. Сталь повинна відповідати вимогам жароміцності та кислотостійкості. при виробництві нержавіючих димоходів використовується високоякісна нержавіюча сталь і утеплювач на основі базальтового волокна.

Для конденсаційних котлів при виготовленні систем димовидалення використовують кислотостійку сталь AISI 304. Димохід утеплюється шаром теплоізоляційного матеріалу на основі базальтового волокна. Для кліматичних умов м. Полтава товщина шару утеплювача має бути не менше 30 мм.

Задачею розрахунків димоходів є визначення прохідних перерізів димоходів і з'єднувальних труб, висоти димової труби, а також розрідження перед газовими приладами. Завищення перетину димоходу не менш небезпечне, ніж його заниження. При збільшенні розмірів димової труби та димоходів відбувається падіння швидкості й температури димових газів, їх конденсація та різке зниження тяги. Рекомендована швидкість газів у димоходах побутових приладів складає $1.5 \div 2.0 \frac{m}{c}$, температура газів повинна на $15 \div 20$ °C перевищувати точку роси t_P , яка залежить від коефіцієнта надлишку повітря α в продуктах згорання. Для більшості приладів $\alpha = 2.0 \div 2.8$. При цьому $t_P = 47 \div 44$ °C.

$$\text{При } \alpha = 1.1 \div 1.2 \quad , \quad t_P = 56 \div 60 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ,}$$

$$\text{При } \alpha = 1.5 \quad , \quad t_P = 53 \div 54 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Із збільшенням тяги кількість повітря, що підсмоктується через тягопереривач приладу в димохід, зростає і приводить відповідно до збільшення α .

Мінімальна площа димоходу обмежена площею димовідвідного патрубку газового приладу.

Приблизний перетин димоходів визначають відповідно до залежності

$$F = \frac{0.02 \cdot N}{\sqrt{H}} \quad \left(m^2 \right), \quad (6.1)$$

де N – теплова потужність приладу, (кВт);

									Арк.
									65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

H – висота ділянки димоходу, що створює тягу, (м).

$$F = \frac{0.02 \cdot 11}{\sqrt{17,9}} = 0,052 \left(\text{м}^2 \right) \quad (6.2)$$

Визначивши F та H , виконуємо розрахунок розрідження перед приладом $S_{\text{ПР}}$ згідно з формулою

$$S_{\text{ПР}} = S - \Delta P > 2 \text{ Па} ,$$

де S – тяга, створювана димовою трубою, димоходом чи вертикальною ділянкою сталевий з'єднувальної труби, (Па);

ΔP – витрати тиску на тертя та місцеві опори при переміщенні димових газів по димоходах, димовій і з'єднувальній трубах.

Величини S та ΔP необхідно визначити для кожного приладу з організованим відводом продуктів згорання з урахуванням охолодження димових газів при їх переміщенні по димоходах. Приблизні величини Δt падіння температури димових газів визначають залежно від матеріалу труби відповідно до таких даних:

- сталева з'єднувальна труба $\Delta t = 8, \left(\frac{\text{град}}{\text{м}} \right)$;
- цегляний димохід до даху $2 \div 6, \left(\frac{\text{град}}{\text{м}} \right)$;
- цегляний димохід вище даху $6 \div 10, \left(\frac{\text{град}}{\text{м}} \right)$.

Більш точні величини Δt обчислюють згідно із залежністю

$$\Delta t = \frac{(t_{\text{ПС}} - t_{\text{П}})}{[1386 \cdot V_{\text{ПС}} / (k \cdot F) + 0.5]} , \quad (6.3)$$

де $t_{\text{ПС}}$ – температура продуктів згорання на вході в димохід, °С

$t_{\text{П}}$ – температура повітря, в якому знаходиться димохід, °С

1386 – середня об'ємна теплоємність димових газів, $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \text{ гр}} \right)$.

									Арк.
									66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				401-НТ 18193	

$V_{ПС}$ – секундни витрати продуктів згорання через димохід, віднесені до нормальних умов, визначаються за секундними витратами горючого газу

$B \left(\frac{м^3}{с} \right)$ та питомим об'ємом продуктів згорання $V \left(\frac{нм^3}{нм^3} \right)$,

$$V_{ПС} = B \cdot V \left(\frac{нм^3}{с} \right), \quad (6.4)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі у $(Вт/м^2гр.)$ стінок газоходу, що приймають за такими даними:

- зовнішня димова труба з товщиною стінки в одну цеглу перерізом 250x250 (мм) – $k = 3.25 \div 3.71$;
- перерізом 125x125 (мм) – $k = 3.94 \div 4.52$;
- димоходи в цегляній стінці до даху з товщиною стінки в півцеглини – $k = 3.13 \div 3.48$;
- димоходи в цегляній заштукатуреній стіні з товщиною стінки в пів цеглини – $k = 2.32 \div 2.55$;
- сталева неізольована труба – $k = 3.48 \div 4.64$;
- сталева труба, ізольована азбестом товщиною 2 см – $k = 2.9 \div 3.83$;

Середня температура газів у димоході

$$t_{CP} = t_{ПС} - \Delta t \frac{l}{2}, \quad ^\circ C, \quad (6.5)$$

де l – довжина димоходу, (м).

Тягу S визначають згідно з формулою

$$\begin{aligned} S &= H \cdot \rho_{н.у.} \cdot 9,8 \left[\frac{273}{(273+t_{з.н.})} - \frac{273}{(273+t_{н.з.})} \right] \cdot P_{\delta} = \\ &= 0.034 \cdot H \cdot \left[\frac{1}{(273+t_{з.н.})} - \frac{1}{(273+t_{н.з.})} \right] \cdot P_{\delta}, \quad (Па) \end{aligned} \quad (6.6)$$

де H – висота ділянки димоходу, що створює тягу, м;

$t_{н.з.}$ – середня температура газів на ділянці димоходу, що створює тягу, $^\circ C$.

									Арк.
									67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$t_{3.n}$ – температура навколишнього повітря, в яке відводять продукти згорання, °C. Для опалювальних агрегатів розрахунок тяги виконують для температури найбільш холодної п'ятиденки та середньої температури опалювального періоду. Для водонагрівачів – для розрахункової опалювальної температури і середньої температури липня.

Витрати тиску в газовому тракту від приладу до виходу газів в атмосферу визначають за загальноприйнятою методикою, прийнятою при розрахунку вентканалів згідно з [5].

Опір газового тракту складається із наступних величин:

ΔP_{MO} – витрати тиску на місцеві опори;

ΔP_{TP} – витрати тиску на тертя;

$$\Delta P = \Delta P_{MO} + \Delta P_{TP} = R \cdot l \cdot n \cdot K_1 + \Delta P_{MO} \cdot K_2, (Па), \quad (6.7)$$

де l – довжина димоходу, (м);

R – питомі витрати тиску на тертя на 1 м круглих повітропроводів при температурі 20°C та густині повітря 1.2 (кг/м³) у (Па/м);

K_1 та K_2 – поправкові коефіцієнти на тертя та місцеві опори, які вводяться при температурі димових газів, не рівній 20°C.

n – коефіцієнт втрат тиску на тертя, що враховує шорсткість матеріалу димоходу.

Величина ΔP_{TP} визначається за довжиною димоходу та величиною питомих витрат тиску R у $\left(\frac{Па}{пог.м}\right)$, які приймають відповідно до таблиць аеродинамічного розрахунку [5] за об'ємною витратою продуктів згорання, при температурі газів, t_{cp} . Оскільки котел конденсаційний, то $t_{cp} = 60^\circ C$

$$V_{ПС}^t = V_{ПС} \frac{273 + t_{cp}}{273} \left(\frac{м^3}{с}\right). \quad (6.8)$$

При зміні матеріалу, із якого виконується димохід, розрахунок проводять по окремих його ділянках. При відсутності даних для цегляних та шлакобетонних

									Арк.
									68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

знаходження гарячих газів у приладах і підвищенням температури на виході з них.



Рис. 6.1. Рекомендаційна схема монтажу коаксіального димоходу

										401-НТ 18193	Арк.
											70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

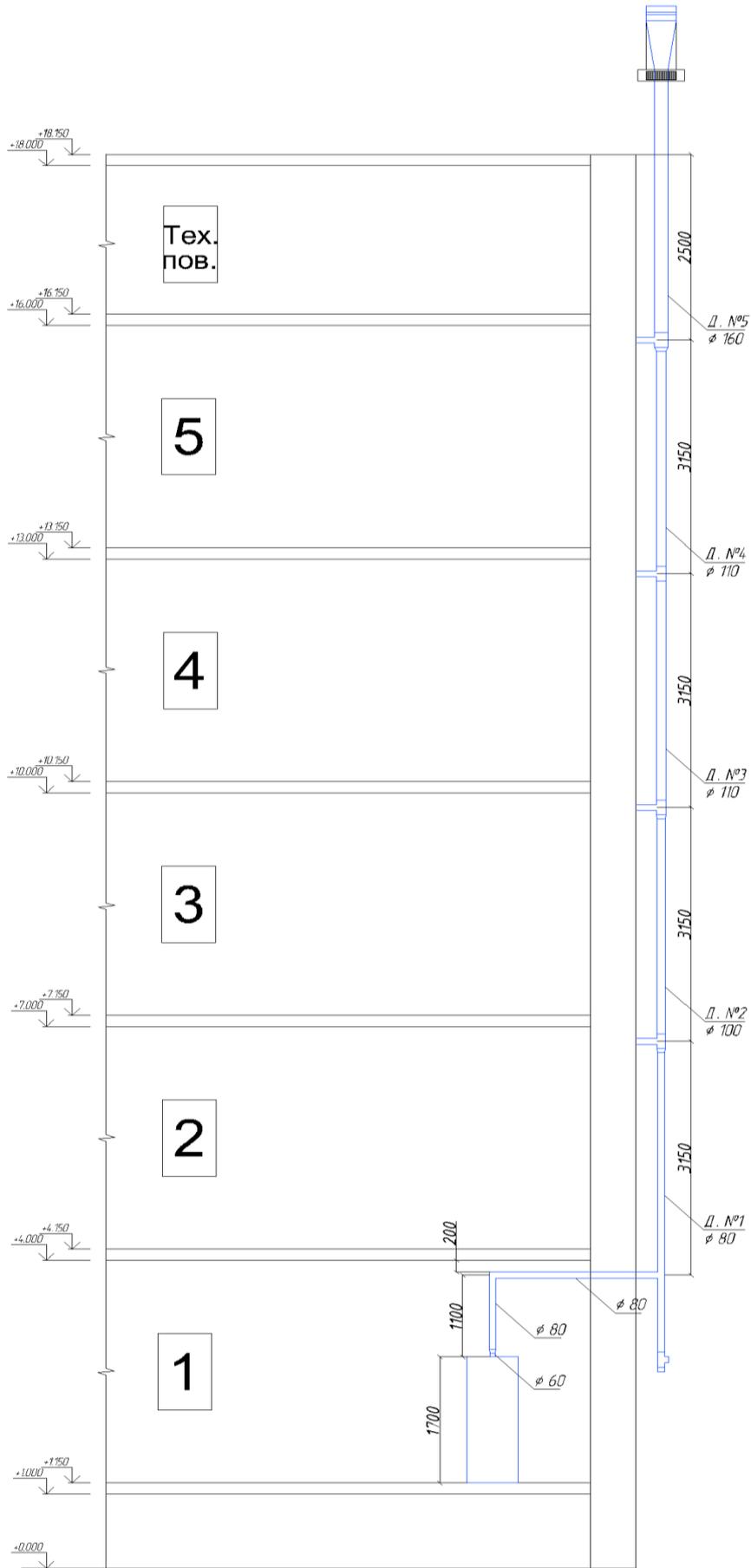


Рис. 6.2. Схема димохідної системи будинку

										401-НТ 18193	Арк.
											71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Знаходимо КМО для кожної ділянки.

Розрахунковий напрямок 1.

Ділянка 1: вхід у димову трубу із тягопереривача – $\xi=0,5$; дифузор з $\varnothing 60$ на $\varnothing 80$ мм, $F_0/F_1=0,6$, $\alpha=16^\circ$ – $\xi=0,07$; поворот на 90° $\varnothing 80$ мм, $2 \times 45^\circ$ – $\xi=0,35$; поворот на 90° $\varnothing 80$ мм, $2 \times 45^\circ$ – $\xi=0,35$; дифузор з $\varnothing 80$ на $\varnothing 100$ мм, $F_0/F_1=0,6$, $\alpha=16^\circ$ – $\xi=0,07$. $\Sigma \xi=1,34$.

Ділянка 2: дифузор з $\varnothing 100$ на $\varnothing 110$ мм, $F_0/F_1=0,6$, $\alpha=16^\circ$ – $\xi=0,07$; трійник на прохід 80/110/110 $F_0/F_c=0,5$, $F_n/F_c=1$, $L_0/L_1=0,6$ – $\xi=0,8$; трійник на відгалуження 80/110/110 $F_0/F_c=0,6$, $F_n/F_c=1$, $L_0/L_1=0,6$ – $\xi=1,4$ $\Sigma \xi=2,27$.

Ділянка 3: трійник на прохід 80/110/110 $F_0/F_c=0,5$, $F_n/F_c=1$, $L_0/L_1=0,3$ – $\xi=0,4$; трійник на відгалуження 80/110/110 $F_0/F_c=0,5$, $F_n/F_c=1$, $L_0/L_1=0,3$ – $\xi=1,11$ $\Sigma \xi=1,51$.

Ділянка 4: дифузор з $\varnothing 110$ на $\varnothing 160$ мм, $F_0/F_1=0,5$, $\alpha=16^\circ$ – $\xi=0,09$; трійник на прохід 80/160/160 $F_0/F_c=0,5$, $F_n/F_c=1$, $L_0/L_1=0,25$ – $\xi=0,3$; трійник на відгалуження 80/160/160 $F_0/F_c=0,5$, $F_n/F_c=1$, $L_0/L_1=0,25$ – $\xi=0,64$ $\Sigma \xi=2,27$.

Ділянка 5: вихід з димоходу – $\xi=2$ $\Sigma \xi=2$.

Розрахунковий напрямок 2.

Від теплогенератора, встановленого на останньому поверсі до входу у коаксіальний димохід.

Ділянка 6: вхід у димову трубу із тягопереривача – $\xi=0,5$; поворот на 90° $\varnothing 80$ мм, $2 \times 45^\circ$ – $\xi=0,35$; поворот на 90° $\varnothing 80$ мм, $2 \times 45^\circ$ – $\xi=0,35$; $\Sigma \xi=1,2$.

Ділянка колективного коаксіального димоходу від точки врізки внутрішньої труби для відводу відпрацьованих газів від теплогенератора, встановленому на останньому поверсі.

Ділянка 7: вихід з димоходу – $\xi=2$ $\Sigma \xi=2$.

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			401-НТ	18193	

Таблиця 6.1

Аеродинамічний розрахунок димових каналів та тяги газоходів

№ ділянки	l м	Матеріал	$V_{ПС}^t$ $\frac{м^3}{с}$	$\rho_{ПС}$ $\frac{кг}{м^3}$	$d_{екв}$ мм	R $\frac{Па}{м}$	$\Delta P_{ТР}$ Па	$\sum \xi$	$\frac{w^2}{2}$	$\Delta P_{МО}$ Па	ΔP Па	S х.п	S т.п
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Напрямок 1													
1	6,450	Сталь	12,20	1,1	80	0,0981	0,633	1,34	0,2	0,284	0,917	39,33	23,46
2	3,150	Сталь	24,40	1,1	100	0,206	0,649	2,27	0,6	1,444	2,093		
3	3,150	Сталь	36,60	1,1	110	0,186	0,586	1,51	0,6	0,960	1,546		
4	3,150	Сталь	48,80	1,1	110	0,159	0,501	1,03	0,6	0,655	1,156		
5	4,500	Сталь	61,00	1,1	160	0,097	0,437	2	0,5	1,060	1,497		
										$\sum \Delta P = 7,208$			
Напрямок 2													
6	3,100	Сталь	12,20	1,1	80	0,0981	0,304	1,2	0,2	0,254	0,559	10,35	6,17
7	4,500	Сталь	61,00	1,1	160	0,097	0,437	2	0,5	1,060	1,497		
										$\sum \Delta P = 2,055$			

6.2. Вентиляція газифікованих приміщень

Газифіковані приміщення повинні мати вентиляційні канали. Вони виводяться вище від зони вітрового підпору, а при розташуванні поряд із димовими трубами мають висоту димових труб. Для притоку повітря передбачають у нижній частині дверей або стіни, що виходить у суміжне приміщення, проміжок між дверима та підлогою з перетином не менше ніж $0,02 \text{ м}^2$.

Кількість повітря, що необхідно видаляти з кухонь при установці 2-конфоркових плит – не менше ніж $60 \text{ м}^3/\text{год}$; 3- конфоркових – не менше ніж $75 \text{ м}^3/\text{год}$; 4 – конфоркових – не менше ніж $90 \text{ м}^3/\text{год}$. При встановленні в приміщеннях тільки водонагрівачів або опалювальних апаратів із відведенням продуктів згорання кратність повітрообміну повинна бути не менше від 3.

При незабезпеченні необхідної кількості повітря газові прилади не приймаються в експлуатацію.

														Арк.
														73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	401-НТ 18193									

У будинках, які обладнані приладами й апаратами з відведенням продуктів згорання в димоходи, не допускається влаштування витяжної вентиляції з штучним примусом.

При облаштуванні вентиляційних каналів та димоходів у зовнішніх стінах виникає небезпека їх промерзання і зменшення тяги в них. У зв'язку з цим товщина стінок каналів із зовнішньої сторони повинна бути не менше від товщини самої стіни, а в разі необхідності стінку в місці розташування каналів утеплюють.

Вентиляційні канали та димоходи в цегляних стінах призначають розміром 140x140 мм, 140x270 мм або 270x270 мм, який перевіряють аеродинамічним розрахунком.

Вентиляція житлових приміщень – проектом передбачена припливно-витяжна вентиляція з природнім спонуканням.

Витяжка повітря з приміщень квартир здійснюється через вентиляційні канали кухонь, виконаних із глиняної цегли в конструкціях стін будинку, що виводяться вище покрівлі. Припливне повітря повинно подаватися через вікна. При встановленні вікон без кватирок і з герметичним притулом, слід застосовувати модифікації вікон із вбудованими провітрювачами.

Визначаємо необхідний повітрообмін для приміщень кухонь в будівлі, яка розглядається.

Таблиця 6.2

Повітрообмін кухонь по кратності

№ кв.	Висота приміщення, м	Площа приміщення, м ²	Об'єм приміщення, м ³	Кратність повітрообміну	Повітрообмін по кратності м ³ /год
1	3	13,20	39,6	3	119
2	3	13,60	40,8	3	122
3	3	13,00	39,0	3	117
4	3	13,00	39,0	3	117
5	3	14,10	42,3	3	127
6	3	14,60	43,8	3	131
7	3	13,20	39,6	3	119

									Арк.
									74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	401-НТ 18193				

Виконуємо аеродинамічний розрахунок вентиляції. Розраховуємо тягу та втрати тиску на характерних напрямках системи вентиляції:

Розрахунковий напрям №1 складається з двох ділянок:

– ділянка №1 – від вентиляційної решітки, встановленої на першому поверсі, до врізки системи вентиляції третього поверху (система вентиляції каскадна через один поверх);

– ділянка №2 від врізки системи вентиляції третього поверху до кінця вентканалу.

Розрахунковий напрям №2 складається з ділянки №6 від вентиляційної решітки, встановленої на останньому поверсі, до кінця вентканалу.

Визначаємо КМО для характерних ділянок:

Ділянка 1: вентиляційна решітка – $\xi=1,8$; поворот на 90° (коліно з гострими гранями) – $\xi=1,2$; трійник на прохід – $\xi=1,1$ $\Sigma \xi=4,1$.

Ділянка 2: трійник на відгалуження – $\xi=1,6$; раптове розширення – $\xi=1,2$ $\Sigma \xi=2,8$.

Ділянка 5: вентиляційна решітка – $\xi=1,8$; поворот на 90° (коліно з гострими гранями) – $\xi=1,2$ раптове розширення – $\xi=1,2$ $\Sigma \xi=4,2$.

Таблиця. 6.3

Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції

№ розр. ділянки	m	Матеріал	v_{n^3} $\frac{m^3}{c}$	L	ρn $\frac{кг}{м^3}$	Розмір	$d_{екв}$ $мм$	n	R $\frac{Па}{м}$	ΔP_{TP} $Па$	$\Sigma \xi$	$\frac{W^2}{2}$	ΔP_{MO} ---	ΔP $Па$	S $Па$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-й розрахунковий напрям															
1	6,3	Цегла	1,4	122	1,3	140x270	184	1,6	0,282	1,8	4,1	1,2	4,9	6,7	8,6
2	11,140	Цегла	1,2	244	1,3	270x270	270	1,5	0,120	1,3	2,8	0,9	2,5	3,9	5,5
2-й розрахунковий напрям															
6	4,840	Цегла	0,60	122	1,3	270x270	140	1,3	0,032	0,2	4,2	0,2	0,8	1,0	2,4

РОЗДІЛ 7. АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ПОДАЧІ ГАЗОВОДНЕВИХ СУМІШЕЙ

Гази транспортуються по підземним трубопроводам або наземно. Магістральні трубопроводи, по яким газ транспортується від промислу чи газобензинового заводу до міста, являють собою комплекс споруд: власне газопроводи с відгалуженням, компресорні станції (КС) для перекачки газу та газорозподільні станції (ГРС). Компресорні станції, що знаходяться на відстані 120-150 км одна від іншої, забезпечують подачу газу з тиском до 5 МПа до ГРС, які являються головними спорудами при вводі газу в населений пункт. На ГРС газ проходить через фільтри, регулятори тиску, проходить процес одоризації. Тиск газу, що виходить з ГРС в газорозподільні мережі, не перевищує 1,2 МПа.

Залежно від максимального робочого тиску газопроводи поділяються на:

- високого тиску I категорії – 0,6-1,2 МПа;
- високого тиску II категорії – 0,3-0,6 МПа;
- середнього тиску – 0,005 – 0,3 МПа
- низького тиску – до 0,005 МПа

До газопроводів низького тиску підключаються житлові та громадські будівлі, дрібні комунально-побутові підприємства.

Від ГРС газ по трубопроводах надходить до ГРП – газорозподільного пункту, де знижується його тиск до 5000 Па (у проекті, який розглядається – до 3000 Па). Від ГРП газ по розподільному трубопроводу надходить до внутрішньодворового або ж внутрішньоквартального газопроводу.

Від задвижки, що встановлюється на вводі в будинок ділянка газопровода називається внутрішньоквартальним або дворовим газопроводом.

Всередині будівлі газопровід від його вводу до останнього газоспоживаючого обладнання називається внутрішньодомовим.

Тиск після ГРП можна визначити наступним чином

$$P_{\text{ГРП}} = P_{\text{перед соплом}} + \Delta P_{\text{внутрішньодомовому г-ді}} + \Delta P_{\text{внутрішньодворовому г-ді}} + \Delta P_{\text{розподільному г-ді}}$$

									Арк.
									77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 7.1

Гідравлічний розрахунок домового газопроводу для природного газу

№ діл.	l_{Φ} м	V , $\frac{нм^3}{год}$	$d_H \times S$ мм	R_{∂} $\frac{Па}{м}$	$l_{екв}$ м	$\sum \xi$	$l_{ПП}$ м	$\Delta P_{д}$ Па	h м	$H_{Г}$, Па	ΔP Па
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2,70	1,3	21,3x2,8	2,43	0,48	6,5	5,82	14,14	2,06	11,95	26,09
3	4,50	2,15	26,8x2,8	1,75	0,56	9,9	10,05	17,59	-3	-11,74	5,85
4	8,95	3,39	33,5x3,2	1,36	0,73	9,9	16,18	22,0	-3	-11,74	10,26
5	8,95	4,31	38,0x3,0	1,34	0,83	9,9	17,17	23,0	-3	-11,74	11,26
6	8,95	5,22	42,3x3,2	1,40	0,83	9,9	17,17	24,04	-3	-11,74	12,30
7	11,5	6,14	42,3x3,2	1,36	0,97	8,4	19,65	26,72	0,2	1,16	27,88
8	18,6	11,8	48,0x3,5	4,37	1,19	2,7	21,80	95,27	0	0	95,27
9	7,45	17,43	42,3x3,2	1,3	0,87	3,1	8,58	26,59	0	0	26,59
10	15,1	23,11	57,0x3,0	2,5	1,46	2,9	19,33	48,33	0	0	48,33
20	4,85	40,17	76,0x3,0	1,36	2,2	4,4	14,53	19,76	-4,85	-28,10	-8,34

 $\sum \Delta P = 240$ Па

Таблиця 7.2

Гідравлічний розрахунок домового газопроводу для газу з
вмістом водню 20%

№ діл.	l_{Φ} м	V , $\frac{нм^3}{год}$	$d_H \times S$ мм	R_{∂} $\frac{Па}{м}$	$l_{екв}$ м	$\sum \xi$	$l_{ПП}$ м	$\Delta P_{д}$ Па	h м	$H_{Г}$, Па	ΔP Па
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2,7	1,3	21,3x2,8	1,9683	0,48	6,5	5,82	11,46	2,06	11,95	23,41
3	4,5	2,15	26,8x2,8	1,4175	0,56	9,9	10,05	14,25	-3	-11,74	2,51
4	8,95	3,39	33,5x3,2	1,1016	0,73	9,9	16,18	17,82	-3	-11,74	6,08
5	8,95	4,31	38,0x3,0	1,0854	0,83	9,9	17,17	18,64	-3	-11,74	6,90
6	8,95	5,22	42,3x3,2	1,134	0,83	9,9	17,17	19,47	-3	-11,74	7,73
7	11,5	6,14	42,3x3,2	1,1016	0,97	8,4	19,65	21,65	0,2	1,16	22,81
8	18,6	11,8	48,0x3,5	3,5397	1,19	2,7	21,8	77,17	0	0	77,17
9	7,45	17,43	42,3x3,2	1,053	0,87	3,1	8,58	9,03	0	0	9,03
10	15,1	23,11	57,0x3,0	2,025	1,46	2,9	19,33	39,14	0	0	39,14
20	4,85	40,17	76,0x3,0	1,1016	2,2	4,4	14,53	16,01	-4,85	-28,1	-12,09

401-НТ 18193

Арк.

79

$$\sum \Delta P = 182,68 \text{ Па}$$

Таблиця 7.3

Гідрравлічний розрахунок домового газопроводу для газу з умістом водню 30%

№ діл.	l_{Φ} м	B , $\frac{нм^3}{год}$	$d_H \times s$ мм	$R_{\partial} \frac{Па}{м}$	$l_{екв}$ м	$\sum \xi$	$l_{ПП}$ м	$\Delta P_{д}$ Па	h м	$H_{Г}$ Па	ΔP Па
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2,7	1,3	21,3x2,8	1,7739	0,48	6,5	5,82	10,32	2,06	11,95	22,27
3	4,5	2,15	26,8x2,8	1,2775	0,56	9,9	10,05	12,84	-3	-11,74	1,10
4	8,95	3,39	33,5x3,2	0,9928	0,73	9,9	16,18	16,06	-3	-11,74	4,32
5	8,95	4,31	38,0x3,0	0,9782	0,83	9,9	17,17	16,80	-3	-11,74	5,06
6	8,95	5,22	42,3x3,2	1,022	0,83	9,9	17,17	17,55	-3	-11,74	5,81
7	11,5	6,14	42,3x3,2	0,9928	0,97	8,4	19,65	19,51	0,2	1,16	20,67
8	18,6	11,8	48,0x3,5	3,1901	1,19	2,7	21,8	69,54	0	0	69,54
9	7,45	17,43	42,3x3,2	0,949	0,87	3,1	8,58	8,14	0	0	8,14
10	15,1	23,11	57,0x3,0	1,825	1,46	2,9	19,33	35,28	0	0	35,28
20	4,85	40,17	76,0x3,0	0,9928	2,2	4,4	14,53	14,43	-4,85	-28,1	-13,67

$$\sum \Delta P = 158,52 \text{ Па}$$

Таблиця 7.4

Гідрравлічний розрахунок домового газопроводу для газу з умістом водню 40%

№ діл.	l_{Φ} м	B , $\frac{нм^3}{год}$	$d_H \times s$ мм	$R_{\partial} \frac{Па}{м}$	$l_{екв}$ м	$\sum \xi$	$l_{ПП}$ м	$\Delta P_{д}$ Па	h м	$H_{Г}$ Па	ΔP Па
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2,7	1,3	21,3x2,8	1,5309	0,48	6,5	5,82	8,91	2,06	11,95	20,86
3	4,5	2,15	26,8x2,8	1,1025	0,56	9,9	10,05	11,08	-3	-11,74	-0,66
4	8,95	3,39	33,5x3,2	0,8568	0,73	9,9	16,18	13,86	-3	-11,74	2,12
5	8,95	4,31	38,0x3,0	0,8442	0,83	9,9	17,17	14,49	-3	-11,74	2,75
6	8,95	5,22	42,3x3,2	0,882	0,83	9,9	17,17	15,14	-3	-11,74	3,40
7	11,5	6,14	42,3x3,2	0,8568	0,97	8,4	19,65	16,84	0,2	1,16	18,00
8	18,6	11,8	48,0x3,5	2,7531	1,19	2,7	21,8	60,02	0	0	60,02
9	7,45	17,43	42,3x3,2	0,819	0,87	3,1	8,58	7,03	0	0	7,03
10	15,1	23,11	57,0x3,0	1,575	1,46	2,9	19,33	30,44	0	0	30,44
20	4,85	40,17	76,0x3,0	0,8568	2,2	4,4	14,53	12,45	-4,85	-28,1	-15,65

401-НТ 18193

Арк.

80

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

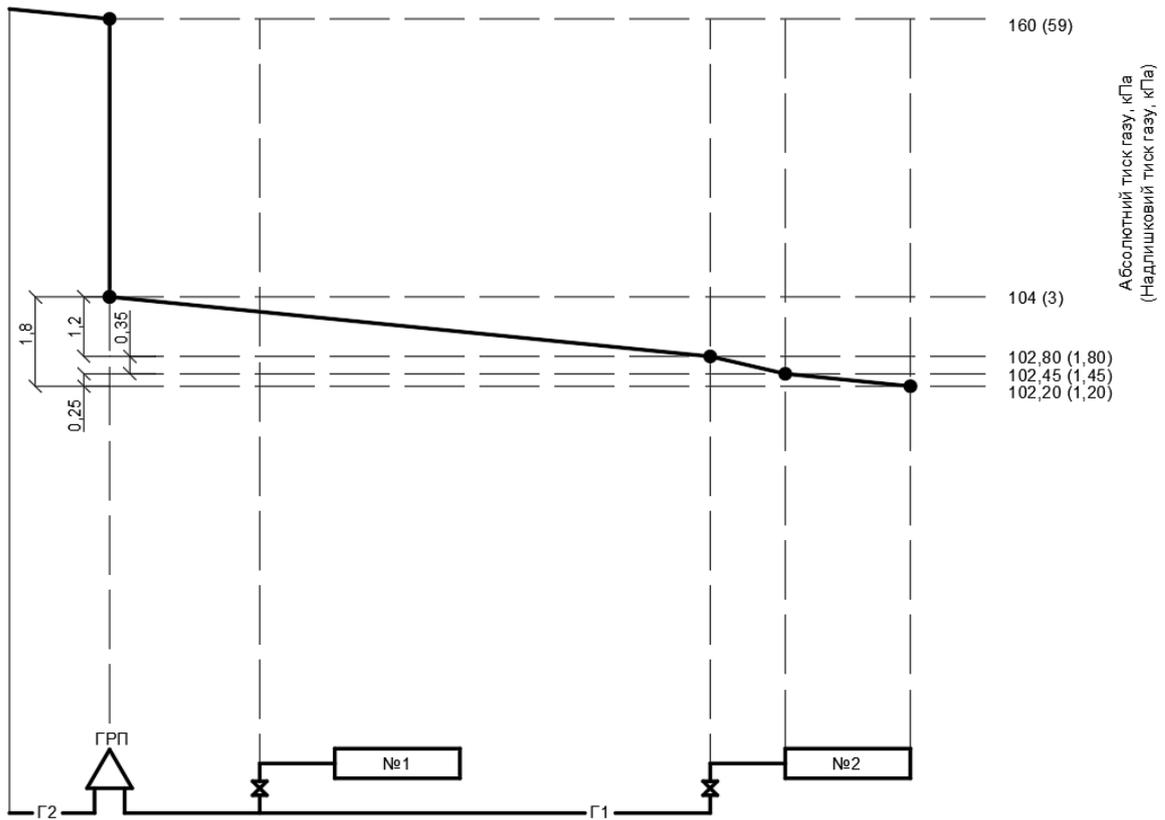


Рис. 7.3. Розподіл тисків в системі постачання природнього газу

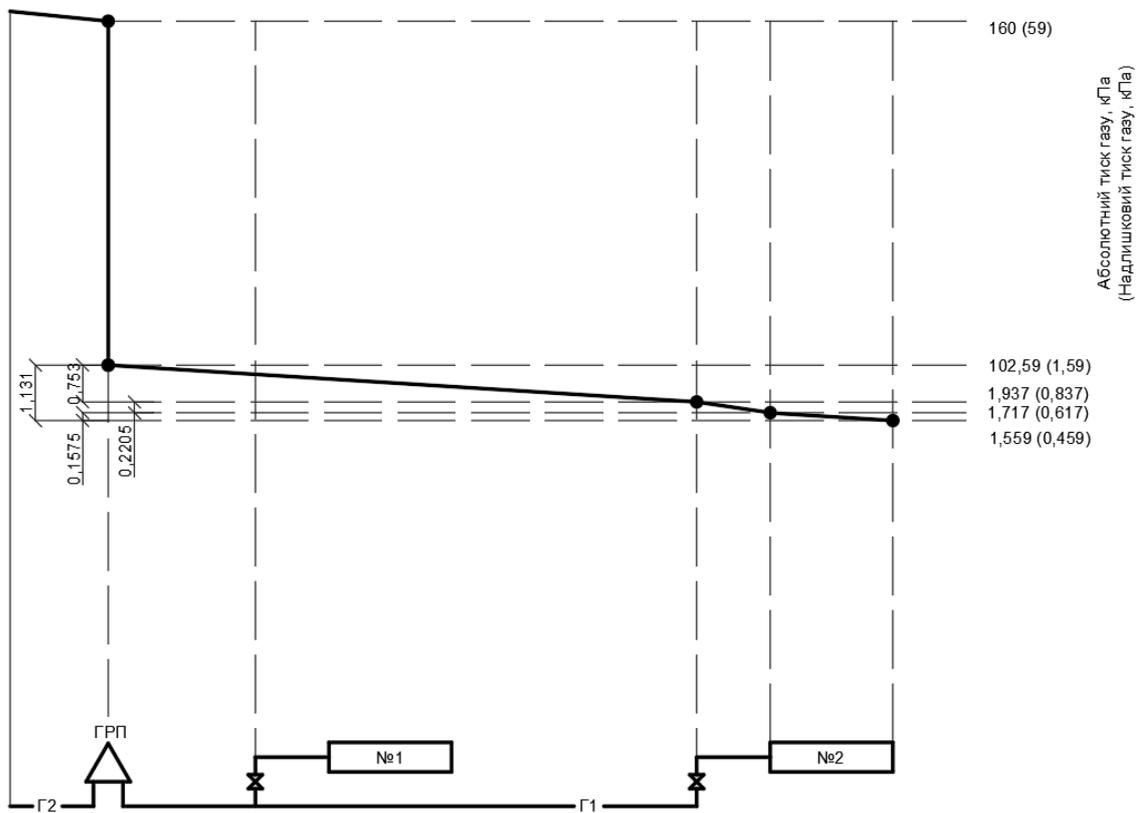


Рис. 7.4. Розподіл тисків в системі постачання газу з умістом водню 40%

									401-НТ 18193	Арк.
										83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

РОЗДІЛ 8. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПЕРЕПАДІВ ТИСКУ В СИСТЕМАХ ГАЗОПОСТАЧАННЯ У РАЗІ ПОДАЧІ ГАЗОВОДНЕВИХ СУМІШЕЙ

Природний газ:

Для першого найближчого до ГРП споживача тиск природного газу перед пальником у нульовій точці становить:

$$P = 0,9 \cdot P_{\text{грп}} = 0,9 \cdot 2000 = 1800 \text{ Па} - \text{номінального тиску немає.}$$

Для останнього споживача природного газу тиск газу перед пальником становить:

$$P = 3000 - (1200 + 250 + 350) = 1200 \text{ Па} - \text{номінальний тиск є.}$$

Різниця у тисках газу перед пальниками для першого і останнього споживача:

$$\Delta P = 2100 - 1200 = 900 \text{ Па.}$$

$$\text{Відносна різниця } (\Delta P / P_{\text{ном}}) \cdot 100\% = (900 / 1200) \cdot 100\% = \mathbf{75\%}$$

Газ з умістом водню 20%:

Для першого найближчого до ГРП споживача тиск газу з умістом водню 20% перед пальником у нульовій точці становить:

$$P = 0,9 \cdot P_{\text{грп}} = 0,9 \cdot 1590 = 1431 \text{ Па} - \text{номінального тиску немає.}$$

Для останнього споживача природного газу тиск газу перед пальником становить:

$$P = 1590 - (972 + 202,5 + 283,5) = 542 \text{ Па} - \text{номінального тиску немає.}$$

Різниця у тисках газу перед пальниками для першого і останнього споживача:

$$\Delta P = 1314 - 542 = 1258 \text{ Па.}$$

$$\text{Відносна різниця } (\Delta P / P_{\text{ном}}) \cdot 100\% = ((1258 / 906,3) \cdot 100\% = \mathbf{139\%}$$

Газ з умістом водню 30%:

Для першого найближчого до ГРП споживача тиск газу з умістом водню 20% перед пальником у нульовій точці становить:

$$P = 0,9 \cdot P_{\text{грп}} = 0,9 \cdot 1820 = 1638 \text{ Па} - \text{номінального тиску немає.}$$

									Арк.
									84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

Для останнього споживача природного газу тиск газу перед пальником становить:

$$P = 1820 - (876 + 182,5 + 255,5) = 506 \text{ Па} - \text{номінального тиску немає.}$$

Різниця у тисках газу перед пальниками для першого і останнього споживача:

$$\Delta P = 1132 - 506 = 1258 \text{ Па.}$$

$$\text{Відносна різниця } (\Delta P / P_{\text{ном}}) 100\% = ((1132 / 764,7) \cdot 100\% = \mathbf{148\%}$$

Газ з умістом водню 40%:

Для першого найближчого до ГРП споживача тиск газу з умістом водню 40% перед пальником у нульовій точці становить:

$$P = 0,9 \cdot P_{\text{грп}} = 0,9 \cdot 1590 = 1431 \text{ Па} - \text{номінального тиску немає.}$$

Для останнього споживача природного газу тиск газу перед пальником становить:

$$P = 1590 - (250 + 350) = 459 \text{ Па} - \text{номінальний тиск є.}$$

Різниця у тисках газу перед пальниками для першого і останнього споживача:

$$\Delta P = 1431 - 459 = 972 \text{ Па}$$

$$\text{Відносна різниця } (\Delta P / P_{\text{ном}}) 100\% = ((972 / 627,5) \cdot 100\% = \mathbf{155\%}$$

Таблиця 8.1

Тиск газу після ГРП

№	Вид газу	Необхідний номінальний тиск газу перед пальником кПа	Тиск газу після ГРП кПа – P _{грп}	Різниця тисків газу перед пальником для першого і останнього споживача кПа	Відносна різниця тисків газу перед пальником для першого і останнього споживача. %
1	Природний газ	1,2	3,0	0,9	75
2	20% водню	0,9063	2,0	1,258	139
3	30% водню	0,7647	1,82	1,132	148
4	40% водню	0,6275	1,59	0,972	155

									Арк.
									85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

Перепад тиску газу у розподільних, внутрішньоквартальних, внутрішньодомових, внутрішньоцехових і міжцехових є найважливішим параметром впливу на економічність, надійність і ефективність роботи систем газопостачання. При цьому перепад тиску на мережах газопостачання залишається найменш регламентованим і контрольованим параметром.

Законодавчо, відповідальність за додержання режимів тиску газу у системах газопостачання несуть підприємства газового господарства [19]. Нормативами передбачені наступні розрахункові втрати тиску Δp , в газопроводах низького тиску:

Δp не більше 1800 Па – від джерела газопостачання до найбільш віддаленого приладу; Δp не більше 1200 Па – у розподільних газопроводах; Δp не більше 600 Па – у газопроводах вводах і внутрішніх газопроводах; Δp не більше 1500 Па – у розподільних газопроводах садибної забудови; Δp не більше 300 Па – у внутрішньодомових і дворових газопроводах садибної забудови.

Для інших газопроводів: « ... гідравлічні режими роботи газової мережі повинні прийматись за умови створення при максимально допустимих втратах тиску газу найбільш економічної та надійної в експлуатації системи, що забезпечує стійкість роботи ГРП і пальників у споживачів» [18].

Порядок визначення таких перепадів тиску газу не регламентований. Що вважати за «максимально допустимий діапазон тиску» також не вказується. Проаналізуємо цей фактор.

Виходячи із засад безпеки експлуатації пальників паливовикористовуючих агрегатів (ПВА) у якості допустимих можна прийняти такі перепади тиску газу у мережі, які не спричиняють зміни тиску газу перед пальниками до небезпечних величин, які приводять до погасання факелу, нестабільного горіння, або інших ознак небезпечної експлуатації ПВА. Зазначені величини максимального $P_{\text{макс.доп.}}$ і мінімального $P_{\text{мін.доп.}}$ тиску газу перед пальниками регламентовані паспортними даними пальників у вигляді максимальної $N_{\text{макс.доп.}}$, мінімальної $N_{\text{мін.доп.}}$ потужності

									Арк.
									86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

пальника, або коефіцієнту граничного регулювання $\kappa = \frac{N_{\text{мак.доп.}}}{N_{\text{мін.доп.}}}$. Прийнятий із таких міркувань перепад тиску буде досить значним і гарантуватиме лише стійку роботу пальників.

Якщо покласти в основу вибору допустимого перепаду тиску Δp економічні показники вартості мережі і ГРП, то будуть отримані інші величини перепадів тиску, які задовольнятимуть умовам мінімуму функції металоємності і капітальних витрат [3]. Такий підхід був характерним для техніко – економічних розрахунків мереж у 60-70 рр. минулого століття, коли вартість газу була незначною.

На сьогодні вартість газу значно зросла, і втрати газу внаслідок нерівномірності тиску газу по довжині газопроводу і, зумовлене цим зменшення ККД ПВА, є більш вагомим чинником, ніж вартість труб. Таким чином, пропонується приймати як «допустимий» такий перепад тиску, який приводить до прийнятної і економічно обґрунтованої величини зменшення ККД ПВА і спричинених цим втрат газу, з врахуванням капітальних витрат на спорудження системи газопостачання.

Експериментальні дослідження пальників сучасних газових плит свідчать про суттєве зменшення їх термічного ККД уже за умови відхилення теплової потужності пальника на 10 - 15% від номінальних значень тиску і теплової потужності як у бік зменшення, так і збільшення (рис. 8.1.).

Так, якщо тиск газу перед газовою плитою збільшиться від номінального значення (1270 Па) до 3000 Па, то ККД зменшиться від 45% до 29%, а під тиском у 3500 Па ККД дорівнюватиме вже близько 20%. Зменшення ККД пальників плит супроводжується різким погіршенням екологічних показників їх роботи – при згоранні палива утворюється набагато більше небезпечного монооксиду вуглецю та інших продуктів неповного згорання.

										Арк.
										87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

провідного споживача. Графічна інтерпретація такого допустимого перепаду тиску подана на рис.8.2.

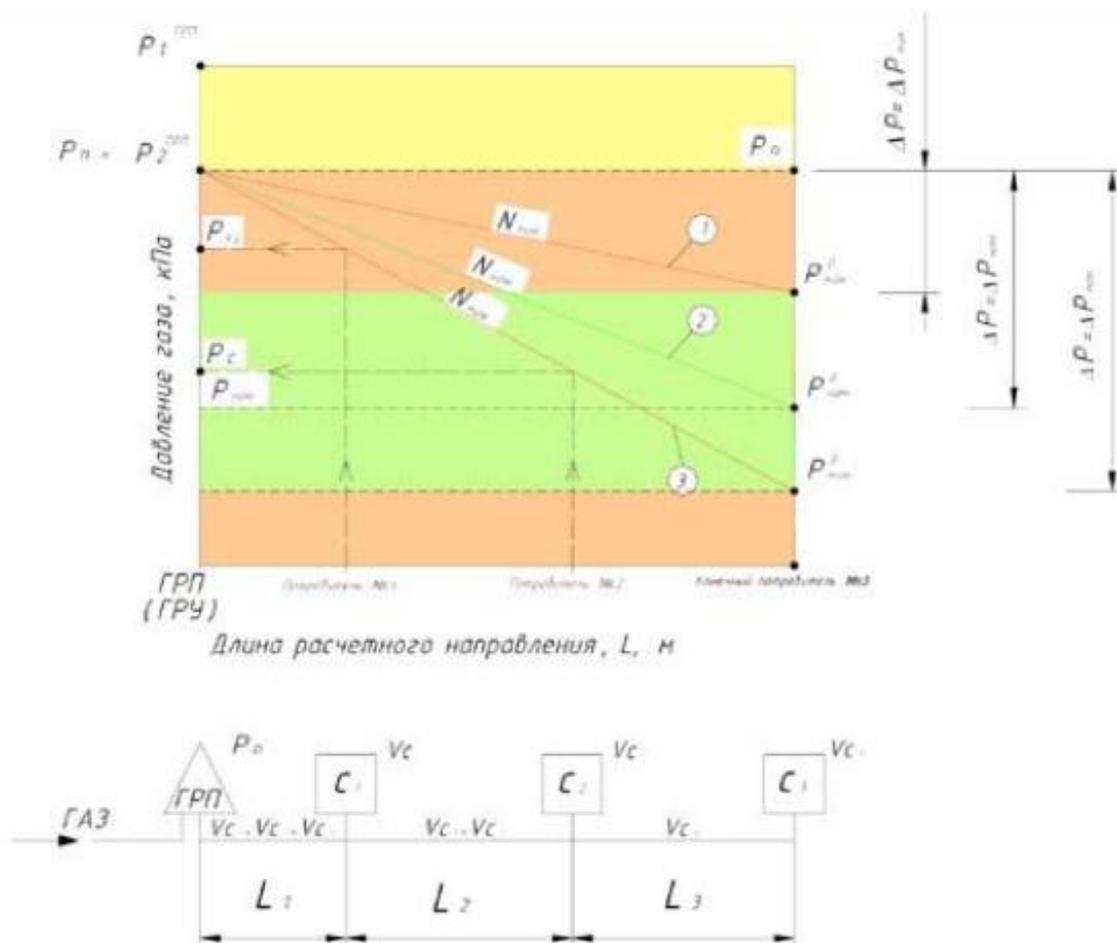


Рис.8.2. Графік зміни тиску газу за довжиною розрахункового напрямку:
 1 – при роботі ПВА з мінімальними потужністю і витратами газу;
 2 – те ж з номінальними показниками;
 3 – те ж з максимальними показниками.

Δp – розрахунковий перепад тиску від ГРП до нульової точки по розрахунковому напрямку; $P_{мак.}^k, P_{ном.}^k, P_{мін.}^k$ – максимально можливий, номінальний і мінімально можливий тиск газу перед провідним споживачем; $P_1^{ГРП}, P_2^{ГРП}$ – тиск газу до і після ГРП.

Введемо поняття ΔN – допустимої відносної зміни теплової потужності пального, яка визначається відносно номінальної потужності за відомими паспортними значеннями $N_{мак.доп.}^k$ і $N_{мін.доп.}^k$ згідно наступних залежностей:

– для максимальної можливої потужності пальника

$$\Delta N_{\text{мак.}} = \frac{N_{\text{мак.доп.}} - N_{\text{ном.}}}{N_{\text{ном.}}} \cdot 100, \% ; \quad (8.1)$$

– для мінімальної допустимої потужності пальника

$$\Delta N_{\text{мін.}} = \frac{N_{\text{ном.}} - N_{\text{мін.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \cdot 100, \% ; \quad (8.2)$$

Визначені за формулами (8.1) і (8.2) величини ΔN визначаються для усіх споживачів, приєднаних до однієї мережі, включаючи провідного споживача. Для однотипних пальників вказані величини ΔN будуть однаковими і вирішення задачі спрощується. Для різнотипних пальників з однотипним або близьким за величинами номінальними тисками значення ΔN будуть відрізнятися і вирішення задачі стає більш складним.

За визначеними величинами допустимих відносних змін теплової потужності обраховують коефіцієнт допустимої зміни теплової потужності за залежністю (8.3):

$$\kappa_{P_i} = 1 + \frac{\Delta N_i}{100}, \quad \text{част.од.}, \quad (8.3),$$

де ΔN_i підставляти у %.

Надлишковий тиск газу на початку мережі $P_n = P_2^{\text{ГРП}}$ (після ГРП) буде визначатись за залежностями (4) або (5):

$$P_n = P_2^{\text{ГРП}} = P_{\text{мін}}^{\kappa} + \Delta p \quad (8.4),$$

$$P_n = P_2^{\text{ГРП}} = P_{\text{ном.}}^{\kappa} + \Delta p_{\text{ном.}} \quad (8.5).$$

Для однотипних пальників, без індивідуальних регуляторів і стабілізаторів тиску, з однаковими значеннями ΔN визначення максимально допустимого перепаду тиску у мережі може бути виконане згідно наступних залежностей:

– для газопроводів низького тиску:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{мак}} = P_n - P_{\text{мін.}}^{\kappa} = P_{\text{ном.}}^{\kappa} \left[\left(\frac{N_{\text{мак.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \right)^2 - \left(\frac{N_{\text{мін.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \right)^2 \right] \quad (8.6),$$

Для природного газу:

									Арк.
									91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ВИСНОВКИ

Проаналізовано вимоги нормативних документів до горючих газів. Розглянуто горючі властивості газів і можливість подачі горючої суміші природного газу і водню до пальників і установок, призначених для природного газу виходячи із вимог взаємозамінності.

Визначені основні фізико-хімічні характеристики природного газу та сумішей природного газу з різними частками водню, а також – максимально допустима концентрація водню в суміші з природним газом, яка буде становить 19%. Критерії Воббе природного газу та суміші з умістом водню 19% відрізняються на 5%, а це значить, що гази абсолютно взаємозамінні.

Проаналізовано основні способи забезпечення взаємозамінності газів:

- Зміною діаметра сопла пальника
- Заміною тиску газу перед пальником
- Одночасною зміною і тиску і діаметру

1. Для зміни діаметру сопла необхідно у комплекті з газовою плитою при її продажі споживачеві пропонувати різні набори діаметрів сопел, котрі він повинен змінювати залежно від виду горючого газу. Але по-перше ця робота вимагає певної кваліфікації та дозволів і не може виконуватись самим побутовим користувачем, а по-друге – вирішення проблеми не таке просте. Річ у тім, що у інжекційних пальниках усіх комунально побутових приладів без виключення діаметр сопла пальника, як і тиск газу перед пальником, має вплив не лише на витрати газу і величину теплової потужності пальника. Діаметр сопла і енергія газової струмینی впливає також на такі важливі для пальників величини, як конструктивні розміри пальника, коефіцієнт інжекції первинного повітря та кількість первинного повітря котре надходить у корпус пальника. А ці величини визначають стійкість пальника у відношенні до проскоку полум'я. Тобто зв'язані із питаннями безпеки використання газового палива.

									Арк.
									94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

Таким чином зміна діаметра пальника у намаганні досягти однакової потужності при зміні газу може привести до втрати безпеки використання газового приладу, хімічного недопалу і інших негативних наслідків.

2. Забезпечення взаємозамінності при переході на інший газ можливе й за умови збереження площі вогневих отворів і незмінної конструкції пальника $d_1 = d_2, f_1 = f_2$, для цього необхідно перейти на інший тиск горючого газу перед пальником та порушити встановлені режимні параметри його роботи.

Для інжекційних пальників, котрі встановлено на кухнях житлових будинків важливо не тільки забезпечити сталу потужність пальника при переході з одного на інший газ, але й витримати умови, котрих у пальник буде інжектуватись необхідна кількість первинного повітря. А це залежить як від діаметра газового сопла пальника, так і від тиску газу перед соплом.

Тому необхідно одночасно змінювати і діаметр сопла, і тиск газу. Діаметр призначається з точки зору забезпечення необхідної кількості повітря, а тиск – з позицій забезпечення критерія взаємозамінності.

Аналіз показує суттєві зміни як по тиску газу перед пальником, так і по діаметру сопел. Це також викликає ускладнення оскільки разом з розмірами сопла і тиском газу необхідно змінювати усі розміри пальника.

Зміна тиску перед пальником для забезпечення взаємозамінності вимагає реконструкції усієї системи газопостачання і переналаштування режимів роботи ГРП.

Визначено режими роботи системи газопостачання в умовах подачі газоводневої суміші різного складу: визначено необхідний тиск газу після ГРП, необхідні величини перепаду тиску в розподільних газопроводах, газопроводі-вводі і внутрішньодомових газопроводах.

									401-НТ 18193	Арк.
										95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

3. Виконано аналіз роботи системи газопостачання в умовах подачі газоводневих сумішей. Показано, що у разі заміни природного газу на газ оводневі суміші величина втрат тиску газу у газопроводах зменшується внаслідок зменшення густини газу. Це спричиняє збільшення тиску газу у кінцевого споживача. І головне при цьому що цей ефект суперечить необхідному зменшенню тиску газу перед газовими приладами, котрий необхідно забезпечувати при переході на водневі суміші.

Розроблено пропозиції щодо вирішення цього питання.

4. Розрахунок інжекційних пальників за умови зміни складу палива і використання газоводневих сумішей свідчить про відмінність конструкції пальника для різних газів і про те, що проста заміна діаметра сопла для забезпечення критерія взаємозамінності є неприйнятним варіантом. Для забезпечення взаємозамінності газів потрібно змінювати площу вогневих отворів пальника, що не є простим технологічним процесом.

Виконано проектні розробки газопостачання житлового будинку, здійснено підбір газоспалювального обладнання, проаналізовано основні відмінності та переваги вибраного газоспалювального обладнання для забезпечення потреб гарячого водопостачання та опалення.

Зроблено конструювання та розрахунок системи газопостачання, визначено розрахункові витрати газу по ділянкам газопроводу та виконано гідравлічний розрахунок газопроводів.

Виконано конструювання та розрахунок газоходів колективної коаксіальної системи та системи вентиляції.

Зроблено аналіз роботи системи газопостачання в умовах подачі газоводневих сумішей. Крім того виникає ще одне ускладнення – можливість забезпечення нового тиску газу при переході на інший газ оскільки, як показує виконаний гідравлічний розрахунок для сумішей водню з природним газом, втрати тиску різко зменшуються для водневих сумішей у порівнянні з природнім

									Арк.
									96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

401-НТ 18193

газом. Єдиним виходом із цієї ситуації є зміна тиску після ГРП, що вимагає налаштування або заміни регулятора тиску газорозподільчого пункту.

Визначено оптимальні перепади тиску в системах газопостачання у разі подачі газоводневих сумішей.

					401-НТ 18193	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Briggs T. The combustion and interchangeability of natural gas on domestic burners. Ind Eng Lett 2014;4:67–87.
2. Dutton B.C., A New Dimension to Gas Interchangeability, Communication 1246, The Institute of Gas Engineers, 50th Autumn Meeting, 1984.
3. Ferguson DH. Fuel interchangeability considerations for gas turbine combustion. In: Fall 2007 east states sect meet combust inst, Charlottesville, Virginia. Pittsburgh (PA): Combustion Institute; 2007. p. 1–10.
4. Halchuk-Harrington R, Wilson RD. AGA bulletin #36 and weaver interchangeability methods: yesterday's research and today's challenges.
5. Halchuk-Harrington, R. and Wilson, R., AGA Bulletin #36 and Weaver Interchangeability Methods: Yesterday's Research and Today's Challenges, AGA Gas Operations Conference, May 2-4, 2006.
6. International Gas Union, BP International Company, GL Industrial Services UK. Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality; 2011.
7. Knoy, M, F, Graphic Approach to the Problem of Interchangeability, A.G.A. Proc. 1953, pp 938-47][Knoy, Frank, Combustion Experiments with Liquefied Petroleum Gases, Gas, vol. 17, p. 14-19, June 1941.
8. Lander D. UK situation regarding gas quality. Present to Marcogaz gas qual WG 28th June 2002; 2002.
9. Ortíz JM. Fundamentos de la Intercambiabilidad del Gas Natural. Ciencia 2014:6–15.
10. Борисов С.Н. , Даточный В.В. Гидравлические расчеты газопроводов.-М.: Недра , 1972.-109 с.
11. ГОСТ 5542-87 « Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия».
12. ДСТУ ISO 13686: 2015. Природний газ. Показники якості. (ISO 13686:2013, IDT). ДП «УкрНДНЦ»), 2016.
13. ДСТУ ISO 13686: 2015. Природний газ. Показники якості. (ISO 13686:2013, IDT). ДП «УкрНДНЦ»), 2016.
14. ДСТУ ISO 13686:2015. Природний газ. Показники якості.
15. ДСТУ ISO 6976: 2009. Природный газ. Расчет теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основании компонентного состава (ISO 6976:1995/Cor/.3:1999, IDT)/
16. ДСТУ ISO 6976: 2009. Природный газ. Расчет теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основании компонентного состава (ISO 6976:1995/Cor/.3:1999, IDT)/

					401-НТ 18193	Арк. 98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3	60,4	3,000	- 23	БС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,1	77	952	676,35	857,55
			- 23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	БС	Зх	6,000	3,000	15,0	3,30	0,30	1	1,05	19			
			16	дв. вх.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	1	1,05	21			
			16	підвал	-			60,4	3,8	0,27	1	1,05	68			
4	60,4	3,000	16	БС	Зх	9,400	3,000	28,2	3,30	0,30	1	1,05	36	1052	676,35	1728,56
			16	дв. вх.	Зх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			- 23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	БС	Пд	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,05	73			
			16	підвал	-			60,4	3,8	0,27	1	1,05	68			
5	40,4	3,000	- 23	БС	Зх	2,500	3,000	7,5	3,30	0,30	1	1,05	103	1215	452,40	1667,46
			- 32	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	106			
			- 32	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	0,85	1,05	231			
			- 32	ЗС	Сх	4,500	3,000	10,4	3,30	0,30	1	1,05	173			
			- 32	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	278			
			- 32	ЗС	Пд	5,200	3,000	15,6	3,30	0,30	1	1,05	258			
			16	БС	Пн	1,800	3,000	3,1	3,30	0,30	1	1,1	4			
			16	дв. вх.	Пн	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,1	17			
			16	підвал	-			40,4	3,8	0,27	1	1,05	45			

401-НТ 18193

Арк.

101

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	45,5	3,000	- 23	ЗС	Зх	4,200	3,000	9,5	3,30	0,30	1	1,05	131	983	509,51	1492,15
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Сх	2,500	3,000	5,2	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			- 23	ЗС	Пд	7,500	3,000	22,5	3,30	0,30	1	1,05	308			
			16	підвал	-			45,5	3,8	0,27	1	1,05	51			
7	42,2	3,000	- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1	83	596	472,55	1068,27
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1	146			
			- 23	ЗС	Зх	3,000	3,000	5,9	3,30	0,30	1	1	77			
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1	175			
			16	ВС	Пн	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
			16	ВС	Сх	6,500	3,000	17,2	3,30	0,30	1	1	21			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1	15			
			16	підвал	-			42,2	3,8	0,27	1	1,05	47			
2-й ПОВЕРХ																
8	50,7	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,320	3,000	6,9	3,30	0,30	1	1,05	94	668	567,73	1235,98
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			- 23	ЗС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	1	1,1	90			
			16	ВС	Сх	4,000	3,000	9,7	3,30	0,30	1	1,05	12			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			16	ВС	Пд	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
9	43,0	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,500	3,000	7,4	3,30	0,30	1	1,05	102	1151	481,51	1632,87
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	ЗС	Пн	14,000	3,000	42,0	3,30	0,30	1	1,1	602			

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			-23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			-23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Пд	1,800	3,000	5,4	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Пд	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,053	16			
10	60,4	3,000	-23	БС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,1	77	884	676,35	1560,34
			-23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			-23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			-23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			-23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			-23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Зх	6,000	3,000	15,0	3,30	0,30	1	1,05	19			
			16	дв. вх.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	1	1,05	21			
11	60,4	3,000	16	ВС	Зх	9,400	3,000	28,2	3,30	0,30	1	1,05	36	985	676,35	1660,91
			16	дв. вх.	Зх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			-23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			-23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			-23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			-23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			-23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			-23	БС	Пд	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,05	73			
12	40,4	3,000	-23	ВС	Зх	2,500	3,000	7,5	3,30	0,30	1	1,05	103	1170	452,40	1622,21
			-32	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	106			
			-32	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	0,85	1,05	231			
			-32	ЗС	Сх	4,500	3,000	10,4	3,30	0,30	1	1,05	173			
			-32	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	278			
			-32	ЗС	Пд	5,200	3,000	15,6	3,30	0,30	1	1,05	258			
			16	ВС	Пн	1,800	3,000	3,1	3,30	0,30	1	1,1	4			
			16	дв. вх.	Пн	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,1	17			
13	45,5	3,000	-23	ЗС	Зх	4,200	3,000	9,5	3,30	0,30	1	1,05	131	932	509,51	1441,19
			-23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			-23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			-23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Сх	2,500	3,000	5,2	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			-23	ЗС	Пд	7,500	3,000	22,5	3,30	0,30	1	1,05	308			
14	42,2	3,000	-23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1	83	548	472,55	1021,01
			-23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1	146			
			-23	ЗС	Зх	3,000	3,000	5,9	3,30	0,30	1	1	77			
			-23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1	175			
			16	ВС	Пн	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
			16	ВС	Сх	6,500	3,000	17,2	3,30	0,30	1	1	21			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1	15			

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3-й ПОВЕРХ																
15	50,7	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,320	3,000	6,9	3,30	0,30	1	1,05	94	668	567,73	1235,98
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			- 23	ЗС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	1	1,1	90			
			16	ВС	Сх	4,000	3,000	9,7	3,30	0,30	1	1,05	12			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			16	ВС	Пд	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
16	43,0	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,500	3,000	7,4	3,30	0,30	1	1,05	102	1151	481,51	1632,87
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	ЗС	Пн	14,000	3,000	42,0	3,30	0,30	1	1,1	602			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Пд	1,800	3,000	5,4	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Пд	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,053	16			
17	60,4	3,000	- 23	БС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,1	77	884	676,35	1560,34
			- 23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Зх	6,000	3,000	15,0	3,30	0,30	1	1,05	19			
			16	дв. вх.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	1	1,05	21			
18	60,4	3,000	16	ВС	Зх	9,400	3,000	28,2	3,30	0,30	1	1,05	36	985	676,35	1660,91
			16	дв. вх.	Зх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			

401-НТ 18193

Арк.

104

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			- 23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	БС	Пд	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,05	73			
19	40,4	3,000	- 23	ВС	Зх	2,500	3,000	7,5	3,30	0,30	1	1,05	103	1170	452,40	1622,21
			- 32	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	106			
			- 32	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	0,85	1,05	231			
			- 32	ЗС	Сх	4,500	3,000	10,4	3,30	0,30	1	1,05	173			
			- 32	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	278			
			- 32	ЗС	Пд	5,200	3,000	15,6	3,30	0,30	1	1,05	258			
			16	ВС	Пн	1,800	3,000	3,1	3,30	0,30	1	1,1	4			
			16	дв. вх.	Пн	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,1	17			
20	45,5	3,000	- 23	ЗС	Зх	4,200	3,000	9,5	3,30	0,30	1	1,05	131	932	509,51	1441,19
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Сх	2,500	3,000	5,2	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			- 23	ЗС	Пд	7,500	3,000	22,5	3,30	0,30	1	1,05	308			
21	42,2	3,000	- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1	83	548	472,55	1021,01
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1	146			
			- 23	ЗС	Зх	3,000	3,000	5,9	3,30	0,30	1	1	77			
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1	175			
			16	ВС	Пн	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
			16	ВС	Сх	6,500	3,000	17,2	3,30	0,30	1	1	21			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1	15			

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4-й ПОВЕРХ																
22	50,7	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,320	3,000	6,9	3,30	0,30	1	1,05	94	668	567,73	1235,98
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			- 23	ЗС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	1	1,1	90			
			16	БС	Сх	4,000	3,000	9,7	3,30	0,30	1	1,05	12			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			16	БС	Пд	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
23	43,0	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,500	3,000	7,4	3,30	0,30	1	1,05	102	1151	481,51	1632,87
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	ЗС	Пн	14,000	3,000	42,0	3,30	0,30	1	1,1	602			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	БС	Пд	1,800	3,000	5,4	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Пд	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,053	16			
24	60,4	3,000	- 23	БС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,1	77	884	676,35	1560,34
			- 23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	БС	Зх	6,000	3,000	15,0	3,30	0,30	1	1,05	19			
			16	дв. вх.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	1	1,05	21			
25	60,4	3,000	16	БС	Зх	9,400	3,000	28,2	3,30	0,30	1	1,05	36	985	676,35	1660,91
			16	дв. вх.	Зх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			- 23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	БС	Пд	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,05	73			
26	40,4	3,000	- 23	ВС	Зх	2,500	3,000	7,5	3,30	0,30	1	1,05	103	1170	452,40	1622,21
			- 32	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	106			
			- 32	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	0,85	1,05	231			
			- 32	ЗС	Сх	4,500	3,000	10,4	3,30	0,30	1	1,05	173			
			- 32	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	278			
			- 32	ЗС	Пд	5,200	3,000	15,6	3,30	0,30	1	1,05	258			
			16	ВС	Пн	1,800	3,000	3,1	3,30	0,30	1	1,1	4			
			16	дв. вх.	Пн	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,1	17			
27	45,5	3,000	- 23	ЗС	Зх	4,200	3,000	9,5	3,30	0,30	1	1,05	131	932	509,51	1441,19
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Сх	2,500	3,000	5,2	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			- 23	ЗС	Пд	7,500	3,000	22,5	3,30	0,30	1	1,05	308			
28	42,2	3,000	- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1	83	548	472,55	1021,01
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1	146			
			- 23	ЗС	Зх	3,000	3,000	5,9	3,30	0,30	1	1	77			
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1	175			
			16	ВС	Пн	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
			16	ВС	Сх	6,500	3,000	17,2	3,30	0,30	1	1	21			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1	15			

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5-й ПОВЕРХ																
29	50,7	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,320	3,000	3,8	3,30	0,30	1	1,05	53	1227	567,73	1794,52
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	БС	Зх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Зх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			- 23	ЗС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	1	1,1	90			
			16	ВС	Сх	4,000	3,000	9,7	3,30	0,30	1	1,05	12			
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			16	ВС	Пд	8,000	3,000	24,0	3,30	0,30	1	1,05	31			
			- 23	Перекриття	-			50,7	4,95	0,20	0,9	1,05	416			
30	43,0	3,000	- 23	ЗС	Зх	3,500	3,000	7,4	3,30	0,30	1	1,05	102	1504	481,51	1985,81
			- 23	вікно	Зх	1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
			- 23	ЗС	Пн	14,000	3,000	42,0	3,30	0,30	1	1,1	602			
			- 23	БС	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			- 23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	ВС	Пд	1,800	3,000	5,4	3,30	0,30	1	1,05	7			
			16	дв. вх.	Пд	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16			
			- 23	Перекриття	-			43,0	4,95	0,20	0,9	1,05	353			
			31	60,4	3,000	- 23	БС	Пн	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30			
- 23	ЗС	Сх				5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05	158			
- 23	вікно	Сх				1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
- 23	вікно	Сх				1,700	1,800	3,1	0,75	1,33	1	1,05	184			
- 23	БС	Сх				3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
- 23	дв. б.	Сх				1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
16	ВС	Зх				6,000	3,000	15,0	3,30	0,30	1	1,05	19			
16	дв. вх.	Зх				1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	1	1,05	21			
- 23	Перекриття	-						60,4	4,95	0,20	0,9	1,05	496			

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

401-НТ 18193

Арк.

108

продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
32	60,4	3,000	16	BC	3х	9,400	3,000	28,2	3,30	0,30	1	1,05	36	1480	676,35	2156,74	
			16	дв. вх.	3х	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16				
			-	23	BC	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05				87
			-	23	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05				153
			-	23	ЗС	Сх	5,900	3,000	11,6	3,30	0,30	1	1,05				158
			-	23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05				230
			-	23	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05				230
			-	23	BC	Пд	2,100	3,000	6,3	3,30	0,30	0,85	1,05				73
			-	23	Перекриття	-			60,4	4,95	0,20	0,9	1,05				496
33	40,4	3,000	-	23	BC	3х	2,500	3,000	7,5	3,30	0,30	1	1,05	103	1501	452,40	1953,85
			-	32	BC	Сх	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	106			
			-	32	дв. б.	Сх	1,300	2,300	3,0	0,60	1,67	0,85	1,05	231			
			-	32	ЗС	Сх	4,500	3,000	10,4	3,30	0,30	1	1,05	173			
			-	32	вікно	Сх	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	278			
			-	32	ЗС	Пд	5,200	3,000	15,6	3,30	0,30	1	1,05	258			
			16	BC	Пн	1,800	3,000	3,1	3,30	0,30	1	1,1	4				
			16	дв. вх.	Пн	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,1	17				
			-	23	Перекриття	-			40,4	4,95	0,20	0,9	1,05	332			
34	45,5	3,000	-	23	ЗС	3х	4,200	3,000	9,5	3,30	0,30	1	1,05	131	1305	509,51	1814,70
			-	23	вікно	3х	1,700	1,800	3,1	0,60	1,67	1	1,05	230			
			-	23	BC	3х	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1,05	87			
			-	23	дв. б.	3х	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1,05	153			
			16	BC	Сх	2,500	3,000	5,2	3,30	0,30	1	1,05	7				
			16	дв. вх.	Сх	1,000	2,300	2,3	0,60	1,67	1	1,05	16				
			-	23	ЗС	Пд	7,500	3,000	22,5	3,30	0,30	1	1,05	308			
			-	23	Перекриття	-			45,5	4,95	0,20	0,9	1,05	374			
35	42,2	3,000	-	23	BC	3х	3,500	3,000	7,5	3,30	0,30	0,85	1	83	845	472,55	1317,95
			-	23	дв. б.	3х	1,300	2,300	3,0	0,75	1,33	0,85	1	146			

401-НТ 18193

Арк.

109

*Міністерство освіти і науки України
Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики*



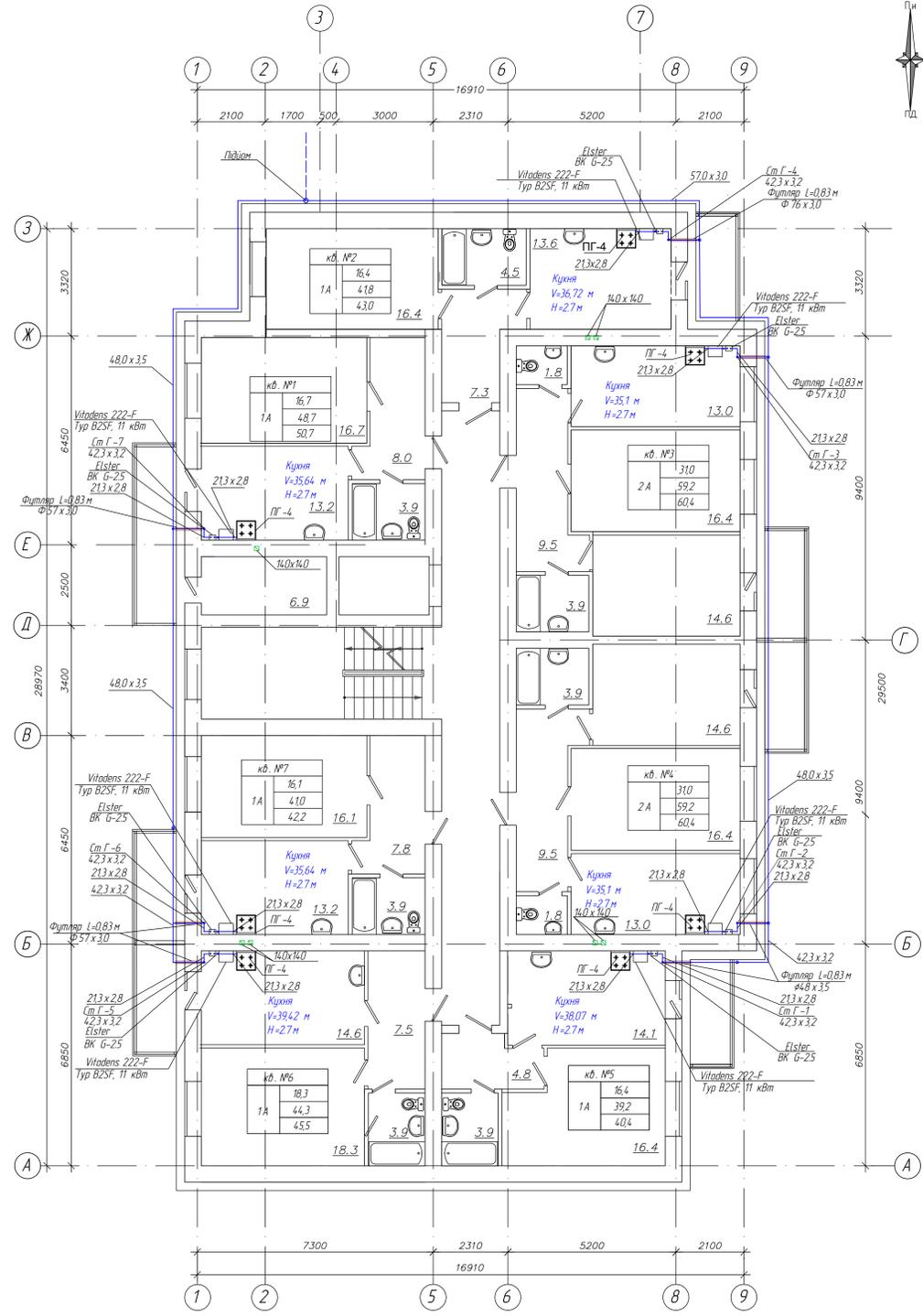
*Графічна частина
до бакалаврської кваліфікаційної роботи
на тему: "Енергозабезпечення житлового
будинку з використанням водню"*

*Виконав: студент 4 курсу, групи 401-НТ
спеціальності 144 Теплоенергетика
Литвиненко О.О.*

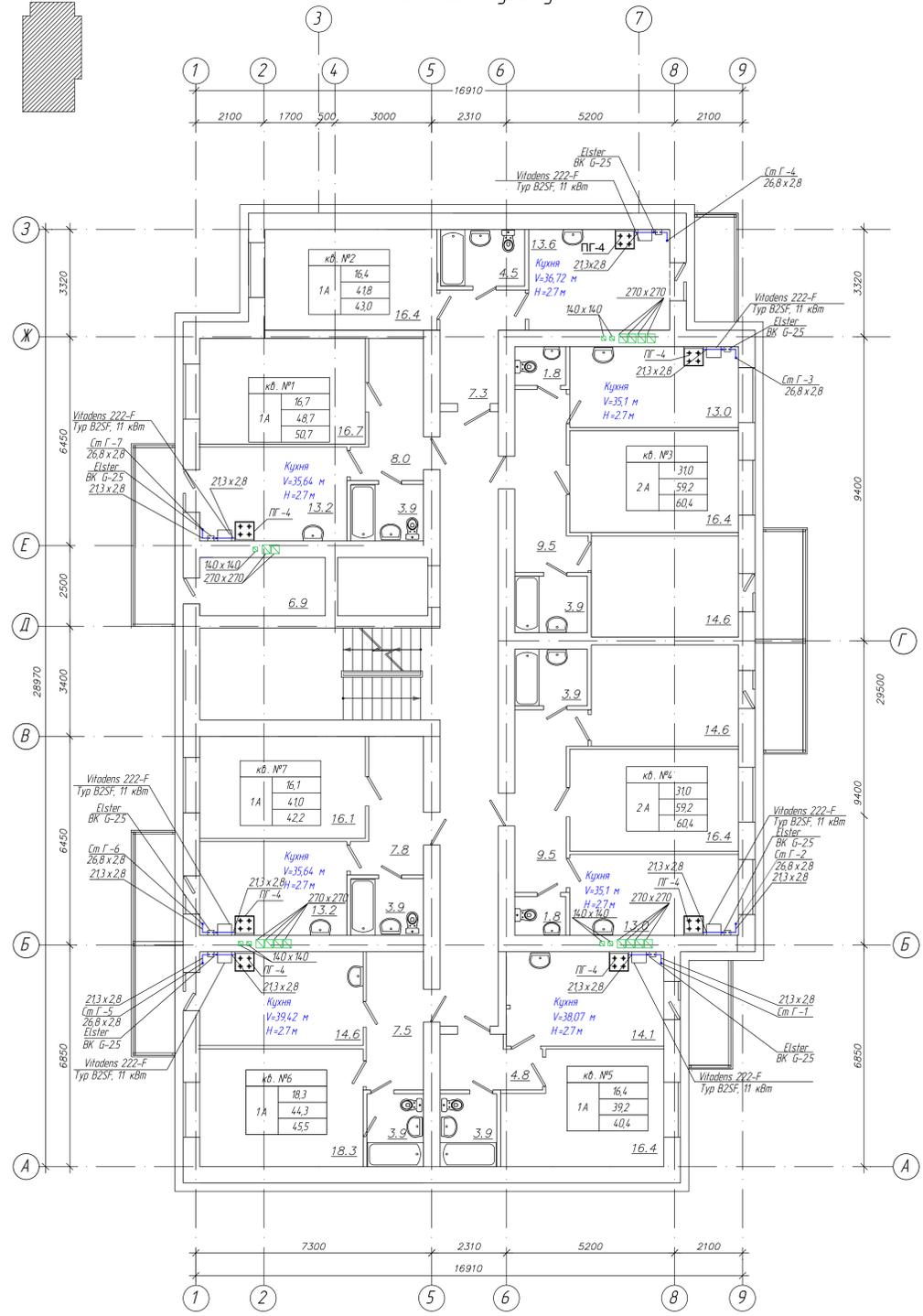
*Керівник: Колієнко А.Г.
Рецензент: Олєпир О.В.
Зав. кафедрою: Голік Ю.С.*

Полтава – 2022

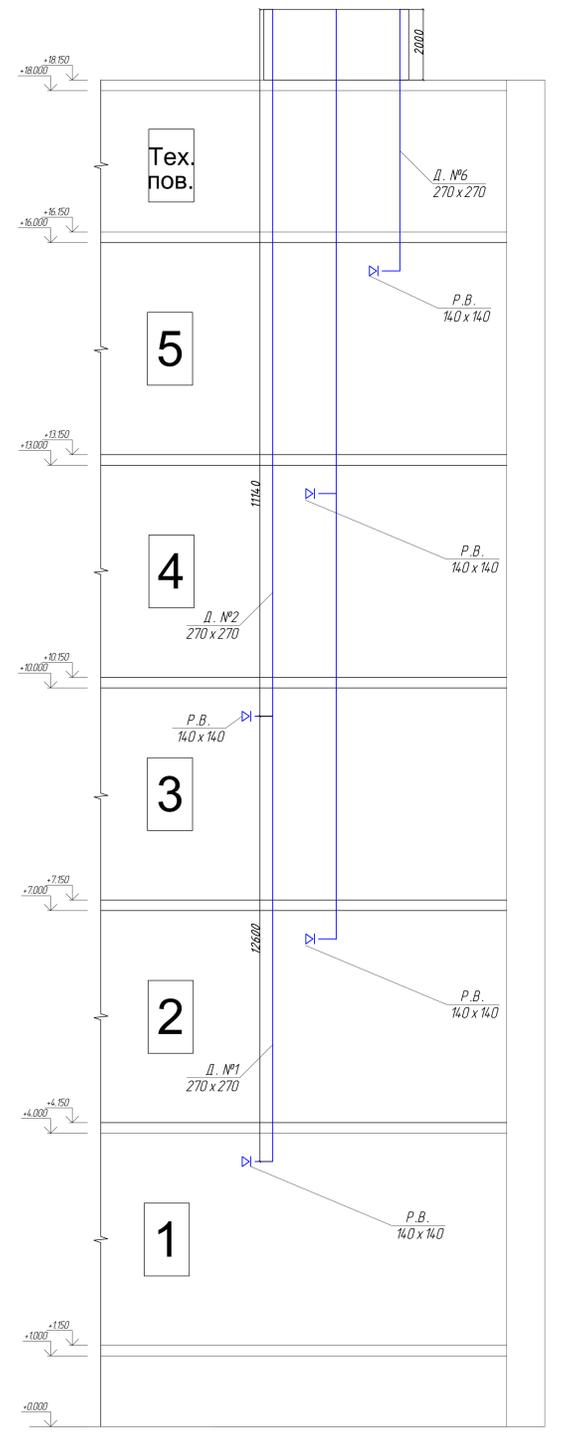
План на відм. 1.150.
Схема системи газопостачання
житлового будинку.



План на відм. +13.150.
Схема системи газопостачання
житлового будинку.



Система вентиляції на розрізі по осі Б



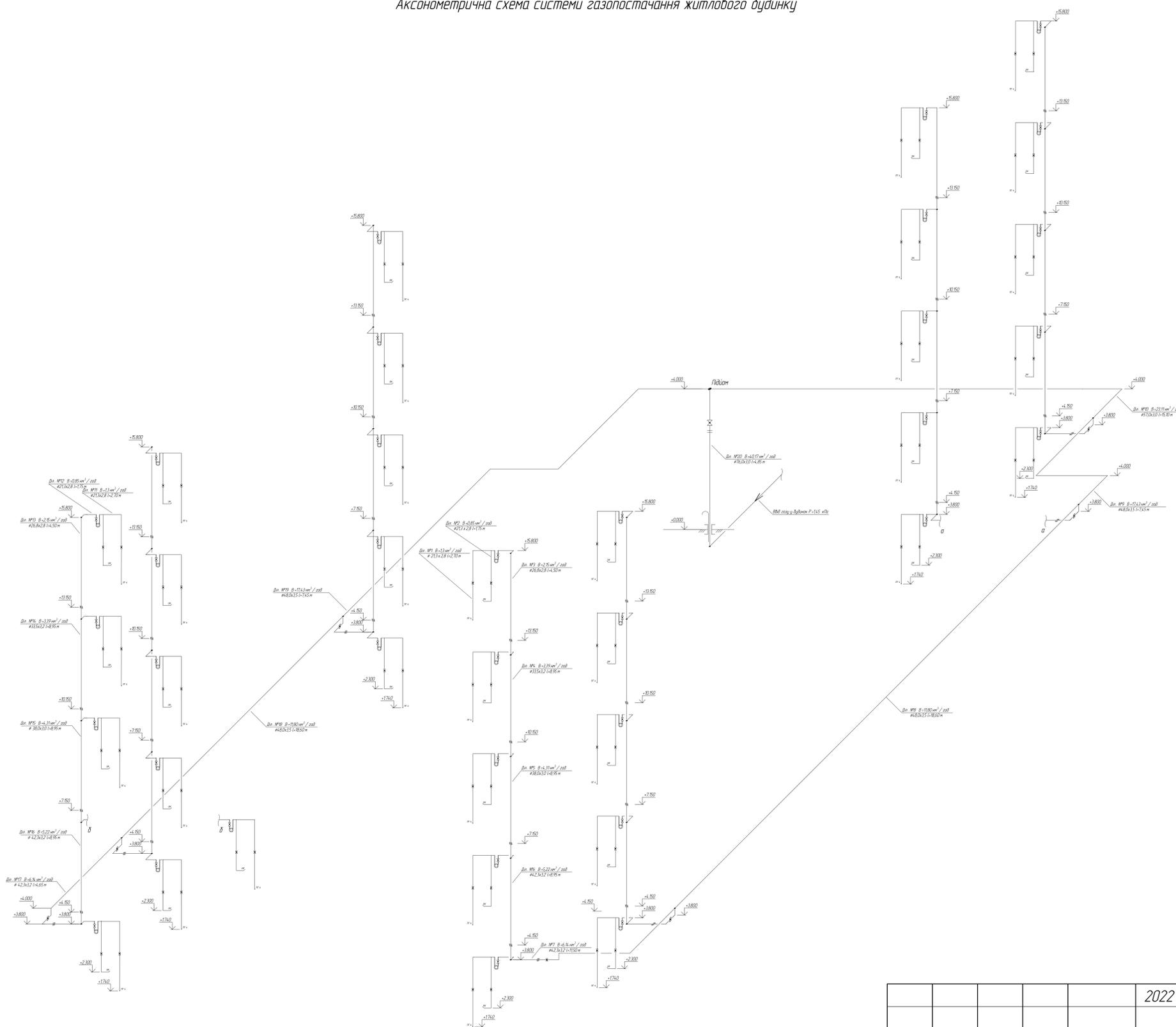
Положено:
Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № оп.
Формат А3

					2022	401-НТ-18193-ДП		
						Енергозабезпечення житлового будинку з використанням водню		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив			Литвиненко О.О.			Р	1	6
Керівник			Колієнко А.Г.					
Н.контроль			Колієнко А.Г.					
Зав.кафед.			Голік Ю.С.			План на відм. 1.150. План на відм. +13.150. Схема системи газопостачання житлового будинку. Принципова схема системи вентиляції		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТвмТ

Аксонетрична схема системи газопостачання житлового будинку

Специфікація елементів системи газопостачання

№ поз.	Найменування	Кількість	Довжина	Прим.
1	Труба газова $\Phi 76,0 \times 3,0$		4,85 м	
2	Труба газова $\Phi 57,0 \times 3,0$		15,10 м	
3	Труба газова $\Phi 42,3 \times 3,2$		7,45 м	
4	Труба газова $\Phi 48,0 \times 3,5$		18,60 м	
5	Труба газова $\Phi 42,3 \times 3,2$		20,45 м	
6	Труба газова $\Phi 38,0 \times 3,0$		8,95 м	
7	Труба газова $\Phi 33,5 \times 3,2$		8,95 м	
8	Труба газова $\Phi 26,8 \times 3,2$		4,50 м	
9	Труба газова $\Phi 21,3 \times 2,8$		2,70 м	
10	Футляр L=0,83 м, $\Phi 48 \times 3,5$	2 шт.		
11	Футляр L=0,83 м, $\Phi 57 \times 3,0$	4 шт.		
12	Футляр L=0,83 м, $\Phi 76 \times 3,5$	1 шт.		
13	Футляр L=0,15 м, $\Phi 33,5 \times 3,2$	7 шт.		
14	Футляр L=0,15 м, $\Phi 38 \times 3,0$	7 шт.		
15	Футляр L=0,15 м, $\Phi 48 \times 3,5$	14 шт.		
16	Футляр L=1 м, $\Phi 83 \times 3,0$	1 шт.		
17	Газопровід-ревізія	1 шт.		
18	Кран пробковий $\Phi 76,0$	1 шт.		
19	Трійник $\Phi 76/57/57$	1 шт.		Зварний, індивід. виробн.
20	Трійник $\Phi 57/42,3/48,0$	1 шт.		Зварний, індивід. виробн.
21	Поворот на $90^\circ \Phi 48,0$	2 шт.		
22	Трійник $\Phi 48/42,3/42,3$	1 шт.		
23	Поворот на $90^\circ \Phi 42,3$	1 шт.		
24	Кран $\Phi 42,3$	7 шт.		
25	Трійник $\Phi 42,3/21,3/42,3$	7 шт.		Зварний, індивід. виробн.
26	Трійник $\Phi 38/21,3/33,5$	7 шт.		Зварний, індивід. виробн.
27	Трійник $\Phi 33,5/21,3/26,8$	7 шт.		Зварний, індивід. виробн.
28	Лічильник газовий Elster BK G-2,5	35 шт.		
29	Кран $\Phi 26,8$	35 шт.		
30	Vitodens 222-F Тур B2SF, 11 кВт	35 шт.		
31	Кран $\Phi 21,3$	35 шт.		
32	Поворот на $90^\circ \Phi 21,3$	35 шт.		
33	Кутник $\Phi 21,3$	70 шт.		
34	Трійник $\Phi 26,8/21,3/21,3$	70 шт.		Зварний, індивід. виробн.
35	ПГ-4	35 шт.		

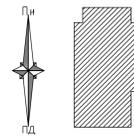
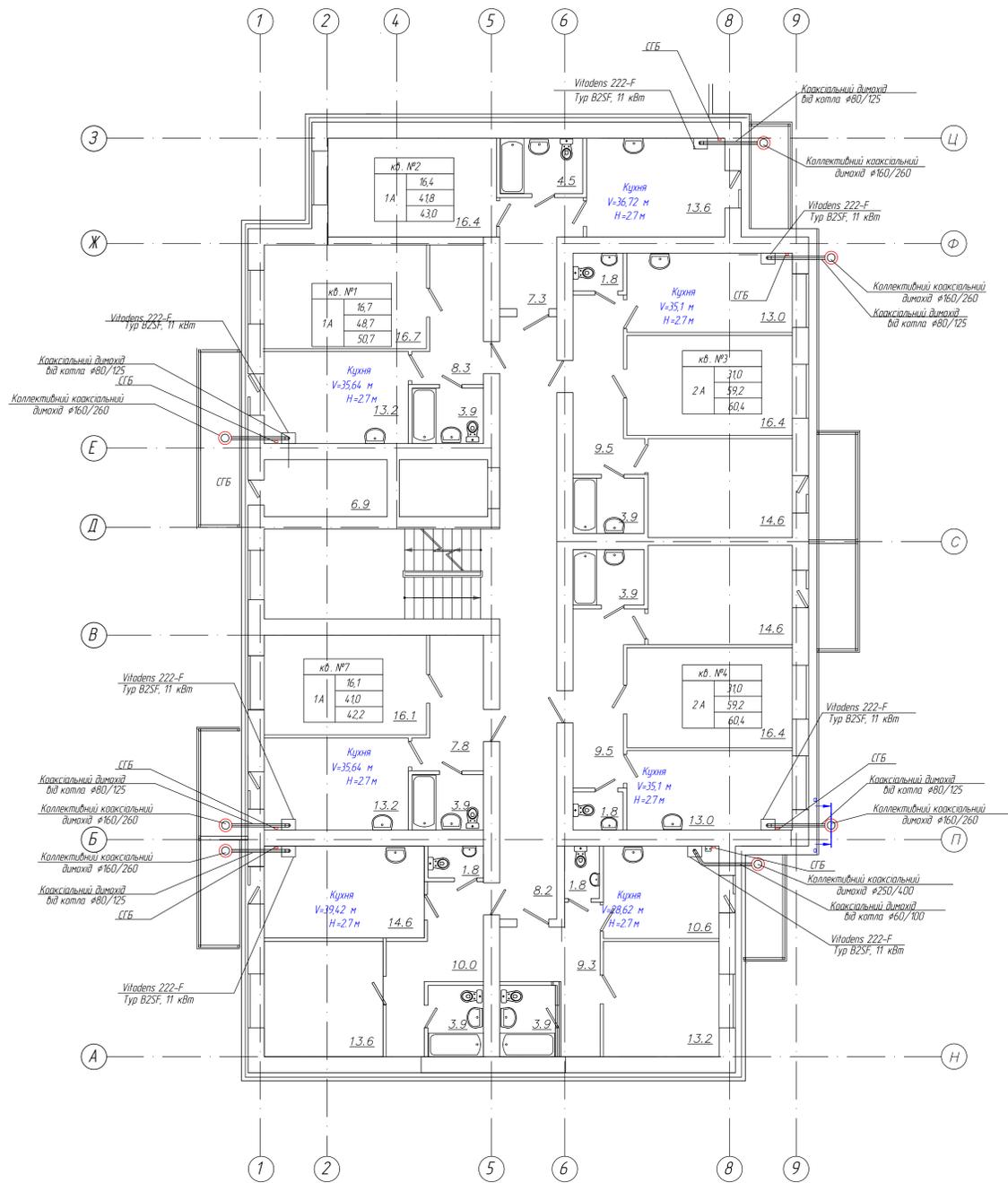


					2022	401-НТ-18193-ДП		
						Енергозабезпечення житлового будинку з використанням водню		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив			Литвиненко О.О.			Р	2	6
Керівник			Колієнко А.Г.			Аксонетрична схема системи газопостачання житлового будинку. Специфікація елементів системи газопостачання		
Н.контроль			Колієнко А.Г.					
Зав.кафед.			Голік Ю.С.					
						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТВтаТ		

Погоджено: _____
 Зам. інж. № _____
 Підпис і дата _____
 Інв. № ор. _____

Копія А2
 Формат А2

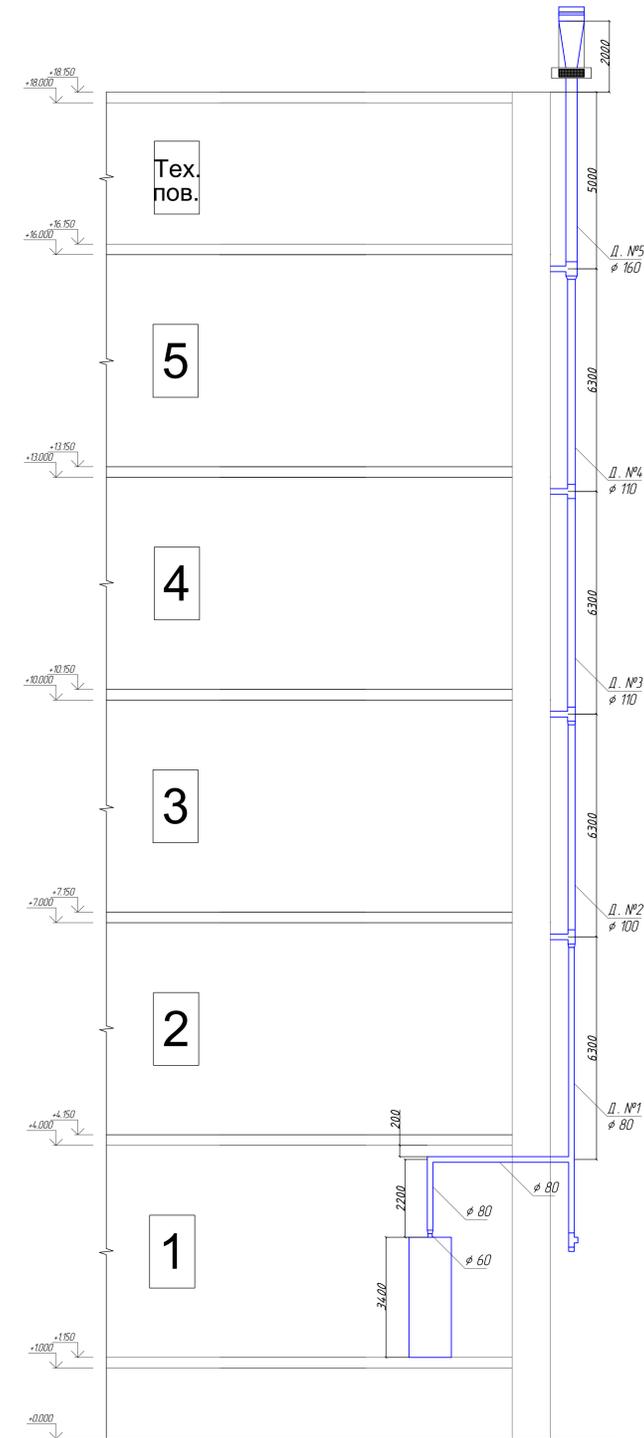
План на відм. 1.150. Схема коаксіальних димоходів житлового будинку.



Специфікація елементів коаксіальної системи по одному газохідному стояку

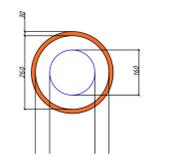
№ поз.	Найменування	Кількість	Маса 1шт	Прим.
1	Дифузор ф60/80 мм	5 шт.	0,30	
2	Відвід 90° ф80/100 мм	5 шт.	1,24	
3	Труба 1000 мм, ф80/125 мм	10 шт.	2,83	
4	Трійник підключення котла ф 80 мм	1 шт.	1,10	
5	Труба 1000 мм, ф80/125 мм	4 шт.	2,83	
6	Труба 500 мм, ф80/125 мм	1 шт.	1,57	
7	Трійник з перепускним отвором, ф80/125 мм	1 шт.	1,57	
8	Трійник-реввізія з конденсатвідвідом	1 шт.	1,56	
9	Дифузор ф80/100 мм	1 шт.	0,35	
10	Труба 1000 мм, ф100/150 мм	3 шт.	3,39	
11	Труба 250 мм, ф100/150 мм	1 шт.	0,79	
12	Трійник підключення котла ф 100 мм	1 шт.	1,23	
13	Дифузор ф100/110 мм	1 шт.	0,40	
14	Труба 1000 мм, ф110/160 мм	3 шт.	3,63	
15	Труба 250 мм, ф110/160 мм	1 шт.	1,13	
16	Трійник підключення котла ф 110 мм	1 шт.	1,45	
17	Дифузор ф110/160 мм	1 шт.	0,56	
18	Труба 1000 мм, ф160/260 мм	3 шт.	5,49	
19	Труба 250 мм, ф160/260 мм	1 шт.	1,60	
20	Трійник підключення котла ф 160 мм	1 шт.	1,85	
21	Хомут обжимний	47 шт.	0,3	
22	Стіновий кронштейн	8 шт.	2,65	
23	Закінчення	1 шт.	5,67	
24	Криза	1 шт.	2,68	
25	Оголовок	1 шт.	6,24	
26	Окалник	1 шт.	6,52	

Принципова схема коаксіального димоходу

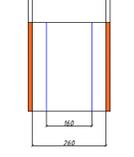


Примітка. Коаксіальні димоходи утеплити.
Товщина утеплювача на основі базальтового волокна – 30 мм

Поперечний переріз коаксіального димоходу на відм. +18.150 М 150



Розріз а-а на відм. +18.150 М 150



Сигналізатори СГБ-1-76 призначені для контролю загазованості в комунально-побутових і побутових приміщеннях, топкових і котельнях малої потужності. Сигналізатор СГБ-1-76 забезпечує видачу світлової та звукової сигналізації при досягненні порогового значення концентрації а так же комутацію зовнішніх електричних ланцюгів змінного і постійного струму і управління імпульсним відсічним клапаном.

Основні технічні характеристики:
Контрольовані компоненти – Метан, Окис вуглецю (чадний газ), з роздільною світловою сигналізацією по кожному контрольованому компоненту.
Номинальне значення сигнальної концентрації:
Метан – 1% (20% НКПР)
Окис вуглецю – 0,005%



						2022	401-НТ-18193-ДП			
						Енергозабезпечення житлового будинку з використанням водню				
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					
Розробив	Литвиненко О.О.					Стадія	Аркуш	Аркушів		
Керівник	Колієнко А.Г.					Р	3	6		
Н.контроль	Колієнко А.Г.					План на відм. 1.150. Схема коаксіальних димоходів житлового будинку. Специфікація елементів коаксіальної системи. Принципова схема.			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТвтаТ	
Зав.кафед.	Голік Ю.С.					Копія			Формат А2	

Погоджено:

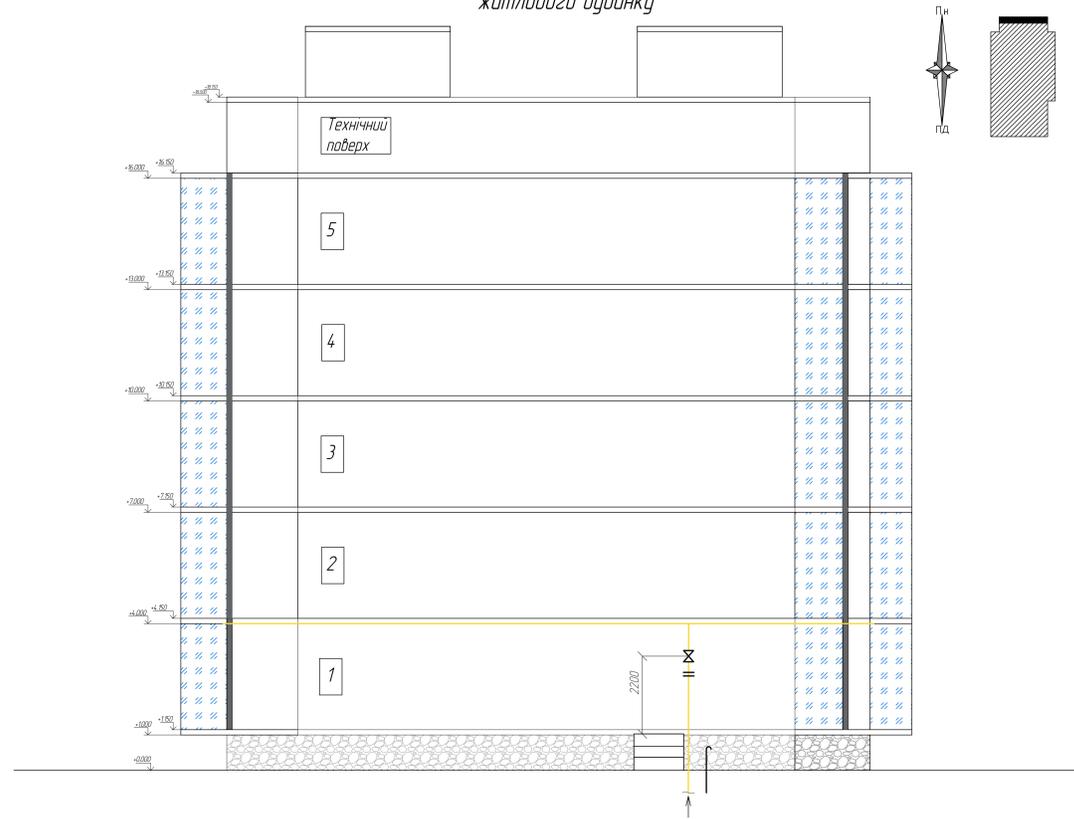
Зам. інв. №

Підпис і дата

Формат А 2

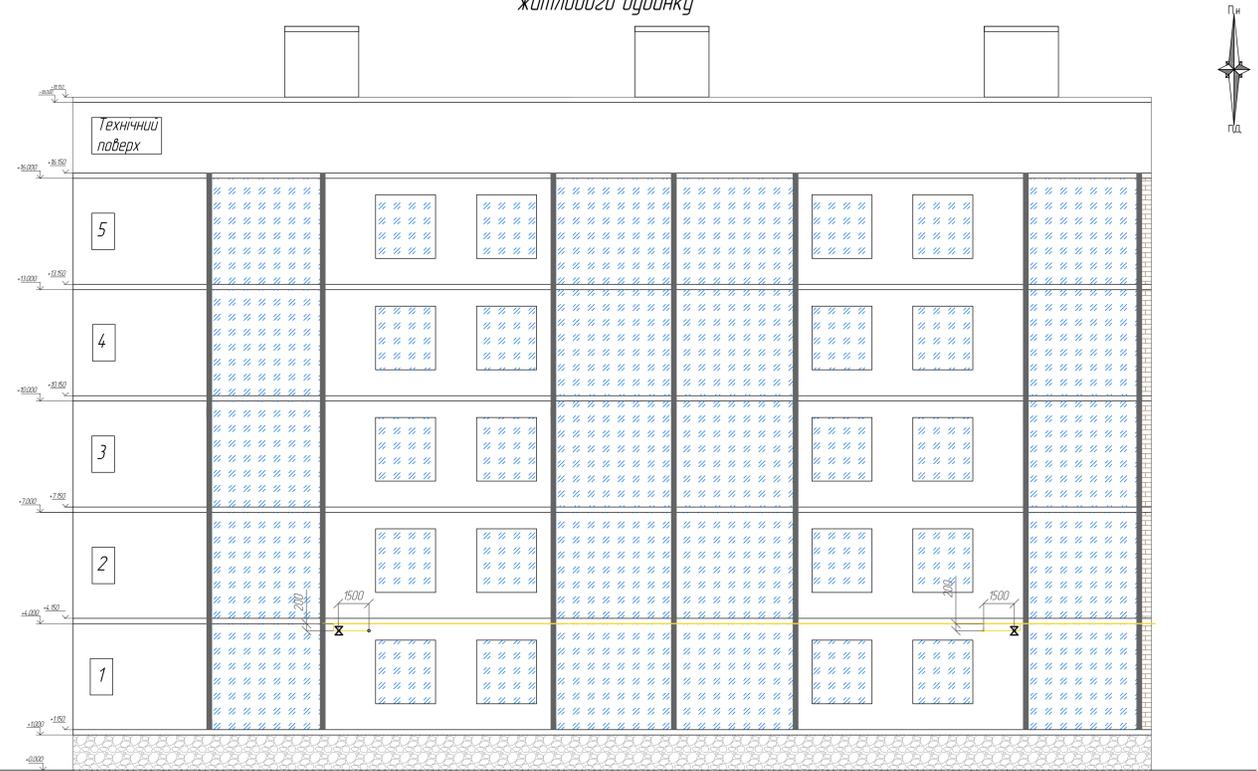
Копія

Система газопостачання на північному фасаді житлового будинку

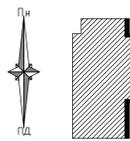
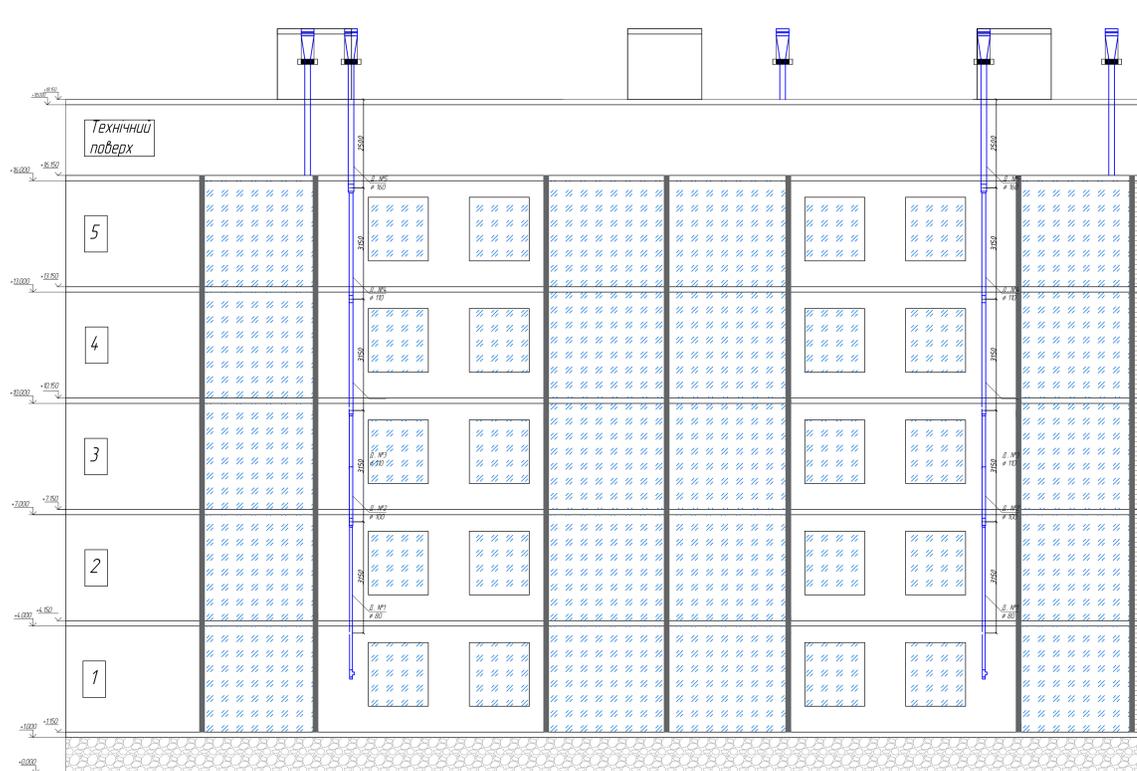


Примітка: Для обслуговування засувки, вимірних пристроїв, вимірвальних двохрам, хвильових і сальникових компенсаторів і іншої арматури та обладнання, що розташовані на висоті 2,2 м і вище, повинні бути встановлені стаціонарні майданчики та сходи до них. Зазначена висота обчислюється від рівня землі, настіль, перекриттів тощо до верхнього положення деталі, що обслуговується. Настільи для майданчиків і сходів повинні виконуватися з рифленої сталі. Застосування настільів з просечної сталі не дозволяється.

Система газопостачання на західному фасаді житлового будинку

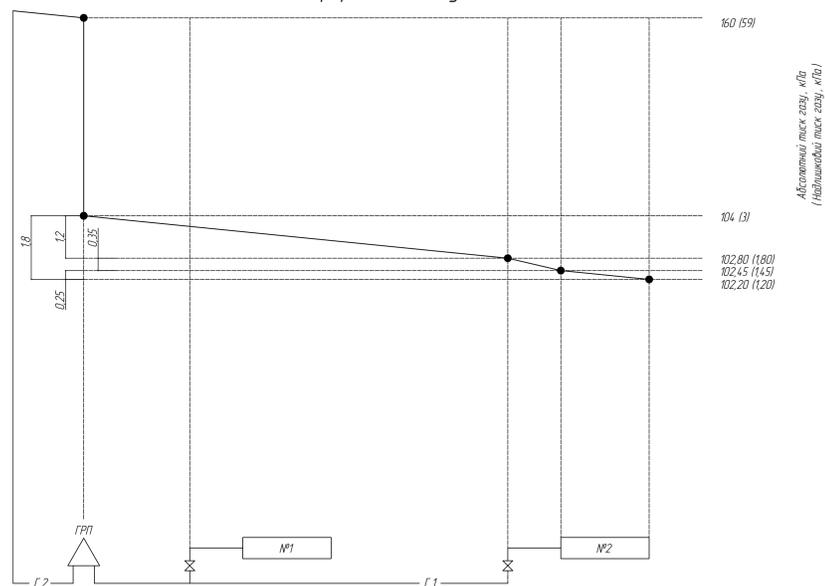


Система коаксіальних димоходів на західному фасаді житлового будинку

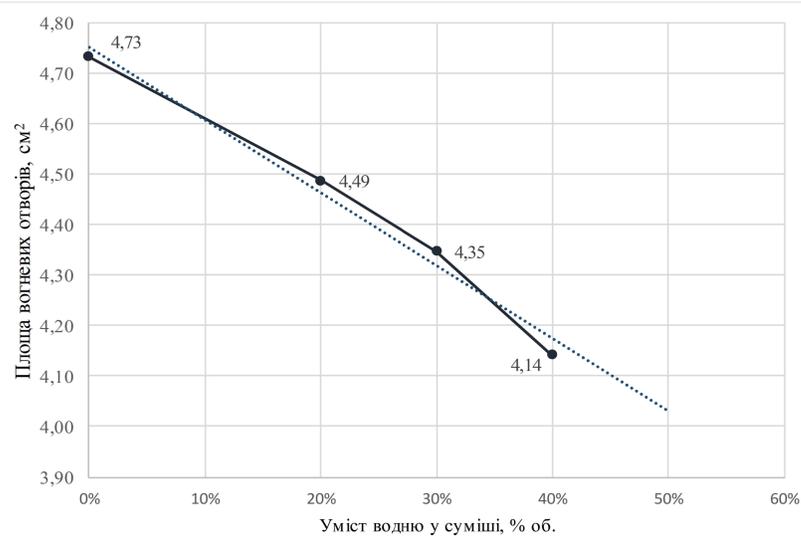


					2022	401-НТ-18193-ДП								
						Енергозабезпечення житлового будинку з використанням водню								
						Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
						Розробив		Литвиненко О.О.				Р	4	6
						Керівник		Колієнко А.Г.				Система газопостачання та система коаксіальних димоходів на фасадах житлового будинку		
						Н.контроль		Колієнко А.Г.						
						Зав.кафед.		Голік Ю.С.						

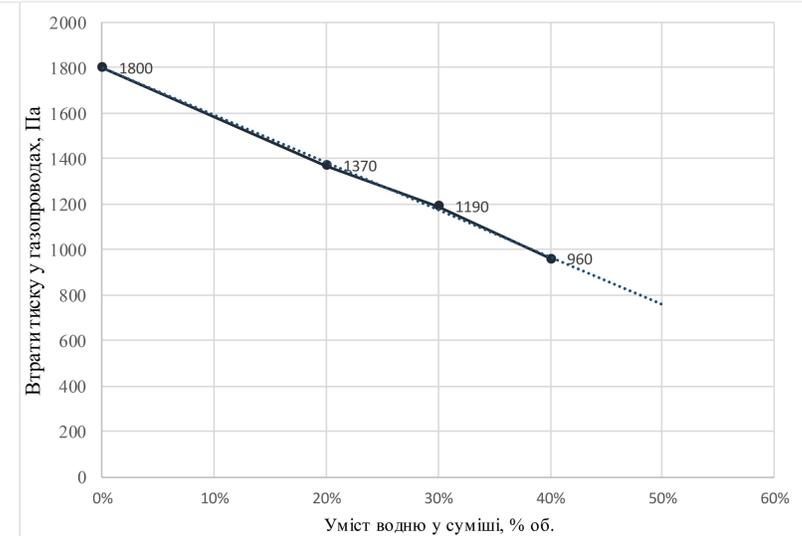
Епюра тисків системи газопостачання для природного газу



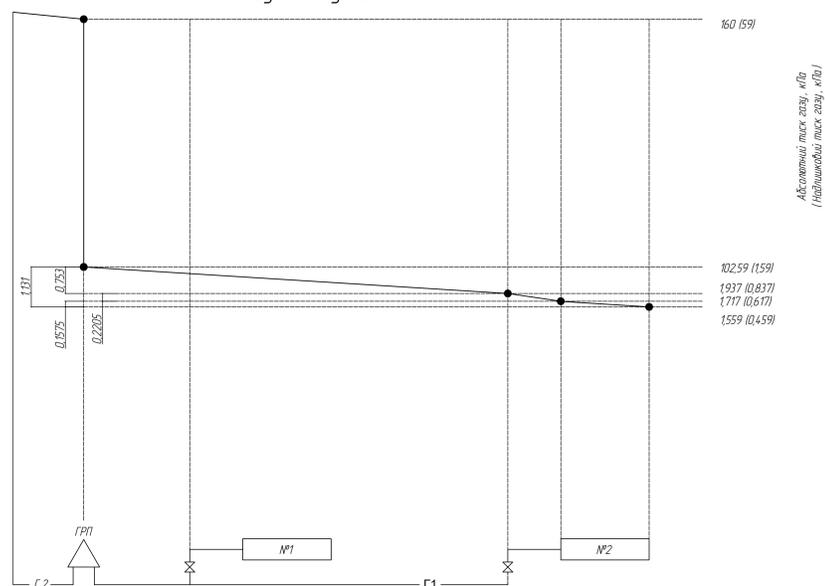
Графік залежності площі вогневих отворів від умісту водню у суміші



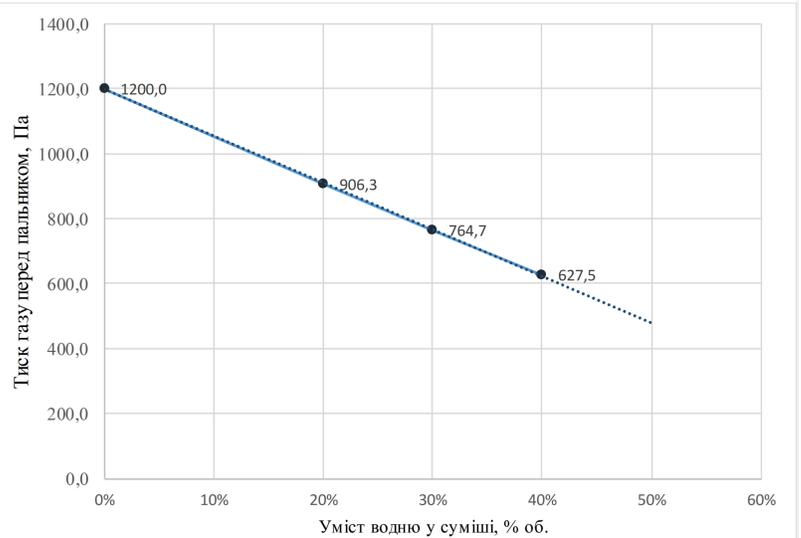
Графік залежності втрат тиску у газопроводах від умісту водню у суміші



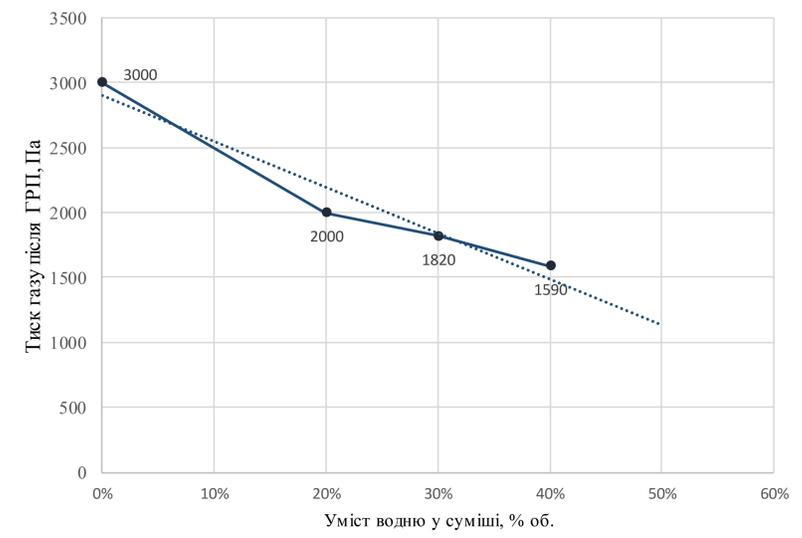
Епюра тисків системи газопостачання для суміші з умістом водню 40%



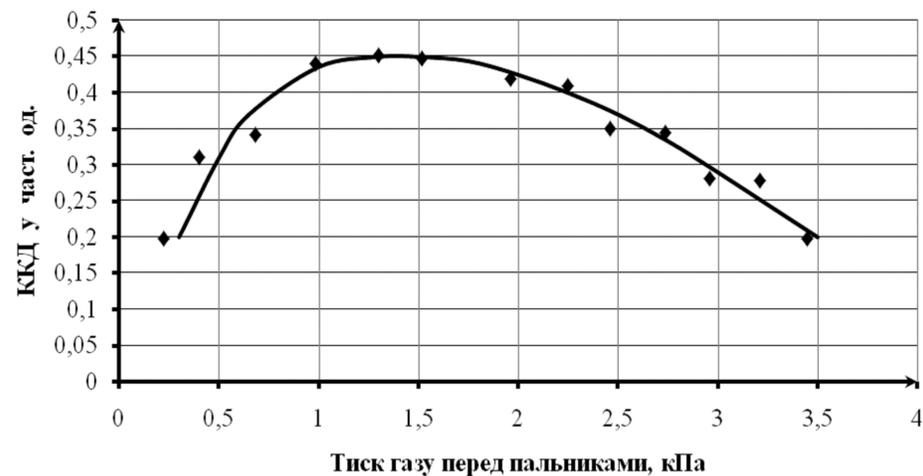
Графік залежності тиску газу перед пальником від умісту водню у суміші



Графік залежності тиску газу після ГРП від умісту водню у суміші

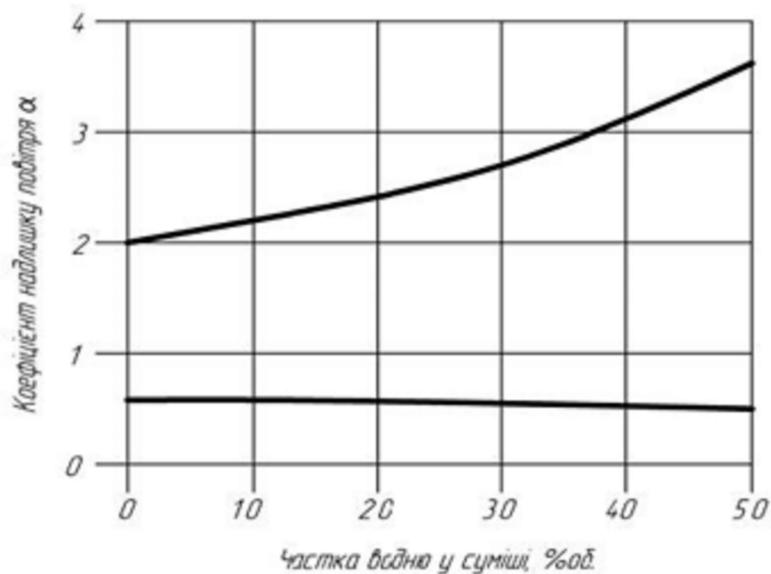


Графік залежності коефіцієнту корисної дії газової плити від тиску газу перед пальниками

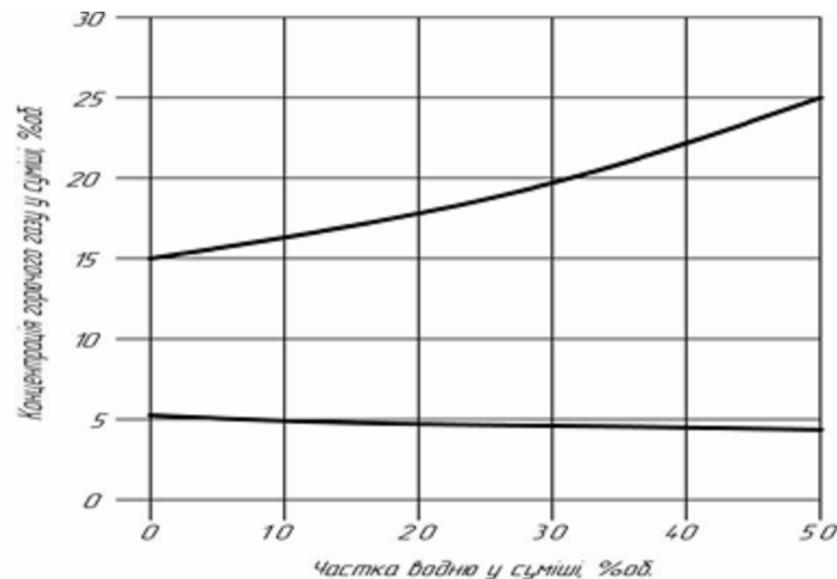


					2022	401-НТ-18193-ДП			
							Енергозабезпечення житлового будинку з використанням водню		
							Стадія	Аркуш	Аркушів
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Р	5	6	
Розробив	Литвиненко О.О.					Епюра тисків системи газопостачання. Графіки залежностей від вмісту водню у горючому газі площі вогневих отворів, втрат тиску у газопроводах, тиску газу перед пальником, тиску газу після ГРП			
Керівник	Колієнко А.Г.								
Н.контроль	Колієнко А.Г.								
Зав.кафед.	Голік Ю.С.					Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТГВтаТ			

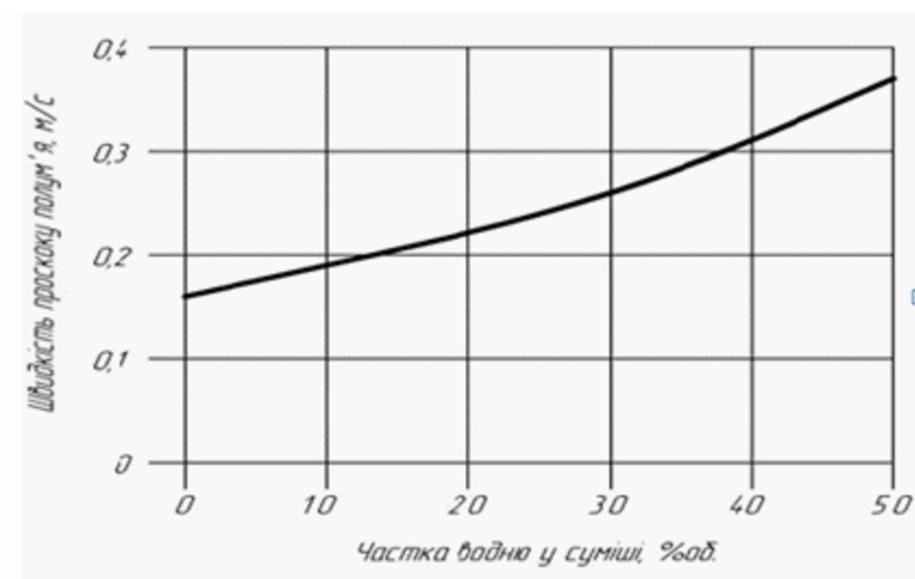
Графік залежності коефіцієнту надлишку повітря від умісту водню у суміші



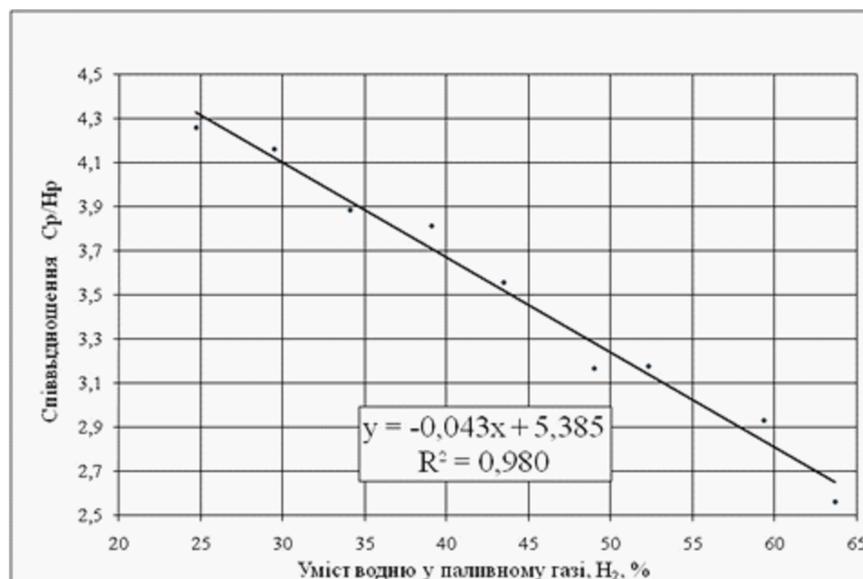
Графік залежності концентрації горючого газу у суміші від умісту водню у суміші



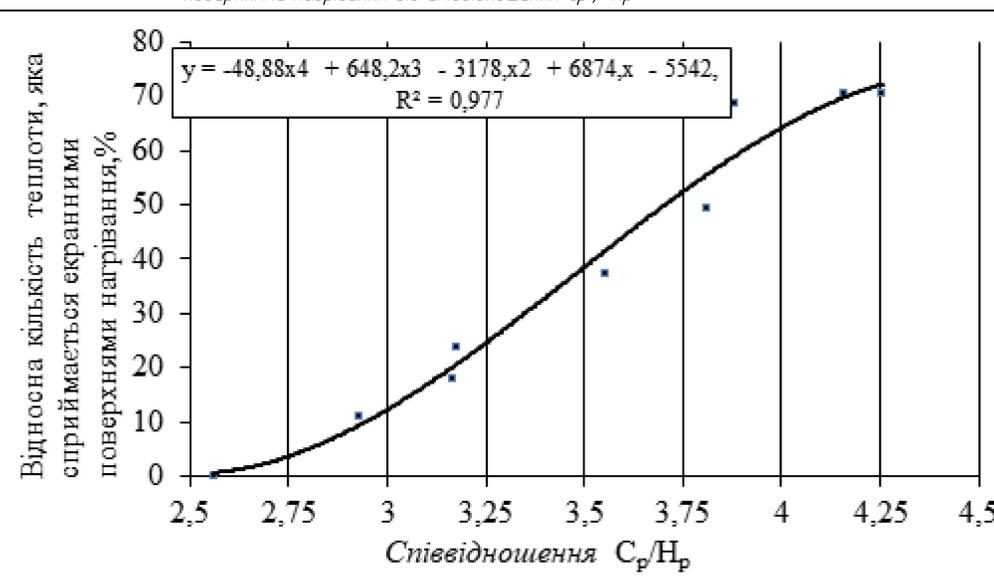
Графік залежності швидкості пророску полум'я від умісту водню у суміші



Графік залежності співвідношення C_p / H_p від умісту водню у суміші



Графік залежності відносної кількості теплоти, яка сприймається екранними поверхнями нагрівання від співвідношення C_p / H_p



Погоджено:

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ар.

					2022	401-НТ-18193-ДП				
						Енергозабезпечення житлового будинку з використанням водню				
						Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис
Розробив						Литвиненко О.О.		P	6	6
Керівник						Колієнко А.Г.				
Н.контроль						Колієнко А.Г.				
Зав.кафед.						Голік Ю.С.		Графіки залежностей від вмісту водню у горючому газі коефіцієнта надлишку повітря, концентрації горючого газу у суміші, швидкості пророску полум'я, відносної кількості теплоти, що сприймається екранними поверхнями нагрівання, C_p / H_p		
						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТГВтаТ				