

Зміст

Вступ

1. Реконструкція системи газопостачання

- 1.1. Вихідні дані
- 1.2. Джерело газопостачання
- 1.3. Існуюче становище
- 1.4. Основні проектні рішення
- 1.5. Гідравлічний розрахунок газопроводів
- 1.6. Газопроводи і споруди на них
- 1.7. Норми випробовувань
- 1.8. Вимикаючі пристрої
- 1.9. Комбіновані будинкові регулятори тиску газу
- 1.10. Заходи із захисту довкілля
- 1.11. Заходи із зниження кошторисної вартості будівництва

2. Газопостачання водогрійної котельні

- 2.1. Основні проектні рішення із газопостачання
- 2.2. Газобладнання котельні

3. Автоматизація технологічних процесів

- 3.1. Основні проектні рішення з автоматизації котельні

4. Охорона праці

- 4.1. Аналіз проекту по небезпечним та шкідливим факторам під час виконання будівельно-монтажних робіт
- 4.2. Заходи профілактики виявлених шкідливих та небезпечних факторів
- 4.3. Розрахунок блискавковідводу

5. Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж

- 5.1. Характеристика умов виконання будівельно-монтажних робіт
- 5.2. Терміни будівництва
- 5.3. Методи виконання робіт
- 5.4. Потреба у будівельних машинах і транспортних засобах
- 5.5. Складське господарство
- 5.6. Забезпечення будівництва енергетичними ресурсами і водою
- 5.7. Потреба у кадрах

| | | | | | Атестаційна випускна робота | | | |
|----------|------|-------------|--------|-------|--|-----------------------|------|--------|
| Зм. | Лист | № док-м | Підпис | Дат. | | | | |
| Виконав | | Сивак В.В. | | 12.23 | Реконструкція системи енергопостачання коледжного містечка «Хмельовик» у Київській області | Стадія | Аркш | Аркшів |
| Керівник | | Предун К.М. | | 12.23 | | ІАВР | | |
| Зав.каф. | | Предун К.М. | | 12.23 | | КНУБА ФІСЕ зр.зТВм-22 | | |

- 5.8. Будженплан і тимчасові споруди
- 5.9. Інструментальний контроль за якістю споруд
- 5.10. Техніко-економічні показники
- 6. Використання альтернативних палив**
- 6.1. Аналіз існуючого становища
- 6.2. Методика розрахунку викидів продуктів спалювання ТГУ в атмосферне повітря
- 6.3. Фізико-хімічні властивості палив
- 6.4. Податкові зобов'язання за викиди в атмосферне повітря
- 6.5. Розрахунки викидів продуктів спалювання в атмосферне повітря
- 6.6. Аналіз результатів розрахунків

Список використаних джерел

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|-------------|
| | | | | | <i>ABP</i> | <i>Лист</i> |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | |

задоволення комунально-побутових потреб населення, для інших потреб економіки держави.

Україна посідає одне із чільних місць у світі після США, Росії та Німеччини за рівнем споживання природного газу: після початку бойових дій у 2022 р. наразі щорічне споживання зменшилось до приблизно 21 млрд.м³, а ще у 2021 р. становило біля 30 млрд.м³. Власний видобуток – не менше 19-20 млрд.м³ щороку (сьогодні експлуатується біля 200 родовищ природного газу). Таким чином, Україна у поточному зимовому сезоні держава не планує закуповувати у закордонних постачальників блакитне паливо. Водночас держава у повному обсязі виконує свої зобов'язання з транзиту природного газу до європейських країн.

Таблиця

Обсяги використання природного газу в Україні.

| Показник | Обсяг використання газу, млрд.м ³ | | | | | | | |
|-------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1990 | 1993 | 1995 | 2000 | 2010 | 2018 | 2021 | 2022 |
| Всього | 116,4 | 96,1 | 84,5 | 73,4 | 57,6 | 32,3 | 30,7 | 19,5 |
| Власний видобуток | 28,1 | 19,2 | 18,2 | 18,1 | 19,1 | 21,0 | 20,1 | 18,5 |
| Імпорт | 88,3 | 77,6 | 66,3 | 55,3 | 36,6 | 10,6 | 10,8 | 1,0 |

Примітка. Невідповідність величин споживання з сумарним імпортом і власним видобутком пов'язана з закачуванням природного газу до підземних сховищ для регулювання сезонної нерівномірності газоспоживання.

Розподіл використання газу за секторами економіки в Україні, наприклад, у 2000 р. мав такий вигляд: населення і комунально-побутовий сектор – 36,5; електроенергетика – 16,1; металургія – 12,8; хімічна промисловість – 11,3; власні потреби газової промисловості – 11,3; інші потреби – 12,0 %. Наразі картина суттєво змінилась. Основний споживач – населення, його частка перевищує 60 %, а також підприємства теплокомуненерго.

В державі газифіковано 16,1 млн. квартир, у т.ч. 10,5 млн. – в містах і селищах міського типу, 5,6 млн. – у сільській місцевості. Обсяг газифікації квартир становить 87 %, з них природним газом – 47 %, скрапленим – 40 %, в т.ч. у сільській місцевості – майже 80 %.

Загалом сьогодні до складу систем газопостачання України входить 36,7 тис.км магістральних (газотранспортних), у т.ч. 14 тис.км діаметром 1020-1420 мм і 152 тис.км газорозподільних мереж, 72 компресорних станції загальною потужністю 5600 МВт. 13 підземних сховищ забезпечують максимально можливий відбір 240 млн.м³ природного газу на добу. Вони призначені для згладжування як пікових, так і сезонних нерівномірностей у споживанні газу і сприяють високій надійності функціонування всієї газотранспортної системи, гарантують безперебійність як у постачанні газу внутрішнім споживачам, так і

Лист

АВР

транзиту російського газу до Європи. Принципова схема газотранспортної системи України зображена на рис.

Газова промисловість України бере свій початок із введення в експлуатацію Дашавського газового родовища і будівництва першого газопроводу Дашава-Стрий у 1924 р. Інтенсивний розвиток галузі пов'язаний з відкриттям у післявоєнний період значних запасів газу в районах Дніпровсько-Донецької западини, на Прикарпатті. Максимального рівня видобутку природного газу – 68,7 млрд.м³ на рік – було досягнуто у 1975 р. Сьогодні ці родовища практично вичерпано і вони використовуються як підземні сховища. Перспективним районом щодо газовидобування є шельф Чорного та Азовського морів.

З метою зменшення залежності від імпорту блакитного палива наша держава повинна послідовно впроваджувати енергозберігаючі технології і паралельно збільшувати власне видобування енергоносіїв. Наприклад, програма перспективного розвитку групи компаній «Нафтогаз України» передбачає можливість видобування близько 20 млрд.м³ власного газу у 2005 р. і біля 25 млрд.м³ - у 2010 р. Водночас подальше нарощування власного видобутку навряд чи можливе, в першу чергу із-за відсутності нових значних родовищ (балансові запаси газу в Україні становлять за різними оцінками від 1080 до 1800 млрд.м³). Крім того, при потужному і відносно стабільному потоці газу з Росії (у перспективних планах обсяг транспорту газу у Європу повинен досягти у 2020 р. 200 млрд.м³) збільшувати власний видобуток навряд чи доцільно: сьогодні основна частина українського газу видобувається з родовищ, які розвідані та розроблені ще декілька десятків літ тому, і внаслідок цього для підтримки видобутку на сталому рівні необхідні лише незначні витрати.

Таким чином, питання раціонального використання природного газу набувають в Україні домінуючого значення.

Український уряд у травні поточного року схвалив енергетичну стратегію до 2050 року. Попит на газ найближчими роками зростатиме і в Україні, і у світі, йдеться у стратегії. Газ має стати перехідним паливом, щоб досягнути декарбонізації (коли Україна стане вуглецево нейтральною, у документі не говориться). Це перша українська стратегія із чотирьох, яка передбачає зростання споживання газу.

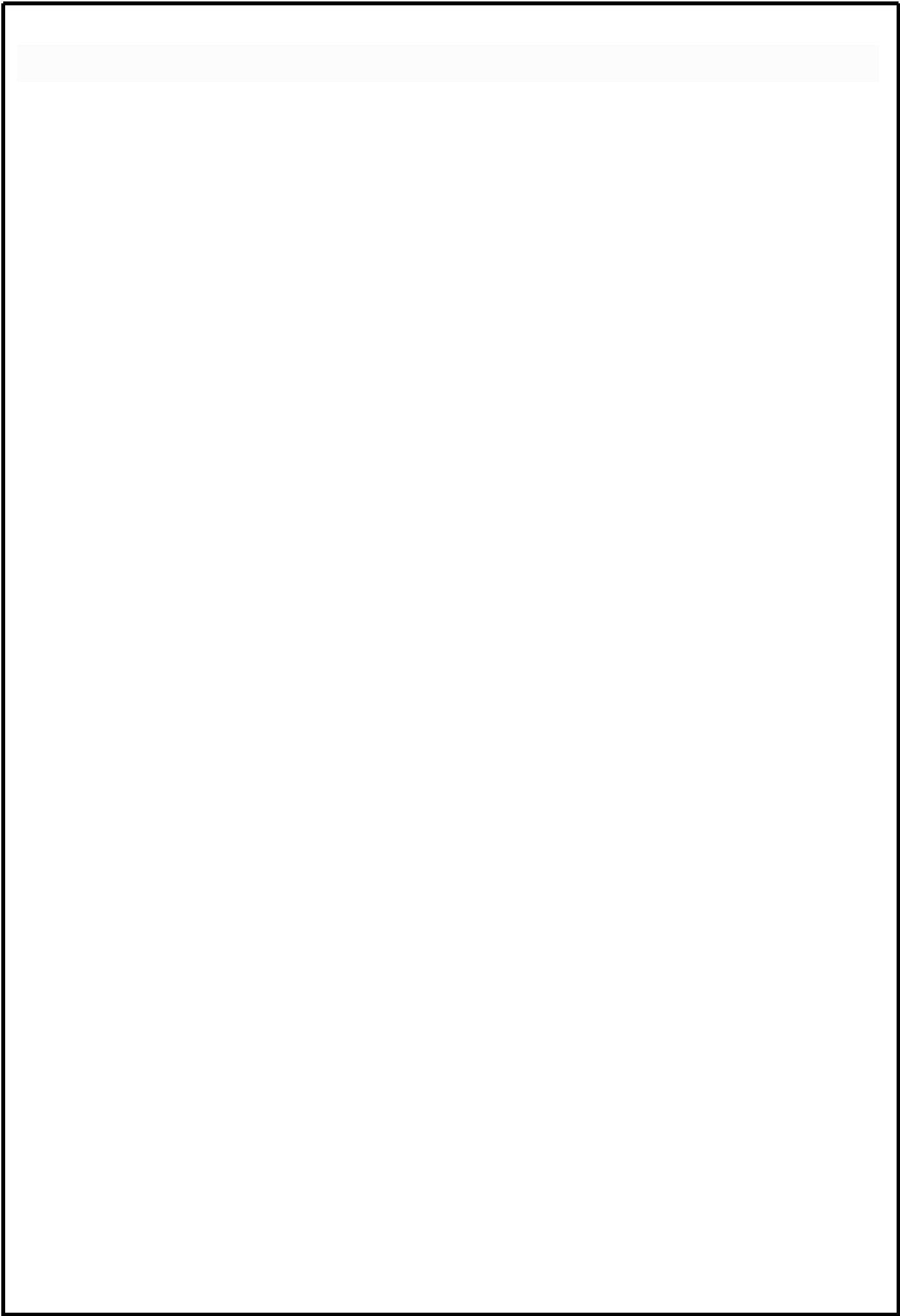
За стратегією, за 10 наступних років споживання зросте на 18 % – до 23 млрд. м³ газу. Пік попиту буде близько 2035 р., а потім піде на спад – до 10,4 млрд. кубів у 2050-му.

Як Україна задовольнить попит на газ? Заявлена стратегією мета – покрити власним видобутком газу попит вже у 2025 році. Попередня стратегія

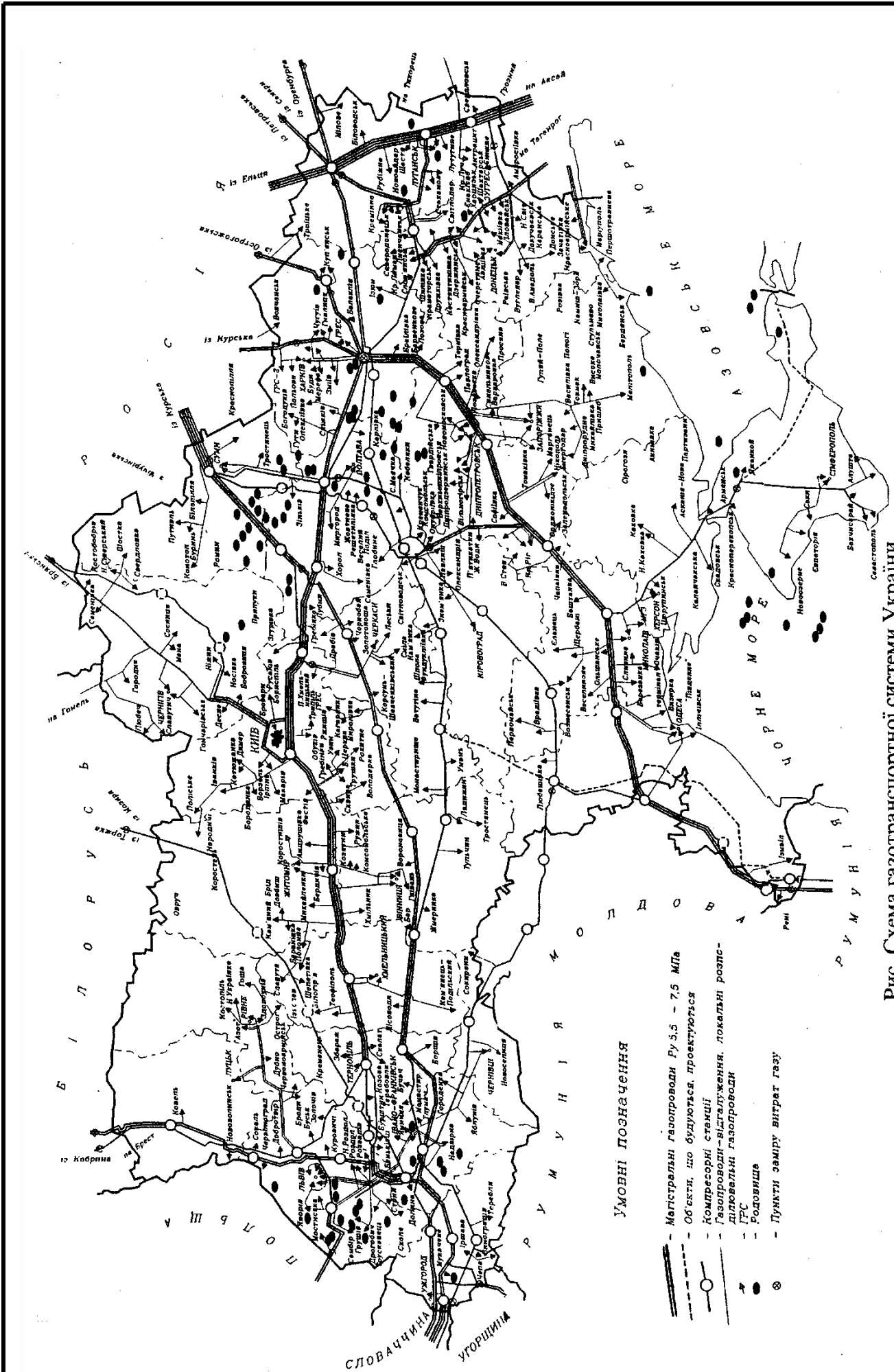
(уряд Володимира Гройсмана представив своє бачення розвитку галузі на 18 років у 2017-му) ставила таку саму ціль.

За базовим сценарієм стратегії, Україна наростить видобуток газу до 20 млрд. м³ (на 8 %) у 2024-му і 2025 роках, а наступними роками – на 7,5 %, до 21 млрд. м³. Оптимістичний сценарій допускає видобуток понад 26 млрд. м³ у 2050-му.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|-------------|
| | | | | | <i>ABP</i> | <i>Лист</i> |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | |



| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|-------------|
| | | | | | <i>ABP</i> | <i>Лист</i> |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | |



- УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ**
- Магістральні газопроводи Ру 5,5 - 7,5 МПа
 - - - - - Об'єкти, що будуться, проєктуються
 - Компресорні станиці
 - Газопроводи-відгалуження, локальні розподільні газопроводи
 - ГРС
 - ⊙ Родовища
 - ⊙ Пункти заміру витрат газу

Рис. Схема газотранспортної системи України

1.1. Вихідні дані

Атестаційна випускна робота виконана основі вихідних даних:

- завдання на проектування;
- технічних умов ВАТ „Київоблгаз”;
- архітектурно-планувальне завдання;
- положень і вимог нормативних документів.

Газопостачання котеджного містечка «Хмельовик» у Київській області передбачається природним газом з нижчою теплотворною здатністю $Q_p^H = 34$ МДж/м³ і густиною $\rho = 0,73$ кг/м³. Газ одорований.

Будівельно-монтажні роботи належить виконувати спеціалізованою організацією згідно з вимогами чинних "Правил безпеки систем газопостачання", ДБН В.2.5-20-2018, Кодексів газотранспортної та газорозподільних систем, відомчих інструкцій тощо.

1.2. Джерело газопостачання

Джерелом газопостачання с. Софіївська Борщагівка є існуючий газопровід високого тиску $P \leq 0,6$ МПа Ду325, що прокладений від ГРС „Боярка” до Великої кільцевої дороги.

Точка підключення передбачається до існуючого газопроводу високого тиску $P \leq 0,6$ МПа Ду325 за умови перерахування гідравлічної схеми міжселищних газопроводів високого тиску згідно ТУ ВАТ „Київоблгаз

1.3. Існуюче становище

На даний час до с. Софіївська Борщагівка запроектований підвідний газопровід високого тиску ГЗ Ду 325. Для зниження тиску газу з $P \leq 6,0$ МПа до $P \leq 0,3$ МПа і підтримання на заданому рівні, було запроектовано ГРП в с. Софіївська Борщагівка

Для газифікації котеджного містечка в с. Софіївська Борщагівка передбачена одноступенева схема газопостачання з урахуванням існуючих та перспективних навантажень.

Редукування газу до низького тиску здійснюється через будинкові регулятори типу КБРТ-10, максимальною пропускною здатністю 10 м³/год.

1.4. Основні проектні рішення:

Проектними рішеннями в АВР передбачаються:

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | | | | | АВР |

які проходять через підземну частину зовнішніх стін, повинні бути ретельно ущільнені.

В кришках колодязів і камер суміжних підземних комунікацій які розміщені по обидві сторони траси газопроводу на відстані 50м передбачається свердління отворів для взяття проби на загазованість – $\varnothing 15$ мм.

В громадських спорудах газифікованих населених пунктів, незалежно від відстані споруд до газопроводів, необхідно передбачити контроль до вибуховонебезпечних концентрацій газу (20 % НКМВ) шляхом встановлення сигналізаторів в підвалах, технічних підпіллях, цокольних і перших поверхах, а також в приміщеннях, де допускається застосування газу з виводом на колективну сигналізацію, пульт чергового.

Траси підземного газопроводу по вулиці позначається вказівними знаками.
Довжина газопроводів по діаметрам зведена до табл.1.2.

Таблиця 1.2

Відомість труб

| № п/п | Розмір труб Дз x S, мм | Довжина, км | Вага, т | Примітка |
|------------------------------|-----------------------------|----------------|------------|---|
| Газопроводи середнього тиску | | | | |
| 1 | PE80 \varnothing 315x17,6 | 20 | 0,336 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-17,6 |
| 2 | PE80 160x9,1 | 215 | 0,933 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-17,6 |
| 3 | PE80 \varnothing 125x7,1 | 330 | 0,878 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-17,6 |
| 4 | PE80 \varnothing 110x6,3 | 160 | 0,331 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-17,6 |
| 5 | PE80 \varnothing 90x5,2 | 665 | 0,931 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-17,6 |
| 6 | PE80 \varnothing 63x3,6 | 1,051 | 0,725 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-17,6 |
| 7 | PE80 \varnothing 40x3,7 | 12,225 | 5,257 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-11 |
| 8 | PE80 \varnothing 32x3,0 | 0,332 | 0,093 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-11 (дворові вводи) |
| 9 | PE80 \varnothing 20x3,0 | 5,779 | 0,925 | ДСТУ Б.В.2.7-73.98 SDR-11 (дворові вводи) |

Перехід газопроводу-вводу із поліетиленової труби на сталеву виконується на вертикальній ділянці з розміщенням поліетиленового газопроводу та вузла з'єднання з металевим газопроводом в металевому футлярі з отвором для відбору проб повітря згідно ДБН В.2.5-20:2018

Фасонні частини на металевих газопроводах передбачаються, як правило, круто зігнуті, штамповані, гнуті, заводського виготовлення. Повороти металевих газопроводів у горизонтальній і вертикальній площинах при кутах повороту до 6° досягаються натуральним вигином труб.

З'єднання металевих труб передбачається дуговою електричною зваркою встик. Типи конструктивних елементів і розміри зварених з'єднань повинні відповідати ГОСТ 16037-80 та мати 100% контроль.

- на відм.+3,0 м - для КБРТ на окремо стоячій опорі;
- на 1 м вище карнизу або парапету будинку – для КБРТ встановленому на стіні будинку.

В даному проекті розроблені креслення розміщення КБРТ на окремо стоячій опорі і на стіні будинку. Місця розташування КБРТ у садибах приведені на планах трас.

Технічна характеристика КБРТ тип РДГС-10 приведена в табл.1.3.

Таблиця 1.3

| № п/п | Найменування показників | Один вим. | Значення |
|-------|---|---------------------------|-------------------------|
| 1 | Регулююче середовище | | природний газ |
| 2 | Надлишковий тиск газу на вході КБРТ | МПа кг/см ² | (0,05-0,3) 0,5 - 3,0 |
| 3 | Номінальний надлишковий тиск газу на виході КБРТ | мм.в.ст (дПа) | 220(220) |
| 4 | Зона нерівномірності (пропорційності) регулювання тиску газу на виході КБРТ | % | 10 |
| 5 | Пропускна спроможність КБРТ, не менше | м ³ /год. | 10,0 |
| 6 | Пропускна спроможність запобіжного скидного клапану, не менше | м ³ /год. | 7,5 |
| 7 | Спрацювання відключаючого пристрою при витраті | м ³ /год. | 12±2 |
| 8 | Габаритні розміри металевої шафи | мм | 340x345x390 |
| 9 | Маса | кг | 1,9 |

Газопровід – ввід до садиби і КБРТ повинні бути власністю замовника.

1.10. Заходи із захисту довкілля

Даним проектом передбачається широке використання природного газу в житлово-комунальному господарстві.

Переведення на газ споживачів значно поліпшує санітарно-гігієнічні умови життя, а також дозволить покращити санітарно-гігієнічні умови котеджного містечка і очистити повітря від забруднення викидами в атмосферу.

В процесі експлуатації газопроводів технологічні викиди забруднюючих речовин в атмосферу відсутні, через це розрахунок викидів і розсіювання в атмосферному повітрі не проводиться.

Газопроводи не є джерелом виробничого шуму, через це заходи по зниженню шуму не потрібні.

Для зниження негативного впливу на ґрунтовий покрив після закінчення будівництва, на трасах газопроводів передбачається засипка траншей з

обладнанням валика, який забезпечує утворення рівної поверхні після ущільнення ґрунту.

Заходи, передбачені проектом, дозволяють зберегти екологічну рівновагу в районі будівництва об'єктів газопостачання споживачів, знижують до мінімуму вплив негативних факторів на ґрунт, рослинність, повітряний басейн, водні ресурси та інші компоненти природного середовища при будівництві і експлуатації газового господарства.

1.11. Заходи із зниження кошторисної вартості будівництва

При виконанні робочого проекту досягнуто зниження кошторисної вартості будівництва за рахунок наступних заходів:

- гідравлічний розрахунок газопроводів середнього тиску виконаний на ПЕОМ з використанням пакету прикладних програм "Гідра", що дозволяє вибрати оптимальні діаметри газопроводів і знижує матеріалоемкість мереж при дотриманні нормованих значень тисків газу у кінцевих споживачів, а також транспортуванні розрахункових витрат блакитного палива;

- застосування одноступеневої схеми газопостачання середнього тиску газу зменшує діаметри газопроводів (правда, при невеликих розрахункових витратах – незначно, приблизно на один калібр), а також знижує матеріалоемкість мережі у порівнянні з традиційною двоступеневою системою;

- використання поліетиленових труб у порівнянні зі сталевими знижує матеріалоемкість системи, і практично нівелює затрати на ізоляцію газопроводів (захист від електрохімічної корозії труб), збільшує довговічність системи газопостачання.

2.1. Основні проектні рішення з газопостачання

Даним проектом передбачено:

- будівництво підвідного газопроводу середнього тиску $P \leq 0,6$ МПа від місця врізки до газорегуляторного пункту шафового типу ШРБ-02.75.11.03 з регулятором тиску газу R-70 з комерційним вузлом обліку витрати газу з лічильником GMS G25-40-1.0-У2-НЧ:

ПЕ80 $\varnothing 40 \times 3,7 - 296,0$ мм – ДСТУ Б В.2.7-73:98 SDR-11;

- будівництво газорегуляторного пункту шафового типу ШРБ-02.75.11.03 з регулятором тиску газу R-70 з комерційним вузлом обліку витрати газу з лічильником GMS G25-40-1.0-У2-НЧ;

- будівництво газопроводу низького тиску $P \leq 0,003$ МПа:

$\varnothing 76 \times 3,0 - 21,0$ мм – ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10705-80 В ст3сп;

- газообладнання котельні школи.

Джерело газопостачання

Джерелом газопостачання котельні школи котеджного містечка «Хмельовик» в с. Софіївська Борщагівка є існуючий газопровід середнього тиску $P \leq 0,3$ МПа Ду 200, що прокладений до ГРП в с. Софіївська Борщагівка.

Точка підключення передбачається в існуючий газопровід середнього тиску $P \leq 0,3$ МПа Ду 200, що прокладений до ГРП в с. Софіївська Борщагівка згідно ТУ ВАТ «Київоблгаз».

Схема газопостачання

Від точки врізки газопровід середнього тиску прокладається підземно до газорегуляторного пункту шафового типу ШРБ-02.75.11.03 з регулятором тиску газу R-70 з комерційним вузлом обліку витрати газу з лічильником GMS G25-40-1.0-У2-НЧ, які встановлюються на фасаді котельні. Потім газопровід низького тиску прокладається надземно по фасадам котельні до приміщення котельні.

Гідравлічний розрахунок газопроводів

Діаметри газопроводів визначені гідравлічним розрахунком з умов нормального та економічного газопостачання всіх споживачів у години їх максимального газопостачання при максимально припустимих перепадах тиску.

Діаметр газопроводу високого тиску при можливому фактичному тиску $P = 0,2$ МПа визначений по формулі:

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

ABP

V_H – витрата газу при нормальних умовах;

$P_H = 0,101325$ МПа – абсолютний тиск газу при нормальних умовах;

$T_H = 20 + 273,15 = 293,15$ К – температура газу при нормальних умовах, К;

$T = 273,15 + t$ – абсолютна температура вимірювання газу, К;

$T_{min} = 273,15 + (-22) = 251,15$ К;

$T_{max} = 273,15 + 35 = 308,15$ К;

Z – коефіцієнт стислості газу при P_H та T_H ;

$P_{max} = 0,112$ МПа, $P_{min} = 0,094$ МПа – абсолютний тиск газу при робочих умовах.

Максимальна витрата газу при $P = 0,094$ МПа

$$V_{P_{max}} = \frac{40,16 \times 0,101325 \times 251,15 \times 0,9984}{0,094 \times 293,15} = 37,03 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Мінімальна витрата газу при $P = 0,112$ МПа

$$V_{P_{min}} = \frac{5,02 \times 0,101325 \times 308,15 \times 0,9907}{0,112 \times 293,15} = 4,73 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вибираємо лічильник GMS G25-40-1.0-Y2-НЧ з виходом під коректор КПЛГ 2-01Р. Лічильник працює в діапазоні: $0,4 \div 40,0 \text{ м}^3/\text{год.}$, що задовольняє умови проектування.

Газопроводи і споруди на них

Для будівництва підземних газопроводів прийняті труби поліетиленові ДСТУ Б В. 2.7-73:98 SDR11, для надземних газопроводів прийняті труби сталеві електрозварні ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10705-80 В ст3сп.

Таблиця 2.1

| № п/п | ДзхS, мм | ГОСТ |
|----------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Газопроводи високого тиску | | |
| 1 | ПЕ80 Ø40x3,7 | ДСТУ Б.В.2.7-73:98 SDR-11 |
| Газопроводи низького тиску | | |
| 2 | Ø76x3,0 | ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10705-80 В ст3сп |

При розробці даного проекту використані норми ДБН.В.2.5-20:2018 з урахуванням всіх змін, рекомендації Кодексів газотранспортної та газорозподільних систем тощо.

Зварювальні роботи виконуються із застосуванням обладнання, що пройшло атестацію згідно з вимогами ДНАОП 1.1.23-4.07.

Для будівництва поліетиленових газопроводів необхідно використовувати з'єднувальні деталі – переходи, відводи, трійники – гнуті, литі під тиском,

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|-----|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | ABP | | | | | |

пресовані. Кожна партія труб і з'єднувальних деталей повинна мати паспорт (сертифікат) заводу-виробника. З'єднання поліетиленових труб між собою і з металевими трубами передбачене нероз'ємним. З'єднання газопроводів вводів із поліетиленових труб як на горизонтальних так і на вертикальних ділянках газопроводу слід виконувати терморезисторним з'єднанням.

Радіуси повороту поліетиленових газопроводів, виконаних у холодному стані без застосування відводів, повинні бути не менше 25 зовнішніх діаметрів, для труб діаметром не більше 90 мм.

Глибина залягання поліетиленового газопроводу прийнята не менше 1,0 м до верху труби.

Траса підземного газопроводу позначається вказівними знаками.

Перехід газопроводу – вводу із поліетиленової труби на сталеву виконується на вертикальній ділянці з розміщенням поліетиленового газопроводу та вузла з'єднання з металевим газопроводом в футлярі з отвором для проб повітря згідно ДБН В.2.5-20:2018.

Фасонні частини на металевих газопроводах передбачаються, як правило, круто зігнуті, штамповані, гнуті, заводського виготовлення. Повороти металевих газопроводів у горизонтальній і вертикальній площинах при кутах повороту до 6° досягаються натуральним вигином труб.

З'єднання металевих труб передбачається дуговою електричною зваркою встик. Типи конструктивних елементів і розміри зварених з'єднань повинні відповідати ГОСТ 16037-80 та мати 100-% контроль.

Зварні стики підлягають контролю фізичними методами. Кількість контрольних стиків повинна відповідати ДБН В.2.5-20:2018.

В будинках і спорудах, які розміщені по обидві сторони траси газопроводу на відстані 50 м, вводи і випуски водопроводу і каналізації, кабелю, тепломережі, які проходять через підземну частину зовнішніх стін, повинні бути ретельно ущільнені.

В кришках колодязів і камер суміжних підземних комунікацій, які розміщені по обидві сторони траси газопроводу на відстані 50 м, передбачається свердління отворів для взяття проби на загазованість – $\varnothing 15$ мм – 28шт.

В громадських спорудах газифікованих населених пунктів, незалежно від відстані споруд до газопроводів, необхідно передбачити контроль до вибуховонебезпечних концентрацій газу (20 % НКМВ) шляхом застосування сигналізаторів в підвалах, технічних підпіллях, цокольних і перших поверхах, а також в приміщеннях, де допускається застосування газу з виводом на колективну застерігаючу сигналізацію, пульт чергового.

3.1. Основні проектні рішення з автоматизації котельні

Автоматизація котельні — це забезпечення потрібного режиму роботи устаткування за допомогою засобів автоматики. У залежності від рівня використання цих засобів автоматизація може бути повною, комплексною і частковою.

При повній автоматизації обслуговуючий персонал відсутній і його функції зведені до періодичного нагляду за роботою устаткування і виправленню виникаючих ушкоджень.

При комплексній автоматизації обслуговуючий персонал постійно доглядає за роботою устаткування.

При частковій автоматизації автоматизовані окремі агрегати або їх частини.

Експлуатація котелень без засобів автоматики забороняється.

У залежності від виконуваних автоматичними пристроями функцій розрізняють наступні основні види автоматизації:

- 1) вимірювання і контроль;
- 2) сигналізація;
- 3) керування;
- 4) регулювання;
- 5) захист.

Автоматичне вимірювання і контроль дозволяють за допомогою засобів вимірювання безупинно, періодично контролювати кількісні і якісні показники технологічного процесу.

Автоматична (технологічна) сигналізація призначена для передачі сигналів, що інформують обслуговуючий персонал (оператора, диспетчера) про стан технологічного обладнання і відхилення параметрів, що контролюються.

Сигналізація буває світловою і звуковою, а за інформацією:

- попереджувальною — сигналізація моменту пуску обладнання, початку технологічного процесу і т.д.;
- виконавчою — контроль виконання розпоряджень обслуговуючого персоналу.
- аварійною — повідомлення обслуговуючому персоналу про порушення виробничого процесу.

Автоматичне керування призначене для пуску і зупинки котлів, насосів, вентиляторів, димососів тощо. По ступені участі людини у включенні і відключенні пристрою автоматичного керування поділяють на напівавтоматичні й автоматичні.

У першому випадку приведення в дію автоматичного пристрою проводиться шляхом натискання на кнопку чи поворотом ручки ключа з пульта

керування (дистанційне керування) чи безпосереднє біля агрегату (місцеве керування).

В другому випадку імпульси посилаються датчиками, що контролюють режим роботи. Наприклад, автоматичне включення підживлюючого насоса при витіканні води з мережі.

Автоматичне регулювання призначене для підтримки без участі людини протягом заданого проміжку часу з потрібною точністю заданих режимів технологічного процесу.

У залежності від характеру виміру впливу, що задає, розрізняють системи автоматичного регулювання стабілізації, програмного регулювання і спостереження.

У системах стабілізації вплив, що задає, постійно, у системах програмного регулювання воно змінюється по раніше заданому законі, а в системах, що стежать, воно також змінюється, але закон зміни раніше не відомий і задачею системи є забезпечення спостереження за регульованою величиною по мірі зміни величини, що задає.

Автоматичний захист призначений для запобігання ушкоджень устаткування при виникненні передаварійних режимів. Пристрої автоматичного захисту припиняють контрольований процес (наприклад, процес горіння шляхом відсічення подачі газу) чи забезпечують інші міри ліквідації небезпеки (відкривають запобіжні клапани для зниження тиску в котлі і т.п.).

Автоматичний захист, контроль і сигналізація на котельнях зв'язані між собою. Спочатку подається сигнал про відхилення контрольованого параметра від заданого значення, а потім, коли відхилення перевищить припустимий рівень, спрацьовує автоматичний захист (відсікається подача газу) і видається відповідний сигнал.

В котельній школи котеджного містечка в с.Софіївська Борщагівка встановлено два котла Regasus F3 N 170 2S в комплекті з автоматикою. Для погодозалежного регулювання котлів у каскаді передбачений регулятор W6050C.

Автоматика забезпечує:

- подачу газу на основний і запальний пальники;
- регулювання температури води за котлом;
- захист котла в аварійних ситуаціях.

Відключення подачі газу на котел відбувається при:

- загасанні полум'я пальника;
- підвищенні тиску води за котлом;
- відхиленні тиску газу від норми;

Пульт контролю “Сигнал-1Д” і пульт індикації “Сигнал-2Д” обладнані вмонтованими джерелами безперебійного живлення.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|------|
| | | | | | <i>ABP</i> | Лист |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | |

4.1. Аналіз проекту по небезпечним та шкідливим факторам під час виконання будівельно-монтажних робіт

| № | Небезпечні та шкідливі виробничі фактори | Джерело, види робіт | Кількість, оцінка | Норматив |
|----|--|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Падіння людей з висоти | Монтажні роботи | H=3,0м | ДБН А.3.2-2-2009 Р.19 |
| 2 | Падіння предметів з висоти | Монтажні роботи | H=3,0м | ДБН А.3.2-2-2009 Р.14 |
| 3 | Електричний струм | Електрозварювальні машини, роботи освітлення | U=380В/220В | ДСТУ Б А.3.2-13:2011 НПАОП 40.1-1.21-98 |
| 4 | Шум | Експлуатація машин і механізмів | Рівень <85 дБ | ГОСТ 12.1.003-83 ДСН 3.3.6.037-99 |
| 5 | Освітлення | Освітлення котельні | 2 лк | ДБН В.2.5-28-2018 |
| 6 | Незадовільні параметри мікроклімату | Монтаж, експлуатація систем | Температура t=16-18°C, вологість, φ=40-60%, рухливість повітря, v=0,3м/с | ДСН 3.3.6.042-99 |
| 7 | Атмосферна електрика | Блискавкозахист | Середнє число ударів на 1км ² – , категорія III | ДСТУ Б В.2.5-38:2008 |
| 8 | Термічний фактор | Зварювальні роботи | tзварки=1200°C | ДБН А.3.2-2-2009 |
| 9 | Машини, що працюють під тиском | Котельні установки | P=0,2 МПа | НПАОП 0.00-1.59-87 |
| 10 | Пожежна безпека | Котельня | Категорія пожежонебезпечності – В | ДБН В.1.1-7:2016 ДБН В.1.2-7:2008 ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 |

Лист

АВР

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата |
|-----|------|---------|--------|------|

Розструповку елементів конструкцій і устаткування, проводять після постійного або тимчасового закріплення.

Електричний струм

Для підведення зварювального струму до електроутримувачів і горілок для дугової зварки необхідно застосовувати ізолювані гнучкі кабелі, розраховані на надійну роботу при максимальних електричних навантаженнях з урахуванням тривалості циклу зварки.

З'єднання зварювальних кабелів слід проводити, як правило, опресовуванням, зваркою або паянням.

Підключення кабелів до зварювального устаткування повинне здійснюватися за допомогою опресованих або припаяних кабельних наконечників.

Для запобігання ураження людини електричним струмом передбачається заземлення (занулення) машин і механізмів, що мають електропривід.

Зовнішні електропроводки тимчасового електропостачання виконуються ізолюваним проводом, що розміщений на опорах на висоті 2,5 м над робочими місцями, 6,0 м над проїздами.

При прокладці або переміщенні зварювальних дротів необхідно вживати заходів проти пошкодження їх ізоляції і зіткнення з водою, маслом, сталевими канатами і гарячими трубопроводами. Відстань від зварювальних дротів до гарячих трубопроводів і балонів з киснем повинна бути не менше 0,5 м, а з горючими газами – не менше 1 м.

Виробничий шум

Шум механічного походження – шум, що виникає внаслідок вібрації поверхонь машин та обладнання, а також ударів у з'єднаннях деталей. Шкідливий вплив шуму призводить до професійних захворювань. Гранично допустимий рівень шуму 85 дБ. Вібраційні та інші установки повинні періодично проходити контроль на шумові характеристики і не перевищувати встановлені стандартами.

Шкідливі речовини

При виконанні ізоляційних робіт із застосуванням вогнебезпечних матеріалів, а також які виділяють шкідливі речовини, слід забезпечити захист працюючих від дії шкідливих речовин, а також від термічних і хімічних опіків.

При проведенні ізоляційних робіт в закритих приміщеннях забезпечується провітрювання і електроосвітлення від мережі напругою не вище 12 В з арматурою у вибухобезпечному виконанні.

При приготуванні бетонної суміші з використанням хімічних добавок необхідно вжити заходів для попередження опіків шкіри і пошкодження очей працюючих.

Для попередження отруєння шкідливими речовинами при проведенні ізоляційних робіт влаштовується вентиляція теплофікаційних камер пересувними пристроями.

Метеорологічні умови

Не допускається виконувати монтажні роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більш, при ожеледі, грозі або тумані, що виключає видимість в межах фронту робіт. Роботи по переміщенню і установці вертикальних панелей і подібних їм конструкцій з великою парусністю слід припиняти при швидкості вітру 10 м/с і більш.

Термічний фактор

Місця виробництва електрозварювальних і газополум'яних робіт на даному, а також розташованих нижче ярусах (за відсутності захисного настилу або настилу, захищеного матеріалом, що не згоряє) повинні бути звільнені від матеріалів, що згоряють, в радіусі не менше 5 м, а від вибухонебезпечних матеріалів і установок (у тому числі газових балонів і газогенераторів) – 10 м.

Проводити зварку, різання і нагрів відкритим полум'ям апаратів, судин і трубопроводів, що містять під тиском будь-які рідини або гази, заповнених горючими або шкідливими речовинами або що відносяться до електротехнічних пристроїв, не допускається без узгодження з експлуатуючою організацією заходів щодо забезпечення безпеки.

При виконанні робіт електрозварювань і газополум'яних всередині закритих ємностей або порожнин конструкцій робочі місця належить забезпечувати витяжною вентиляцією. Швидкість руху повітря усередині місткості (порожнини) повинна бути при цьому в межах 0,3 – 1,5 м/с. У разі виконання зварювальних робіт із застосуванням зріджених газів (пропану, бутану) і вуглекислоти витяжна вентиляція повинна мати відсмоктування знизу.

5.1. Характеристика умов виконання будівельно-монтажних робіт

За природно-кліматичними ознаками територія будівництва розподільних мереж системи газопостачання котеджного містечка відноситься до II В кліматичного і II вітрового району. Розрахункова температура зовнішнього повітря – мінус 22 °С. Нормативна глибина промерзання – 1,0 м. Снігове навантаження – 70 кг/м².

За даними матеріалів інженерно-геологічних вишукувань будівельний майданчик поданий таким розрізом:

ІГЕ-1 (t2IV2). Насипний ґрунт: піщано-суглинистий. Потужність версти – 0,2 – 1,6 м.

ІГЕ-2 (eIV). Ґрунтово-рослинна верства: супісок, суглинок. Потужність версти – 0,1 – 0,3 м.

ІГЕ-3 (e, vdIV) Супісок сірий, лесовий. Потужність версти 0,7 – 1,4 м.

ІГЕ-4 (e, vdIV) Супісок сірий, коричневий. Потужність версти 0,8 – 1,4 м.

ІГЕ-5 (pIV) Супісок коричнево-бурий. Потужність версти – 0,5 – 1,5 м.

Ґрунтові води на трасі газопроводу зафіксовані на глибині 1,9-5,2 м. Підвищення рівня ґрунтових вод може досягти 0,8 м.

На підставі класифікації ДБН по важкості розробки ґрунти відносяться до наступних груп:

Таблиця 5.1.

| Поз № | Найменування ґрунту | Методи виробництва робіт | | |
|-------|---------------------|----------------------------|-----------|-------------------------|
| | | екскаватор одноківшовий | бульдозер | ручні земляні роботи |
| 1 | Рослинна верства | I | I | I |
| 2 | Суглинок | I | I | II |
| 3 | Супісок | I | I | II |
| 4 | Пісок | I | I | I |
| 5 | Будівельне сміття | II | I | III |

Газопровід середнього тиску (Г2)

Довжина 13213 м, глибина траншеї до 1,2-1,5 м. Проходить в супісках.

Мережа газопостачання (підземна) виконується із труб поліетиленових ПЕ80Ø40x3,7 мм; ПЕ80Ø63x3,6 мм; ПЕ80 Ø90x5,2 мм; ПЕ80 Ø110x6,3 мм, ПЕ80 Ø125x7,1 мм; ПЕ80 Ø160x9,1 мм ПЕ80 Ø315x17,9 мм за ТТУ В.2.7-21547843.004-2000. Для наземної прокладки прийняті сталеві електрозварні прямошовні труби Ø159x4,5 мм за ГОСТ 10704-91 та ГОСТ 10704-80 В ст. 3сп.

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | | | | | АВР |

Над підземним газопроводом, виконаним із поліетиленових труб, передбачається попереджувальна сигнальна стрічка жовтого кольору шириною 200 мм з вмонтованим в неї алюмінієвим проводом перерізом 2,5-4,0 мм².

При перетині газопроводом доріг некатегорійного значення, газопровід прокладається у футлярі із поліетиленової труби з установкою контрольної трубки. Футляр прокладається способом горизонтального буріння.

Для газопостачання проектом передбачається встановлення головного газорегуляторного пункту шафового типу ПГРШ 61-2-01-У1 з 2-ма регуляторами тиску РДГ-80В, де знижується тиск газу з $P \leq 1,2$ МПа до $P_{вих.} \leq 0,6$ МПа.

5.2. Терміни будівництва

Тривалість будівництва газорозподільних мереж котеджного містечка «Хмельовик» в с.Софіївська Борщагівка визначена на підставі календарного плану у відповідності з нормативами тривалості будівництва і дорівнює 5,0 місяців, у т.ч. підготовчий період – 0,5 місяця.

Включно:

- тривалість прокладання газопроводу середнього тиску (Г2) довжиною 13213м із труб ПЕ100 Ø225x20,5 мм – ПЕ100 Ø160x14,6 мм в траншеях з відкосами дорівнює 3,85 місяці, у т.ч. підготовчий період – 0,5 місяці.

Враховуючи, що газопровід проходить територією населеного пункту та має два наземних переходи через канали, тривалість будівництва інженерних мереж газопостачання приймається з коефіцієнтом 1,2. Тоді загальна тривалість будівельно-монтажних робіт з прокладання газопроводу (Г2) буде дорівнювати: $3,85 \times 1,2 = 4,62 \approx 5,0$ місяцям, в тому числі підготовчий період - 0,5 місяці.

До складу підготовчого періоду входять наступні роботи: розмітка осей споруд та мереж (поздовжні і поперечні осі сітки закріплюють на місцевості постійними знаками з плановою точкою, які виконуються із дерева, металу або залізобетонних елементів і міцно закріплюють у ґрунті), влаштування тимчасових будівель та споруд, створення майданчиків для складування вантажів. Обсяги робіт з підготовки майданчика визначаються в проекті виконання робіт.

Згідно із зведеним кошторисом капітальні вкладання будівництва складають 63745,456 тис. грн., в тому числі будівельно-монтажні роботи – 50171,806 тис. грн. в поточних цінах 2021 року.

Згідно класифікації “Розрахункових нормативів для складання проектів організації будівництва” район будівництва відноситься до II-го територіального поясу (групи В).

5.3. Методи виконання робіт

При виконанні будівельно-монтажних робіт треба керуватися:

- правилами виробництва і прийому будівельно-монтажних робіт;
- відповідними інструкціями з виконання робіт ;
- правилами з техніки безпеки, охорони праці й правилами протипожежної охорони.

До початку виконання будівельно-монтажних робіт Замовник зобов'язаний отримати дозвіл на виконання будівельно-монтажних робіт в органах державного архітектурно-будівельного контролю (ДАБК) в послідовності установленому «Положенням про порядок надання дозволу на виконання будівельних робіт».

Нижче надається опис методів виконання основних будівельних та монтажних робіт, які рекомендується використовувати.

5.3.1. Земляні роботи

По трасі міжселищного газопроводу високого тиску передбачається рекультивация родючого шару ґрунту.

Геодезичну розбивну основу виконують у вигляді сітки квадратів розмірами 50 м, осі якої є прямокутними координатами, що визначають положення будинків на місцевості. Для детального розбивання осей будинків паралельно її контуру ставлять будівельне обнесення, на яке переносять і закріплюють основні осі, прибиваючи до дощок цвяхи та позначаючи олійною фарбою. Будівельне обнесення треба встановлювати на відстані не менш як 20 м від осей будівлі, щоб воно зберігалось під час виконання земляних робіт.

Точність побудови геодезичної розбивної основи належить приймати, керуючись величинами допустимих середніх квадратичних похибок кутових, лінійних та висотних вимірів (по класу точності 2-0, 3-0 – для будівель та споруд і 4-0 – для доріг, підземних та надземних комунікацій поза територіями, які забудовуються). Точність геодезичних робіт в процесі будівництва залежить від кількості поверхів даної будівлі, висоти споруд та їх конструктивних рішень, засобів виконання з'єднань, стиків та вузлів (по класу точності 2-Р, 3-Р, 4-Р – для будівель та 6-Р – для інших споруд).

Навколо майбутньої виїмки чи тільки з підвищеного боку влаштовують водовідвідні канали так, щоб вода, яка надходить до них, відводилась у знижені точки місцевості. Поверхневі води, які утворюються від атмосферних опадів і танення снігів, відводяться з території будівельного майданчика, влаштовуючи з нагірної сторони майданчика водо-відвідні канали, лотки, обвалування або систему підземних дренажів. Поверхні будівельного майданчика, складських і

монтажних майданчиків планують так, щоб вони мали уклони, спроможні забезпечити відведення поверхневих вод.

Вертикальні стінки без кріплень допускаються в ґрунтах природної вологості із цілісною структурою, якщо немає ґрунтових вод: при глибині виїмок у насипних, піщаних, гравелистих ґрунтах не більш як 1м; у супіщаних – 1,25 м; у суглинкових та глинистих – 1,5 м; в особливо щільних ґрунтах – 2 м.

Біля краю укусу котловану або канави вантажопідіймальні крани встановлюються з дотриманням відстаней, зазначених у табл.8 ДНАОП 0.00-1.03-02 “Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів”.

Найменша допустима відстань від основи укусу котловану (канави) до найближчих опор вантажопідіймального крана.

Таблиця 5.2

| Глибина котловану (канави), м | Відстань від основи укусу до найближчої опори для ненасипного ґрунта, м | | | | |
|-------------------------------|---|------------|------------|------------|----------|
| | піщаного | супіщаного | суглинного | глинистого | лесового |
| 1 | 1,5 | 1,25 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 2 | 3,0 | 2,4 | 2,0 | 1,5 | 2,0 |
| 3 | 4,0 | 3,6 | 3,25 | 1,75 | 2,5 |
| 4 | 5,0 | 4,4 | 4,0 | 3,0 | 3,0 |
| 5 | 6,0 | 5,3 | 4,75 | 3,5 | 3,5 |

Розробка траншей виконується екскаватором “зворотна лопата” ЕО-2561 з ємністю ковша 0,25 м³. В місцях перехрестя мереж газопроводу з іншими мережами (КМ-0,4кВ), розробку ґрунту необхідно виконувати вручну. Зворотне засипання траншей здійснюється після перевірки правильності укладання трубопроводів. Траншеї засипаються у два прийоми: спочатку присипають трубопроводи вручну на висоту 0,2 м, потім засипають бульдозером.

Прокладання мереж газопостачання передбачається автокраном КС-1562А вантажопідійомністю 5 т, довжиною стріли 6 м.

В місцях перетину газопроводу із каналізацією та електрокабелем на висоті 400-500мм над поліетиленовим газопроводом укладається жовта полімерна стрічка шириною не менше 200 мм із незмивним написом “ГАЗ”.

Труби поліетиленові поставляються на будівництво в бухтах. З'єднання поліетиленових газопроводів між собою передбачено терморезисторним зварюванням.

Зварні з'єднання поліетиленових труб необхідно перевіряти зовнішнім оглядом і піддавати механічним випробуванням. Перевірці зовнішнім оглядом

підлягають 100 % з'єднань, механічним випробуванням – 1 % з'єднань, але не менше 3 стиків із загальної кількості виконаних одним зварником на одному об'єкті. Дно траншеї повинно бути очищено від грудок землі, каміння. Газопровід слід опускати в траншею за допомогою конопляних канатів, брезентових рушників або інших м'яких чалочних пристроїв.

Для того, щоб нитка газопроводу не впала в траншею, під газопровід слід застосувати тимчасові підкладки через траншею. Засипати газопровід слід у найбільш холодний час доби при температурі навколишнього повітря вище 10 °С; -----при температурі навколишнього повітря нижче 10 °С засипка трубопроводу провадиться у самий теплий час доби.

Для перевірки загазованості в люках колодязів інших мереж, прокладених на відстані до 50 м по обидва боки від осі газопроводу потрібно просвердлити отвори діаметром 15 мм згідно з п.4.3.17 “Правил безпеки системи газопостачання”.

Установка та робота монтажного крану біля охоронної зони повітряних ліній електропередачі ПЛ-0,4 кВ і 10 кВ може проводитися лише за нарядом-допуском, оформленим роботодавцем і виданим на руки машиністу крана перед початком робіт. Проведення робіт з використанням вантажопідіймальних кранів у охоронній зоні ПЛ виконується відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.21-98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”. Небезпечна зона ПЛ-0,4 кВ дорівнює 1,5 м, а ПЛ-10 кВ – 4,0 м.

Після влаштування фундаментів (для опор наземної прокладки) виконується зворотне засипання пазух фундаментів вручну з поступовим ущільнюванням ґрунту. Для цього використовують залишки ґрунту, утворені під час риття котловану, переміщуючі їх бульдозером.

Ущільнення ґрунту може проводитись укочуванням, трамбуванням та вібруванням. Зв'язні та грудкуваті ґрунти ущільнюють кулачковими катками, які передають на ґрунт тиск, що значно перевищує границю його міцності. Такими машинами масою до 5 т ущільнюють шар ґрунту 10...20 см завтовшки 8...18 проходами катка по одному сліду, а важкими (масою 25...30 т) – шар 50...65 см завтовшки 4...10 проходами катка по одному сліду. Катками на пневмоколісному ході (причіпними та самохідними) ущільнюють піщані та глинисті ґрунти.

В місцях розташування діючих підземних комунікацій дозволяються земляні роботи тільки при наявності письмового дозволу організації, яка відповідає за експлуатацію цих комунікацій та після прийняття мір, які виключають їх ушкодження.

Всі земляні роботи повинні виконуватись в згідності з розробленим ПВР (виконується генпідрядником), згідно з технологічними картами з розробкою заходів, які виключають затоплення траншей, приямків тощо поверховими водами, паводковими водами і атмосферними осадками.

5.3.2. Бетонні та залізобетонні конструкції

а) Збірні конструкції

Доробка стиків та швів повинна виконуватись в згідності з проектними вимогами. До початку монтажу збірних конструкцій повинні бути виконані підготовчі роботи, які передбачені главою ДБН А.3.1-5 «Організація будівельного виробництва».

Доставка конструкцій і матеріалів до зони виробництва робіт здійснюється по існуючим проїздам. Проектом передбачається виконувати монтаж конструкцій фундаментів та опор автокраном КС-2572 вантажопідймальністю 6,3 т з довжиною стріли 9-16 м.

Вантажозахоплювальні пристрої (стропи, захоплювачі, траверси тощо) повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів. Коефіцієнт запасу розривного зусилля сталевого каната стосовно навантаження окремої вітки стропа має бути не меншим 6, із синтетичних матеріалів - не меншим 8 (ДНАОП 0.00-1.03-02 “Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідймальних кранів”).

Всі заходи, що відносяться до роботи монтажних механізмів, в кожному конкретному випадку повинні бути узгоджені з усіма учасниками будівництва, службами технічної безпеки, а також інспекцією Держмістотехнадзору.

Монтаж збірних конструкцій виконувати в згідності з монтажними схемами, робочими кресленнями і затвердженим проектом виконання робіт.

б) Монолітні конструкції

Товарний бетон для монолітних конструкцій передбачається приготувати на будівельному майданчику в розчинно-бетонному вузлі (РБВ) і поставляти в баддях з відкидним днищем безпосередньо до зони виконання робіт.

Щити опалубки і деталі арматури поставляються на будівельний майданчик в готовому виді. До місця встановлення вони подаються тими ж механізмами, що і бетонна суміш. Опалубні роботи виконують згідно з вимогами будівельних норм і правил та технологічних карт, що входять до складу проекту виконання робіт на зведення монолітних конструкцій.

В процесі укладання бетонної суміші повинно виконуватись її ущільнення за допомогою поверхових та глибинних електровібраторів типа С-802, С-413, І-

116А. Для забезпечення монолітності перерви між укладкою суміжних слоїв бетону не повинні перевищувати однієї-півтори години. Бетонування фундаментів повинно виконуватись без перерви. Подачу бетонної суміші рекомендується виконувати в баддях або ковшах за допомогою крану.

Безперервність укладання бетонної суміші забезпечується, якщо наступний шар укладають до початку тужавлення цементу попереднього:

$$t_{y.u} \leq t_{n.m.} - t_{mp} \quad (5.1)$$

де $t_{y.u}$ – термін укладання одного шару суміші, год.; $t_{n.m.}$ – термін початку тужавлення цементу бетонної суміші, що визначається від початку її приготування (2-3 години); t_{mp} – термін транспортування бетонної суміші, год.

Вирівнювання та згладжування бетонної поверхні передбачається віброрейкою, яка пересувається в протилежних напрямках. Опалубні, арматурні та бетонні роботи повинні виконуватись у відповідності з вимогами нормативних документів.

Послідовність, технологія та безпечні методи виробництва робіт повинні бути відображені в проекті виконання робіт.

5.3.3. Влаштування асфальтобетонного покриття

Перед початком робіт з влаштування асфальтобетонного покриття необхідно розробити ПВР або “прив’язати” типову технологічну карту (схему потоків по влаштуванню асфальтобетонного покриття) до місцевих умов. Для складання схеми необхідно встановити потрібну кількість асфальтоукладальників і катків, визначити порядок рухання асфальтоукладальників, довжину захваток, напрямок рухання асфальтоукладальників. Кількість робітників – асфальтобетонщиків – встановлюють на основі карт організації праці по кожному процесу.

Технологія будівництва асфальтобетонного покриття повинна забезпечувати задані експлуатаційні показники покриття – міцність, рівність, шорсткість, нормативний строк служіння – при оптимальних витратах машин та робочої сили. Технологічний процес також повинен передбачати комплексну механізацію та автоматизацію процесів, контроль якості покриття, що будується.

Технологічний процес будівництва асфальтобетонного покриття включає до себе: підготовчі роботи – очистку основи, геодезичні роботи, обробку поверхні основи в’язучими; влаштування покриття – транспортування, розподіл та ущільнення асфальтобетонної суміші, оздоблювальні роботи; контроль якості будівництва покриття на всіх операціях та перевірку якості вже готового покриття.

Роботи з влаштування асфальтобетонного покриття необхідно виконувати з дотриманням вимог глави ДБН В.2.3-4:2000 “Автомобільні дороги”.

5.3.4. Виконання робіт у зимових умовах

Зі зниженням температури механічна міцність ґрунту, а також питомий опір різанню та копанню різко зростають (у 5-8 раз). Для успішного розроблення взимку та підготування мерзлого шару до екскавації можливе застосування таких основних способів: запобігання промерзанню ґрунтів, розморожування (вогневе, електричне), механічне руйнування (статичними та динамічними розпушувачами), блоковий спосіб, вибухові способи розпушування.

Запобігання промерзанню ґрунтів, які підлягають розробленню взимку, здійснюється: зорюванням (з наступним боронуванням та снігозатриманням); глибоким розпушуванням; утепленням теплоізоляційними матеріалами. Ці заходи здійснюють пізно восени, до початку заморозків, а щодо траншей та котлованів – негайно після видалення з них ґрунту.

При виконанні в зимових умовах монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій та при попередньому електропрогріві бетонної суміші слід використовувати метод «термоса» або застосовувати бетон з протиморозними добавками. В якості добавок використовують хлористий кальцій і хлористий натрій. Холодні бетони з добавками хлористих солей використовують при температурі не нижче мінус 30 °С.

5.4. Потреба у будівельних машинах і транспортних засобах

Для виконання будівельних і монтажних робіт приймається кількість механізмів, яке визнається на основі фізичних об’ємів робіт, об’ємів вантажного перевезення і норм виробки будівельних машин і транспорту.

Графік потреби в основних будівельних машинах і транспортних засобах.

Таблиця 5.3

| Пор № | Найменування | Тип, марка | Характеристика | Кількість |
|-------|--------------------|------------|--------------------------------|-----------|
| | Екскаватор | ЕО-2561 | Ємн. ковша 0,25 м ³ | 1 |
| | Бульдозер | Д-159Б | Довжина відвалу 2,3 м | 1 |
| | Автомобільний кран | КС-2572 | Вантажопідймальність 6,3 т | 1 |
| | Автомобільний кран | КС-1562А | Вантажопідймальність 5 т | 1 |
| | Автомашина бортова | ЗИЛ-156 | Вантажопідймальність 3,0 т | 1 |
| | Тягач | МАЗ-205А | Вантажопідйомність 12,0 т | 1 |
| | Напівпричіп | МАЗ-5215В | Вантажопідйомність 12,0 т | 1 |

Лист

АВР

Зм. Лист № докум Підпис Дата

| | | | | |
|--|-------------------------------|---------|-----------------------------|---|
| | Пересувна компресорна станція | ЗІФ-55 | Продуктивність 5 м3/год. | 1 |
| | Електролебідка | | Вантажопідймальність 0,75 т | 1 |
| | Електродріль | И-28А | Мах Ø свердління 20 мм | 1 |
| | Ущільнювач пневматичний | I-157 | Потужність 32 кВт | 1 |
| | Асфальтоукладач | | | 1 |
| | Каток самохідний | Д-105 В | | 1 |
| | Зварювальний трансформатор | СТЕ-34 | Потужність 16 кВт | 1 |

Прийняті механізми і машини можуть бути замінені іншими (з еквівалентними показниками).

5.5. Складське господарство

Необхідна площа складських приміщень визначена у відповідності з табл. 5.4 розділу “Розрахункових нормативів” по укрупненим показникам на 1 млн. грн. річного об’єму будівельно-монтажних робіт, приведених до розрахункових умов.

Таблиця 5.4.

| Пор. № | Найменування | Один. виміру | Потрібна площа на 1 млн. крб. | Приведена об’єм БМР млн. крб. | Потрібна площа на річний об’єм БМР |
|--------|--|----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Опалювальний матеріально-технічний склад | м ² | 24 | 0,875 | 21,0 |
| 2 | Неопалювальний склад | м ² | 29 | 0,875 | 25,4 |
| 3 | Навіс | м ² | 13 | 0,875 | 11,4 |
| | Всього | м ² | | | 57,8 |

Для зберігання будівельного інструмента та інвентарю приймаємо інструментальну комору контейнерного типу площею забудови 16,2 м², розмірами в плані 2,7х6 м (ТП 420-04-40).

Для складування і зберігання металу, збірних виробів, добірних елементів, труб, лісу приймаються відкриті майданчики, розташовані в зоні дій монтажних механізмів.

5.6. Забезпечення будівництва енергетичними ресурсами і водою

Потреба будівництва в електроенергії, воді, теплі та стислому повітрі підрахована згідно Методики розрахунку електроенергії, води, тепла та стислого повітря для будівельного майданчика (додаток 2 Посібника з розробки проектів організації будівництва і проектів виконання робіт) за формулами.

Сумарна потреба електроенергії для будівельного майданчика дорівнює:

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|-----|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | АВР | | | | | |

$$P=(1,1/\cos\varphi) \times (K_1 \Sigma P_1+ K_2 \Sigma P_2+ K_3 \Sigma P_3+ K_4 \Sigma P_4); \quad (5.2)$$

де: P - загальна потреба у потужності, кВА;

1,1 - коефіцієнт, що встановлює втрати потужності в мережах;

K_1, K_2, K_3, K_4 - коефіцієнти одночасності, залежності від виду та кількості споживачів - приймаються 0,6-1;

P_1 - силова потужність, що споживається будівельними машинами, інструментами, механізмами, кВт;

P_2 - споживана потужність на технологічні потреби, кВт;

P_3 - споживана потужність для внутрішнього освітлення, кВт;

P_4 - споживана потужність для зовнішнього освітлення проїздів, фронту робіт, кВт

$\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності, в середньому рівний 0,75.

$$P=(1,1/0,75) \times (0,8 \times 0 + 0,7 \times 9 + 0,6 \times 9 + 0,6 \times 6) = 1,47 \times (0+6,3+5,4+3,6) = 22 \text{ кВт.}$$

Загальні витрати води для забезпечення потреб будівельного майданчика:

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3; \quad (5.3)$$

де: $Q_{\text{общ}}$ - загальні сумарні витрати води, л;

Q_1 - сумарна витрата води на виробничі потреби, л;

Q_2 - сумарна витрата води на господарчо-побутові потреби, л;

Q_3 - сумарна витрата води для зовнішнього пожежегасіння, л.

$$Q_1 = K_1 q_1 n_1 K_J / t_1 3600; \quad (5.4)$$

де: K_1 - коефіцієнт на невраховані витрати води, дорівнює 1,2;

q_1 - питома витрата води на виробничі потреби, л;

n_1 - число виробничих споживачів в найбільш завантажену зміну;

K_J - коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води, дорівнює 1,5;

t_1 - кількість годин в зміну.

$$Q_2 = K_2 q_2 n_2 K_2 / t_1 \times 3600 + q'_2 n'_2 / t_2 \times 3600; \quad (5.5)$$

де: q_2 - питома витрата води на господарчо-побутові потреби, л;

n_2 - число працюючих в найбільш завантажену зміну;

K_2 - коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води, дорівнює 1,5;

t_1 - кількість годин в зміну;

q'_2 - витрати води на приймання душа одним працюючим, л;

n'_2 - число працюючих, які користуються душем (40 %);

t_2 - тривалість використання душової установки (45 хв.).

$$Q_1 = 1,2 \times 460 \times 1 \times 1,5 / 8 \times 3600 = 0,028 ;$$

$$Q_2 = 1,5 \times 30 \times 25 \times 1,5 / 8 \times 3600 + 30 \times 20 / 0,75 \times 3600 = 0,29;$$

5.7. Потреба у кадрах

Кількість працюючих на будівництві визначається за нормативною трудомісткістю:

$$4748 / 21 \times 5,0 = 45 \text{ працівників}$$

де: в чисельнику - нормативна трудомісткість (чол. / діб).

в знаменнику - тривалість будівництва (роб. дні-зміни).

Процентне співвідношення окремих категорій приймається у відповідності з табл. 46 глави 10 “ Розрахункових нормативів “:

Робочих - 83% - 45 чол.

ІТР - 13% - 5 чол.

Службовців - 3% - 1 чол.

МОП і охорона - 1% - 1 чол.

Всього: - 100% - 52 чол.

Кількість працюючих в найбільш завантажену зміну:
 $45 \times 0,7 + 7 \times 0,8 \times 0,5 = 34 \text{ чол.}$

5.8. Будгенплан і тимчасові споруди

При складанні набору тимчасових будівель та споруд, розташованих на будівельному майданчику, прийнято до уваги наступне :

а) необхідність забезпечення будівництва тимчасовими будівлями виробничого призначення;

б) необхідність забезпечення побутових потреб працюючих;

в) необхідність забезпечення вимог техніки безпеки і протипожежної охорони.

Всі тимчасові споруди повинні розташовуватись поза межами небезпечної зони роботи крану і задовольняти наступним вимогам: не заважати виконанню робіт протягом періоду будівництва; забезпечувати безпеку та зручність підходів; забезпечувати раціональні схеми підключення всіх видів енергетичних ресурсів. Відкриті майданчики для складування будівельних конструкцій повинні розташовуватись в зоні дії монтажних кранів.

Для розміщення адміністративного, інженерно-технічного та конторського персоналу приймається контора виконробу пересувного типу площею забудови $24,3 \text{ м}^2$, розмірами в плані $9 \times 2,7 \text{ м}$ (ТП 420-01-3).

Для забезпечення побутових потреб будівництва приймаємо :

- гардеробну - душову пересувного типу на 18 чоловік площею забудови $24,3 \text{ м}^2$, розмірами в плані $9 \times 2,7 \text{ м}$ (ТП 420-01-6) – 2 шт.;

- туалет на два очка контейнерного типу площею забудови $16,2 \text{ м}^2$, розмірами в плані $6 \times 2,7 \text{ м}$ (ТП 420-04-23), або біотуалети в кількості не менше 2 штук.

Конкретні рішення по вибору типу тимчасових споруд приймаються генпідрядником при розробці проекту виконання робіт.

Розрахунок потреб площ інвентарних споруд

- контора виконробу: $4 \times 7 = 28 \text{ м}^2$;
- гардеробна: $7 \times 45 \times 0,1 = 31,5 \text{ м}^2$;
- душова: $7,4 \times 45 \times 0,1 = 33,3 \text{ м}^2$;
- приміщення для обігрівання працюючих: $1 \times 45 \times 0,1 = 4,5 \text{ м}^2$;
- сушка: $2 \times 45 \times 0,1 = 9,0 \text{ м}^2$;
- туалет: $1 \times 45 \times 0,1 = 4,5 \text{ м}^2$;
- їдальня: $8,1 \times 34 \times 0,1 = 27 \text{ м}^2$.

5.9. Інструментальний контроль за якістю споруд

Виробничий контроль якості виконують під час підготовки і виконання будівельно-монтажних робіт і охоплює: вхідний контроль будівельних матеріалів, виробів і напівфабрикатів та обладнання; операційний контроль окремих будівельних процесів і операцій; приймальний контроль закінчених робіт і конструкцій: перевірка якості виконаних робіт із встановленням відповідності їх проекту і нормативним вимогам.

Контроль якості бетону відтворюється механічними або фізичними приладами. Міцність бетону при стислості визначається по величині пружного відскоку кулькового молотка Різделя або Кашкарова, по швидкості розповсюдження ультразвукових хвиль в тілі бетону ультразвуковими приладами УП-4 чи УКБ-1 і за тарувальними кривими, по ступені проникаючої радіації радіометричними приладами.

Контроль точності встановлення збірних елементів та інших конструкцій здійснюється вимірюванням теодолітом, нівеліром.

Вологість елементів дерев'яних конструкцій, які призначені для просочування антисептиками, має бути не більшою ніж 25%. Глибину проникнення безколірних антисептиків або антипіренів у деревину визначають індикаторами, які під час взаємодії із захисними сполуками змінюють колір у просоченій зоні деревини.

Контроль зварних з'єднань проводиться радіографічним і ультразвуковим методами відповідно до чинних НД. Контроль стикових з'єднань несучих елементів металоконструкцій проводять тільки після усунення виявлених зовнішнім оглядом дефектів.

При здійсненні ущільнення ґрунту контроль виконують відбором проб, щільномірами ДорНИИ та приладами з використанням радіоактивних ізотопів.

5.10. Техніко-економічні показники

1. Тривалість будівництва - 5,0 місяців,
у т.ч. підготовчий період - 0,5 місяці.
2. Кількість працюючих - 52 працівники.
3. Нормативна трудомісткість будівництва - 4748 чол. / діб
(37986 чол. / год. / 8 год. = 4748 чол./ діб)

Нормативна трудомісткість приймається згідно пояснювальної записки до зведеного кошторисного розрахунку, яка підрахована на програмному комплексі АВК-5 (редакція 2.7.0).

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | <i>ABP</i> | | | | | |

ВІДОМІСТЬ ОБ'ЄМІВ ОСНОВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ,
МОНТАЖНИХ І СПЕЦІАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

Таблиця 5.5

| № поз. | Найменування робіт | Одиниця виміру | Всього |
|--------|---|----------------|--------|
| | Земляні роботи: | | |
| | розробка ґрунту | м ³ | 9230 |
| | доробка ґрунту вручну | м ³ | 285 |
| | зворотна засипка | м ³ | 6977 |
| | зворотна засипка вручну | м ³ | 1744 |
| | улаштування піщаної основи | м ³ | 793 |
| | Улаштування монолітних залізобетонних фундаментів | м ³ | 2 |
| | Монтаж муфт з поліетилену: | | |
| | Ø40 | шт. | 44 |
| | Ø63 | шт. | 66 |
| | Ø90 | шт. | 14 |
| | Ø110 | шт. | 14 |
| | Ø125 | шт. | 28 |
| | Ø160 | шт. | 18 |
| | Ø225 | шт. | 2 |
| | Монтаж колін з поліетилену: | | |
| | Ø160 | шт. | 21 |
| | Ø180 | шт. | 14 |
| | Ø225 | шт. | 55 |
| | Прокладання газопроводів: | | |
| | ПЕ 80 Ø40x4,7мм | м | 4364 |
| | ПЕ80 Ø63x3,6мм | м | 6135 |
| | ПЕ80 Ø90x5,2мм | м | 665 |
| | ПЕ80 Ø110x6,3мм | м | 160 |
| | ПЕ80 Ø125x7,1мм | м | 330 |
| | ПЕ80 Ø160x9,1мм | м | 215 |
| | ПЕ80 Ø315x17,9мм | м | 20 |
| | Улаштування наземних прокладань газопроводу | шт. | 2 |
| | Улаштування металевої огорожі ГРП | пм | 8 |

Лист

АВР

Зм. Лист № докум Підпис Дата

ВІДОМІСТЬ ПОТРЕБИ В БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ,
ВИРОБАХ, МАТЕРІАЛАХ І ОБЛАДНАННІ

Таблиця 5.6

| № поз. | Найменування | Одиниця виміру | Всього |
|--------|---|--|--|
| 1. | Збірні залізобетонні конструкції | м ³ | 0,64 |
| 2. | Монолітні залізобетонні конструкції | м ³ | 3,98 |
| 3. | Металеві конструкції | т | 0,98 |
| 4. | Щити опалубні | м ² | 10 |
| 5. | Пісок природний | м ³ | 874 |
| 6. | Щебінь | м ³ | 18 |
| 7. | Ізоляційна піна | м ³ | 0,02 |
| 8. | Шафа газорегуляторна | шт. | 1 |
| 9. | Труби: сталеві Ø100 мм сталеві Ø219 мм ПЕ 80 Ø40x4,7 мм ПЕ80 Ø63x3,6 мм ПЕ80 Ø90x5,2 мм ПЕ80 Ø110x6,3 мм ПЕ80 Ø125x7,1 мм ПЕ80 Ø160x9,1 мм ПЕ80 Ø315x17,9 мм | м м м м м м м м м м | 20 32 4364 6135 665 160 330 215 20 |
| 10. | Сигнальна стрічка ГАЗ | м ² | 2642,6 |
| 11. | Плівка обгорткова ПЭКОМ | м ² | 37,1 |
| 12. | Сигнальна стрічка поліетиленова | м | 35 |
| 13. | Стрічка полівінілхлоридна | м ² | 250 |
| 14. | Стрічка полімерна для захисту ізоляційних покриттів | м ² | 15,7 |
| 15. | Кабельна продукція: ПВГ ВВГ ВББШВ | м м м | 10 15 60 |
| 16. | Профнастил оцинкований | м ² | 5,76 |
| 17. | Масильні матеріали | кг | 2167 |
| 18. | Бензин | л | 1239 |
| 19. | Дизпаливо | л | 47724 |

Лист

АВР

Зм. Лист № докум Підпис Дата

6.1. Проблеми і перспективи біогазової енергетики в Україні

Сучасний світ увійшов у чергову фазу загостреної боротьби за ресурси. У різні періоди історії різні ресурси стають найбільш жаданими. Це і трудові ресурси (работоргівля), і земля (загарбницькі війни, “підіймання” цілини), і коштовні мінерали та метали. Сьогодні найвагомим матеріальним ресурсом є викопне паливо (нафта, газ, вугілля), бо наразі це основне джерело енергії для нашої цивілізації. Боротьба за нафту вже виплеснулася за межі бірж та торгових операцій. Ми вже маємо війну на Близькому Сході (така собі “боротьба з тероризмом”, яка його тільки провокує, а не знешкоджує), навдалий газовий диктат Росії з Європою та Україною й інші зовнішньополітичні конфлікти. Дедалі ускладнюється й, власне, видобування цих ресурсів. Шари залягання вугілля занурюються дедалі глибше, нормою стає робота шахтарів на глибині понад кілометр. Що там вже казати про умови праці (температура оточуючого середовища, аварійна небезпечність)... Як не крутись, які новітні технології видобутку не застосовуй, а традиційне паливо все одно закінчується. Людство раптово опинилося перед прірвою, край якої вже давно маячив перед очима...

Усі альтернативні джерела енергії можна умовно розділити на дві групи:

- а) для стаціонарних установок;
- б) придатні для застосування на транспорті;

Звісно, знайдуться й такі, що можуть бути і стаціонарні і пересувні. Але спільною рисою усіх альтернативних джерел енергії є їх відновлюваність, тобто невичерпність, за умови коректного використання.

Найбільшою вадою більшості альтернативних джерел енергії є низька питома потужність і мінливість у часі. Тому енергоустановки, які “вловлюють” потік енергії, мають великі розміри (приймальна поверхня сонячних установок, площа вітроколеса, протяжність греблі приливних електростанцій тощо) і значну матеріаломісткість (що зумовлює високу вартість їх встановлення). А для транспортного засобу однією з основних вимог є компактність установки, поруч із “запасом ходу”, що забезпечуватиме дане джерело.

Запропонована біогазова установка як один із можливих варіантів альтернативного джерела енергії має достатню можливість щодо економії традиційного палива – природного газу. Водночас, розгалужена мережа газопроводів для транспортування та розподілу отриманого палива (правда, лише після очистки від шкідливих домішок у відповідності з вимогами Кодексу газотранспортної системи) дозволяє забезпечувати споживачів практично на всій території України.

Обсяги біогазу, продукованого лише з гною тварин та посліду птиці, що отримують у сільському господарстві, можуть сягати 0,874 млн. т умовного палива, також це дозволить знизити викиди CO₂ на 1,44 млн. т/рік.



Рис. 6.1. Зовнішній вигляд біогазової установки

Біомаса – органічна речовина із певною хімічною енергією, яку можна перетворити на електричну енергію або паливо. Існує багато способів використання біомаси: біоенергія (поділяється на "біотепло" – термальна енергія та біоелектроенергія – електрична енергія з біомаси), біопаливо всі види палива, які можна отримати з біомаси, включаючи тверді (біодеревина), рідкі (біоетанол, біодизель, біомасла) та газоподібні (біогаз, водень та ін.).

Джерелом первинної біомаси є наземний і водяний рослинний світ, а вторинної – відходи, що утворюються після збирання і переробки первинної біомаси в товарні продукти й обумовлені життєдіяльністю людей і тварин (деревина, солома, рослинні відходи сільського господарства, відходи тваринництва і птахівництва, органічна частина побутових і промислових відходів).

В Україні обсяг можливого енергопотенціалу за рахунок використання відновлюваних ресурсів біомаси складає близько 22 млн. т у.п./рік, з яких технічно доступний енергетичний потенціал оцінюється в 13,2 млн. т у.п./рік; це приблизно 7 % загального споживання первинних енергоресурсів в Україні.

Найбільш ефективним і перспективним базовим методом утилізації відходів тваринництва є метанове зброджування в анаеробних умовах. У процесі переробки вихідної сировини (рідкий гній вологістю 90-91 %) методом метанового зброджування утворюється три первинних продукти, а саме: обезводнений шлам, біогаз і рідкі стоки (фугат після центрифуги).

Технологія метанового зброджування дозволяє отримувати окрім біогазу високоякісні добрива та білково-вітамінні кормові добавки (вітамін В-12, кріптогумін тощо) і, по суті, є безвідходною. Тому у розвинутих промислових країнах необхідність спорудження біогазових установок часто визначається вирішенням екологічних проблем.

Біогаз – це метановміщуючий пальний газ із вмістом метану 70-75 % та теплотворною здатністю 5000-5500 ккал/м³. Кількість біогазу, що отримується з 1 м³ вихідної сировини, коливається в межах 15-17 м³ на добу.

Основа технологій, результатом яких є виробництво біогазу, – це анаеробна біотехнологія, тобто ферментація органічних речовин в умовах повної відсутності кисню. Перш за все ці технології використовуються для відходів тваринництва та птахівництва у сільськогосподарському виробництві.

Анаеробна технологія утилізації стоків має багато переваг над аеробною:

1. На 1 кг переробленої при цій технології ХСК виділяється 0,35 м³ чистого метану, або 0,45 м³ біогазу. В масштабі України це може скласти щорічно майже 1 млрд. м³ біогазу – повноцінного енергоносія, який здатний замінити природний газ в усіх випадках його використання. Спалювання 1 м³ біогазу на сучасній когенераційній установці дає можливість одержати 2 кВт-год. електроенергії та 4 кВт-год. теплової енергії у вигляді гарячої води.

2. При застосуванні анаеробної ферментації утворюється всього 0,03 кг біомаси на 1 кг знятої ХСК. Решта органічних речовин перероблюється в метан (тобто у біогаз).

Зараз, в умовах гострої нестачі енергоресурсів в Україні, є можливість отримати додаткові обсяги енергоносіїв за рахунок використання біоенергетики, в тому числі при виробництві біогазу з відходів сільськогосподарської сировини відновлюваного характеру. На сьогодні в Україні також накопичено великий досвід в розробці і будівництві різних типів біогазових установок.

Сировинна база (власні відновлювані ресурси): біомаса, відходи рослинництва, відходи тваринництва та птахівництва; за даними різних експертів, в Україні складають від 20 до 50 млн. т у.п.

Свого часу в сфері створення біогазових установок в Україні були досягнуті значні успіхи, розроблені технологічні режими та способи отримання біогазу та добрив з відходів тваринництва, розроблені конструкції БГУ різного типу, однак належного широкого розвитку ці розробки не отримали, за деяким винятком, включаючи, зокрема, й маловідому, але перевищуючу

наявні на той час вітчизняні й зарубіжні аналоги за багатьма показниками, установку "Біогаз" у м. Нікополі Дніпропетровської області.

Для України постає необхідність у скорішому широкому впровадженні вже існуючої та давно впроваджуваної в усіх розвинутих країнах світу анаеробної біотехнології, що має величезні переваги над класичною, аераційною, яку зараз використовують на міських очисних спорудах. Ця технологія пристосована для знешкодження (біологічного розкладу) органічних речовин в анаеробному середовищі і впроваджується, як локальна, для попереднього очищення висококонцентрованих стоків безпосередньо на самих підприємствах, які створюють ці стоки.

У природних умовах руйнування будь-яких видів біомаси, і зокрема гною тварин, відбувається в ґрунтовому гумусі шляхом розкладання на елементарні з'єднання під дією розкладаючих організмів, грибів, бактерій. Для цього процесу переважні вогкість, тепло і відсутність світла. На кінцевій стадії процесу повне розкладання відбувається під дією безлічі бактерій, що класифікуються або як *аеробні*, або як *анаеробні*. Аеробні бактерії розвиваються переважно у присутності кисню, з їх участю вуглець біомаси окислюється до CO_2 . У замкнутих об'ємах з недостатнім надходженням кисню із зовнішнього середовища розвиваються анаеробні бактерії, що також існують за рахунок розкладання вуглеводів. Зрештою за рахунок їх діяльності вуглець ділиться між повністю окисленим CO_2 і повністю відновленим CH_4 . Живильні речовини, такі як розчинні з'єднання азоту, зберігаються як добрива ґрунтового гумусу. Здійснювані мікроорганізмами реакції розкладання біомаси також відносяться до процесів ферментації, проте для процесів, що йдуть в анаеробних умовах, частіше віддають перевагу терміну «бродиння» («зброджування»).

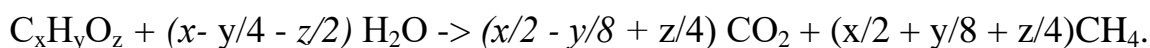
Біогаз — суміш CH_4 і CO_2 , що утворюється в спеціальних пристроях — *біогазогенераторах*, влаштованих і керованих так, щоб забезпечити максимальне виділення метану (у літературі для цих пристроїв ще можна зустріти назву «метантенк»). Енергія, що отримується при спалюванні біогазу, може досягати від 60 до 90 % результатною, яким володіє сухий початковий матеріал. Проте газ отримують з рідкої маси, що містить 95 % води, так що на практиці вихід достатньо важко визначити. Інше і, мабуть, дуже важлива гідність процесу те, що в його відходах міститься значно менше хвороботворних організмів, чим в початковому матеріалі. Правда, відзначимо, що не всі паразити і патогенні мікроорганізми гинуть в процесі анаеробного зброджування.

Отримання біогазу стає економічно виправданим і переважним, коли відповідний біогазогенератор працює на переробці існуючого потоку відходів. Прикладами подібних потоків можуть служити стоки каналізаційних систем, свиноферм, боєнь і т.п. Економічність в цьому випадку пов'язана з тим, що немає потреби в попередньому зборі відходів, в організації і управлінні процесом їх подачі. Відомо, скільки і коли поступить відходів, і залишається лише переробити їх в біогаз і добрива.

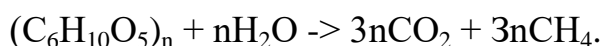
Отримання біогазу можливе в установках самих різних масштабів. Воно особливе ефективно на агропромислових комплексах, де доцільно добиватися реалізації повного екологічного циклу. У таких комплексах гній піддають анаеробному зброджуванню з подальшою аеробною обробкою у відкритих басейнах. Біогаз використовують для освітлення, приведення в дію механізмів, транспорту, електрогенераторів, для обігріву. У басейнах можна вирощувати водорості, що йдуть на корм худобі. Після аеробної ферментації повністю оброблені відходи, до того як бути використаними як добрива, можуть подаватися в рибні садіння і ставки для розведення водоплавного птаха. Успіх реалізації подібних схем прямо залежить від якості системного опрацювання всього проекту, ступеня стандартизації конструкцій, регулярності обслуговування.

6.2. Основні процеси і енергетика

Основне рівняння, що описує анаеробне зброджування, має вигляд:



Для целюлози це рівняння приймає вигляд:



Деякі органічні сполуки рослин (наприклад, лігнін) і всі неорганічні складові не піддаються зброджуванню. Вони є інертною в цьому процесі масою, утворюють шлак, здатний засмітити систему. Але 95 % маси, що заповнює біогазогенератор, складає, як вже мовилося, вода.

Ці реакції злегка екзотермічні, в процесі їх протікання виділяється приблизно 1,5 Мдж тепла на 1 кг сухої маси зброджуваного матеріалу, тобто приблизно 25 кДж/моль. Цього, звичайно, недостатньо для необхідного підвищення температури зброджуваної маси.

Якщо що підлягає зброджуванню матеріал висушити і спалити, то теплота його згорання складе приблизно 16 МДж/кг. Тільки близько 10 % потенційної теплоти згорання втрачається в процесі зброджування. Таким чином, ККД конверсії складає 90 %. Крім того, матеріал з підвищеною вологістю, будучи

введений в процес зброджування, дає високоякісне з добре керованим горінням газоподібне паливо, тоді як одне лише видалення 95 % вологу вимагає до 40 МДж тепла на кожен кілограм сухого залишку. На практиці зброджування рідко ведуть до кінця, оскільки це сильно збільшує тривалість процесу. Зазвичай зброджують приблизно 60% початкового продукту. Вихід газу складає приблизно від 0,2 до 0,4 м³ на 1 кг зброджуваного сухого матеріалу за нормальних умов і при витраті 5 кг сухої біомаси на 1 м³ води. Відомо, що існують три характерні рівні температур, переважних для певних видів бактерій. Зброджування при вищих температурах йде швидше, ніж при низьких, і характеризується приблизно подвоєнням виходу газу на кожні 5 °С. Низший рівень температури — психрофіличний, біля 20 °С, середній — мезофіличний, біля 30 °С, вищий — термофіличний, біля 55 °С. В тропіках зброджування йде без підігріву при температурі ґрунту в межах 20-30 °С, зброджування відповідає психрофіличному з тимчасовим інтервалом 14 днів. У країнах з холоднішим кліматом середовище для зброджування слід підігрівати, можливо, використовуючи частину біогазу, що виходить, до температури приблизно 35 °С. Деякі бактерії «працюють» при 55 °С. Їх використовують, якщо ставлять за мету скоріше розкласти матеріал, а не отримати додаткову кількість біогазу.

Біохімічні процеси при зброджуванні йдуть в три стадії, причому кожна забезпечується власною групою анаеробних бактерій.

1. Нерозчинні розкладні біологічно матеріали (наприклад, целюлоза, полісахариди, жири) розщеплюються на вуглеводи і жирні кислоти. У працюючому біогазогенераторі це відбувається при температурі 25 °С за добу.

2. Кислотопродукуючі бактерії утворюють переважно оцтова і пропіонова кислоти. Ця стадія при такій же температурі також йде доба.

3. Бактерії, створюючи метан, поволі, протягом зразкового 14 діб, при температурі 25 °С повністю зброджують початкові продукти, виробляючи 70 % CH₄ і 30 % CO₂ з малими домішками H₂ і можливо H₂S. H₂ може мати істотну роль, і насправді деякі бактерії (наприклад, Клострідіум) продукують водень.

Метанотвірні бактерії чутливі до величини рН: умови в середовищі повинні бути середньокислими (рН від 6,6 до 7,0) і, звичайно, не нижче рН = 6,2. Потрібний певний зміст азоту і фосфору: близько 10 і 2 % маси сухого зброджуваного матеріалу відповідно.

Золоте правило забезпечення успішного зброджування — підтримувати постійні умови по температурі і подачі початкових матеріалів. У стабільних умовах можуть бути виведені відповідні популяції бактерій, придатних саме для цих умов.

9.3. Лабораторна біогазова установка

Для визначення якості субстрату біосировини, необхідної для роботи біогазового реактора, у Технічному ліцеї Шевченківського району створили невелику лабораторну установку. Незважаючи на дуже просту конструкцію, отримуваних результатів тестування сировини достатньо для проектування великої установки. Подібний пристрій, основною частиною якого є три дволітрових пластикових пляшок і сполучні трубки, здатен змайструвати будь-який студент або фермер.

Для виконання тесту необхідно помістити різні зразки сировини (це може бути розведений водою коров'ячий або свинячий гній, курячий послід, інші органічні відходи або суміш перерахованих компонентів у різних пропорціях) у дві пластикові пляшки, які в даному випадку виконують роль біогазового реактора. Міні-реактори з'єднуються за допомогою трубок через невелику ванну (гідрозатвор) з газовими накопичувальними ємностями – газгольдерами, виготовленими з таких же пластикових пляшок.

Основним показником ефективності роботи пристрою є швидкість наповнення газгольдерів біогазом. Так можна оцінити майбутню продуктивність біореактора під час роботи на певній сировині. Зібраний у газгольдері газ через газовідвідну трубку подається на факел, де і спалюється. Ось принцип роботи лабораторної установки.

1. Нагрівальна ванна, $t = 32^{\circ}\text{C}$.
2. Реактор, наповнений субстратом, вологість 90-95 %.
3. Газовідвідна трубка.
4. Газгольдер.
5. Ванна з гідрозатвором.
6. Газовідвідна трубка з факелом.
7. Помпа, що подає воду в газгольдер.
8. Водовідвідна трубка.

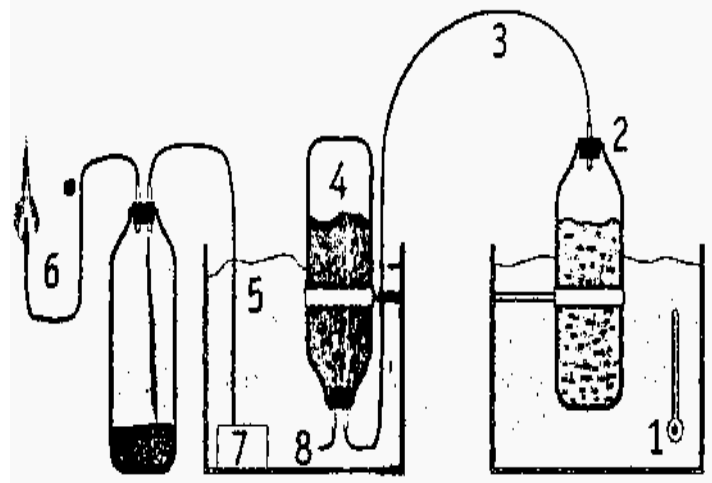


Рис. 6.2. Принципова схема

9.4. Розміри біогазогенераторів

Можливий енергетичний вихід установки на біогаз визначається співвідношенням

$$E = \eta / H_b \cdot V_b \quad (6.1)$$

де η – ККД газопальникового пристрою; складає приблизно 60 % (слід зазначити, що деяка кількість метану, що згорає, йде на підігрів CO_2 , що

входить до складу біогазу, і за рахунок цього не може бути витраченою на інші цілі; в результаті знижується ККД); H_2 – теплота згорання на одиницю об'єму біогазу (питома об'ємна теплота згорання біогазу), складає приблизно 20 МДж/м³ при парціальному тиску близько 103 кПа; V_b – об'єм отриманого біогазу.

Співвідношення (6.1) для чистого метану, що входить до складу біогазу, має наступний вигляд:

$$E = \eta H_m f_m V_b \quad (6.2)$$

де H_m – питома теплота згорання метану (56 МДж/кг, за нормальних умов 28 МДж/м³); f_m – частка метану в біогазі (близько 0,7).

Об'єм біогазу визначається з виразу

$$V_b = c m_0 \quad (6.3)$$

де c – вихід біогазу з сухої біомаси (від 0,2 до 0,4 м³/кг); m_0 – маса сухого збродженого матеріалу (наприклад, 2 кг/добу на одну корову).

Об'єм рідкої маси, що заповнює біогазогенератор, рівний

$$V_f = m_0 / \rho_m \quad (6.4)$$

де ρ_m – щільність сухого матеріалу, розподіленого в масі (близько 50 кг/м³).

Об'єм самого біогазогенератора визначається виразом

$$V_d = V_f t_r \quad (6.5)$$

де V_f – швидкість подачі збродженої маси в генератор; t_r – час перебування чергової порції в генераторі (від 8 до 20 діб).

Визначимо об'єм біогазу, що отримується за допомогою біогазогенератора, що утилізував гній чотирьох корів, і забезпечувану ним потужність. Час циклу збродження 14 діб, температура 30 °С, подача сухого збродженого матеріалу від однієї тварини йде із швидкістю 2 кг/добу, вихід біогазу складає 0,24 м³/кг, ефективність газопальникового пристрою – 0,6. Вміст метану в отриманому біогазі 0,8.

Рішення.

$$m_0 = 4 * 2 \text{ кг/добу} = 8 \text{ кг/добу.} \quad (1.6)$$

Згідно (1.4) об'єм рідкої маси складає

$$V_f = 8 \text{ кг/добу} / 50 \text{ кг/м}^3 = 0,16 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

(1.7)

З (1.5) об'єм біогазогенератора рівний

$$V_d = 20 \text{ діб} * 0,16 \text{ м}^3/\text{добу} = 3,2 \text{ м}^3. \quad (1.8)$$

З обліком (1.3)

$$V_b = 0,24 \text{ м}^3/\text{кг} * 8 \text{ кг/добу} = 1,92 \text{ м}^3/\text{добу.} \text{ Згідно (1.2)}$$

$E = 0,6 \cdot 28 \text{ МДж/м}^3 \cdot 0,8 \cdot 1,9 \text{ м}^3/\text{добу} = 26 \text{ МДж/добу} = 7,1 \text{ кВт-год/добу} = 300 \text{ Вт}$ (безперервно, тепла).

На сьогодні в Україні запропоновано концепцію будівництва великих біогазових установок (з об'ємом метантенка від 800 куб. м та вище), яка входить до концепції розвитку біоенергетики в Україні.

Таблиця 6.1

| Тип обладнання | Ємність ринку України, од. | Встановлена потужність | | Період роботи ч/рік | Заміщення вичерпаного палива млн. т у.п./рік | Зниження викидів CO ₂ млн т/рік | Загальні капіталовкладення млн. дол. США |
|--|----------------------------|------------------------|------------------|---------------------|--|--|--|
| | | МВт _т | МВт _г | | | | |
| Великі біогазові установки | 2903 | 711 | 325 | 8000 | 1,33 | 22,36 | 290 |
| Міні-електростанції на звалищному газі | 90 | 20 | 80 | 8000 | 0,24 | 3,26 | 80 |

6.5. Висновки

1. У світовій практиці різноманітні сучасні біоенерготехнології отримання та використання біогазу знаходять дуже широке застосування.

2. Метан (біогаз) з органічних відходів тваринництва та птахівництва у сільськогосподарському виробництві, із звалищ та полігонів ТПВ та з очисних комунальних споруд складає в Україні понад 30 % її загальних викидів метану в атмосферу, що руйнують озоновий шар та призводять до зміни клімату.

3. Біогаз, отриманий з використанням органічних відходів сільськогосподарського виробництва, які постійно поновлюються, є високоефективним альтернативним джерелом енергії.

4. Використання процесу анаеробного зброджування осадів стічних вод промисловості та комунального господарства, що має позитивний енергобаланс, дозволяє при досить високих економічних показниках вирішити для очищення стічних вод комплекс найважливіших задач – енергетичну, екологічну та технологічну, аналогічних випадку використання сільськогосподарських органічних відходів.

Залучення до паливно-енергетичного балансу України такого виду нетрадиційних енергоносіїв, яким є біогаз, отриманий з використанням сучасних біоенергетичних технологій, відповідає наполегливому проведенню в Україні політики енергозбереження та реалізації положень Енергетичної стратегії України до 2050 р. та Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 р.

Крім того, це буде сприяти дотриманню Україною вимог щодо екологічного стану довкілля у відповідності з Рамковою Конвенцією ООН про зміну клімату, виконанню взятих на себе зобов'язань з ратифікованою Паризькою кліматичною угодою.

Український уряд 1 травня поточного року схвалив енергетичну стратегію до 2050 року. Документ наразі під грифом «Для службового використання» і передається на ознайомлення в міністерства і профільні держкомпанії тільки в паперовому вигляді.

Стратегію розробляли фахівці Міненерго з енергетичними компаніями – «Енергоатомом», «Нафтогазом», «Укргідроенерго», представниками уряду Великої Британії та аудиторської компанії KPMG.

Підготовка стратегії за допомогою іноземних консультантів – поширена практика для багатьох країн, каже президентка аналітичного центру DiXi Group Олена Павленко. На розробку документа пішло близько двох років, додає вона. Цьогорічна енергетична стратегія – про зниження споживання газу, перспективи виробництва водню й біоетанолу. «Стратегія – ключовий документ, він має допомогти розвинути окремі сектори», – каже Павленко. Це сигнал для інвестора про те, які галузі будуть найперспективнішими.

Куди йде газ

У 2022 році Україна спожила 19,5 млрд. кубів газу, за даними урядової стратегії. Видобула 18,5 млрд. кубів. Найбільші споживачі – електростанції та ТЕЦ, які забезпечують теплом населення. Так буде і далі, очікує уряд.

Попит на газ найближчими роками зростатиме і в Україні, і у світі, йдеться у стратегії. Газ має стати перехідним паливом, щоб досягнути декарбонізації (коли Україна стане вуглецево нейтральною, у цій частині документа не говориться). Це перша українська стратегія із чотирьох, яка передбачає зростання споживання газу.

Енергетичні стратегії України

Стратегія до 2030 року, ухвалена у 2006 році.

Стратегія до 2030 року, ухвалена у 2013 році.

Стратегія до 2035 року, ухвалена у 2017 році.

У 2023 році Україна споживатиме на 2 % більше газу, наступного року – на 4 %, йдеться у стратегії.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|--|--|--|------------|-------------|
| | | | | | | | | | <i>Лист</i> |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | | | <i>ABP</i> | |

Схожий прогноз на початку травня озвучив керівник НАК «Нафтогаз» Олексій Чернишов: «Споживання газу не зростатиме шаленими темпами ані у 2023-му, ані у 2024 році». Суттєво впала економіка, зменшилось населення, пояснює він.

За стратегією, за 10 наступних років споживання зросте на 18 % – до 23 млрд. кубометрів газу. Пік попиту буде близько 2035 року, а потім піде на спад – до 10,4 млрд. кубів у 2050-му.

Як Україна задовольнятиме попит на газ? Заявлена стратегією мета – покрити власним видобутком газу попит вже у 2025 році. Попередня стратегія (уряд Володимира Гройсмана представив своє бачення розвитку галузі на 18 років у 2017-му) ставила таку саму ціль.

За базовим сценарієм стратегії, Україна наростить видобуток газу до 20 млрд. кубів (на 8 %) у 2024-му і 2025 роках, а наступними роками – на 7,5 %, до 21 млрд. кубів. Оптимістичний сценарій допускає видобуток понад 26 млрд. кубів у 2050-му.

Протягом останніх п'яти років державні видобувні компанії, які покривають 75 % ринку, знижували обсяги видобутку. Приватні показували стале зростання. Але заборона експорту через війну змінила тренд, тепер приватники теж очікують зниження показників. Як газова галузь змінить тренд останніх років, у стратегії не деталізується.

«Нафтогазу», щоб забезпечити тепло взимку, доводилося імпортувати блакитне паливо. Минулоріч закупівлі сягнули мінімуму за п'ять років – 1,54 млрд. кубів.

На початку травня Чернишов заявив, що держкомпанія не планує закуповувати газ за кордоном вже у 2023-му. «Імпорт – це пастка», – вважає Чернишов. Це не співпадає з баченням міністра енергетики Германа Галущенка, який казав на пресконференції у квітні, що навіть якщо цього року власне виробництво забезпечить споживання, то може знадобитися імпорт до 2 млрд. кубометрів. «Для впевненості», – аргументував міністр.

Прогнози аналітиків ExPro Consulting песимістичніші за урядові. У найгіршому випадку у 2030 році видобуток може впасти на 14 % – до 15,9 млрд. кубометрів.

На заміну газу

Із середини 2030-х років споживання газу почне знижуватися аж до 10,4 млрд. кубометрів у 2050-му. Це реалістично, каже колишній міністр енергетики Іван Плачков. Приватні споживачі будуть переходити на електроенергію, вважає він. Це саме написано у стратегії.

Промислові споживачі замінять газ воднем, розраховує український уряд. У цьому питанні Україна наслідує десятки інших країн, які ще кілька років тому опублікували свої водневі стратегії. У 2022 році Євросоюз виділив €5,2 млрд. на розвиток водневого проєкту, щоб знизити залежність від природного газу.

Уряд заклав початок виробництва водню у 2032 році (у попередній стратегії дати не було). Очікується, що до 2050-го вироблятимуть до 1,65 млн. т на рік. Споживання водню зростатиме, якщо людство винайде економічно вигідний спосіб його виробляти, але поки що це дуже дорого, каже Плачков.

Інший замітник природного газу, на який робить ставку уряд у своїх планах до 2050 року – біогаз. У квітні 2023-го в Україні запустили перший біометановий завод. В Україні реалізують п'ять біометанових проєктів до 2025 року, очікують в уряді.

Попередні біогазові установки виробляли електроенергію з біомаси.

У стратегії оцінили потенціал виробництва біоетанолу у 10 млрд. кубів на рік, з яких близько 4,5 млрд. кубів будуть потрібні Україні для власного споживання до 2050 року. Виробництво біометану з продуктів життєдіяльності ферм – локальна історія, вважає Плачков.

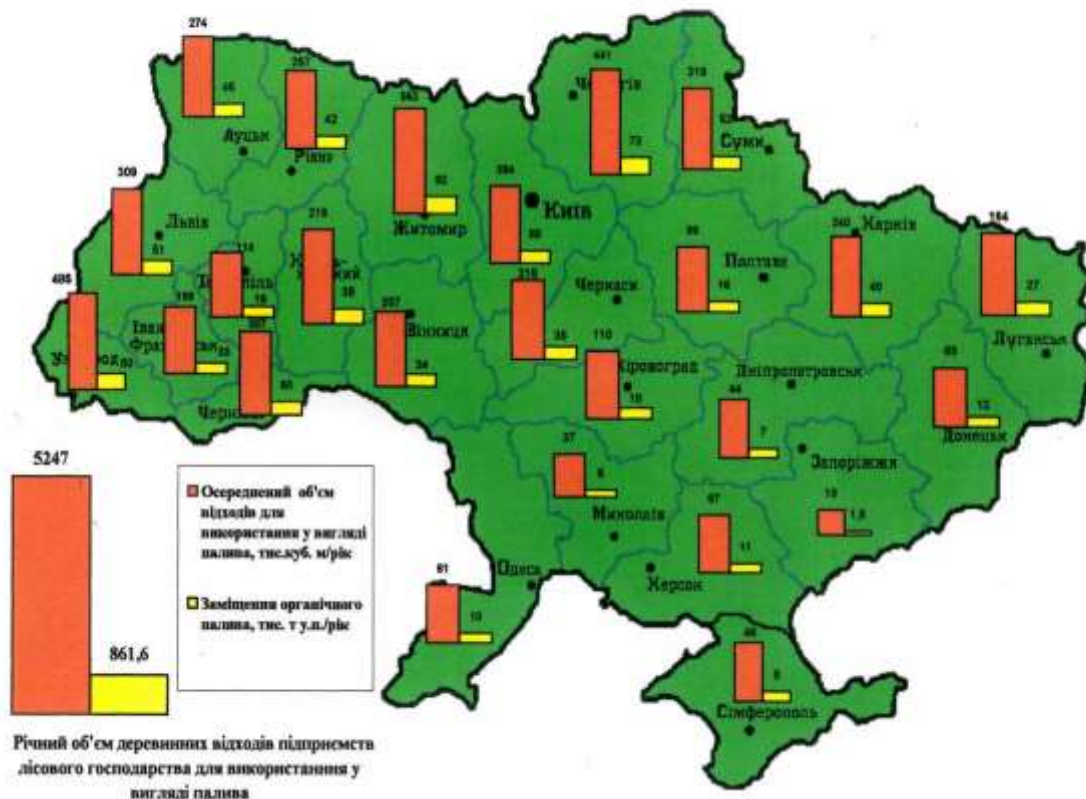


Рис. 6.2. Енергетичний потенціал відходів лісу в Україні

Таблиця 6.2

Енергетичний потенціал відходів лісу в Україні

| № п/п | Області | Осереднений об'єм відходів для використання у вигляді палива, тис. м ³ /рік | Заміщення органічного палива, тис. т у.п./рік |
|-------|-------------------|--|---|
| 1. | Вінницька | 207 | 34 |
| 2. | Волинська | 274 | 45 |
| 3. | Дніпропетровська | 44 | 7 |
| 4. | Донецька | 69 | 12 |
| 5. | Житомирська | 563 | 92 |
| 6. | Закарпатська | 485 | 80 |
| 7. | Запорізька | 10 | 1,6 |
| 8. | Івано-Франківська | 199 | 33 |
| 9. | Київська | 394 | 65 |

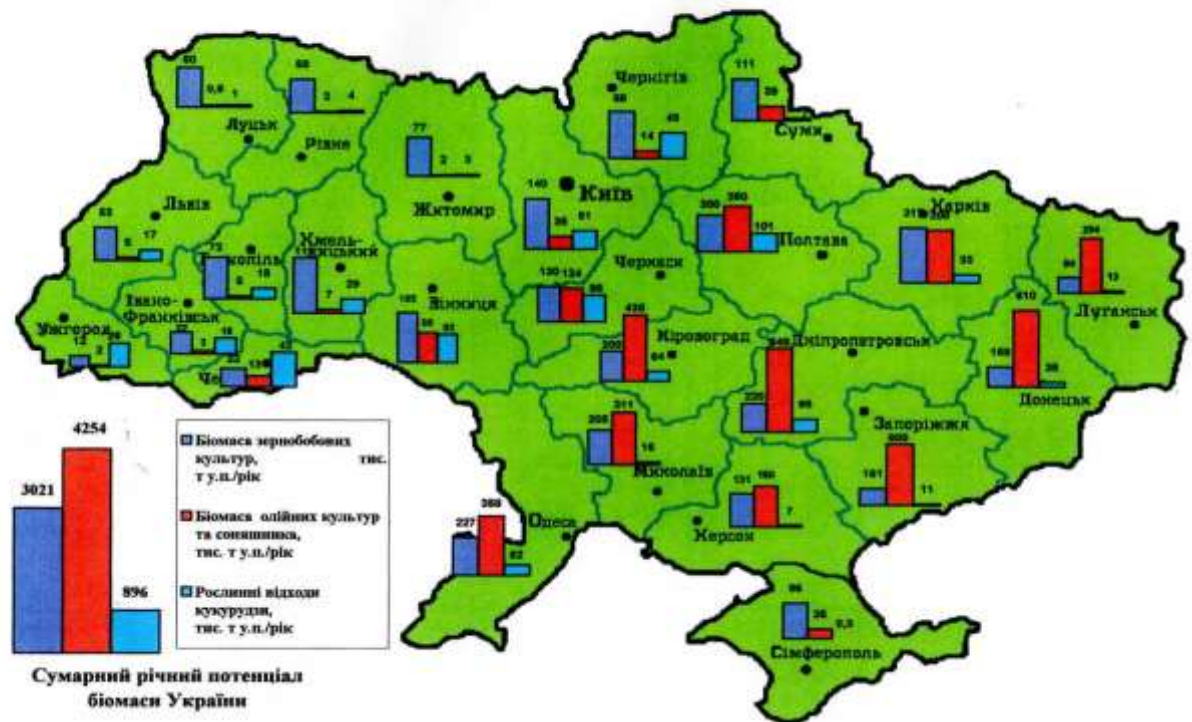


Рис. 6.3. Потенціал рослинної сільськогосподарської біомаси в Україні

Таблиця 6.3
Енергетичний потенціал рослинної сільськогосподарської біомаси в Україні

| № п/п | Області | Біомаса зернобобових культур, тис. т у.п./рік | Біомаса соняшника, тис. т у.п./рік | Рослинні відходи кукурудзи, тис. т у.п./рік | Рослинні відходи овочів відкритого і закритого ґрунту, тис. т у.п./рік |
|-------|------------------|---|------------------------------------|---|--|
| 1. | Вінницька | 295 | 147 | 342 | 54 |
| 2. | Волинська | 25 | 0 | 21 | 25 |
| 3. | Дніпропетровська | 128 | 767 | 731 | 101 |
| 4. | Донецька | 44 | 645 | 410 | 130 |
| 5. | Житомирська | 58 | 1 | 39 | 37 |
| 6. | Закарпатська | 9 | 3 | 87 | 26 |
| 7. | Запорізька | 81 | 703 | 391 | 71 |

| | | | | | |
|-----|-------------------|------|------|------|------|
| 8. | Івано-Франківська | 19 | 0 | 44 | 23 |
| 9. | Київська | 177 | 11 | 188 | 112 |
| 10. | Кіровоградська | 117 | 535 | 440 | 38 |
| 11. | Луганська | 101 | 531 | 257 | 70 |
| 12. | Львівська | 33 | 0 | 33 | 38 |
| 13. | Миколаївська | 91 | 443 | 181 | 60 |
| 14. | Одеська | 143 | 552 | 438 | 105 |
| 15. | Полтавська | 225 | 350 | 450 | 62 |
| 16. | Рівненська | 25 | 0 | 38 | 28 |
| 17. | Сумська | 138 | 60 | 159 | 41 |
| 18. | Тернопільська | 137 | 0 | 82 | 30 |
| 19. | Харківська | 143 | 549 | 368 | 71 |
| 20. | Херсонська | 70 | 278 | 283 | 86 |
| 21. | Хмельницька | 182 | 1 | 306 | 41 |
| 22. | Черкаська | 214 | 180 | 437 | 74 |
| 23. | Чернівецька | 36 | 1 | 183 | 28 |
| 24. | Чернігівська | 86 | 9 | 117 | 44 |
| 25. | АР Крим | 16 | 14 | 118 | 90 |
| | ВСЬОГО | 2593 | 5780 | 6143 | 1485 |

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата |

АВР

Лист

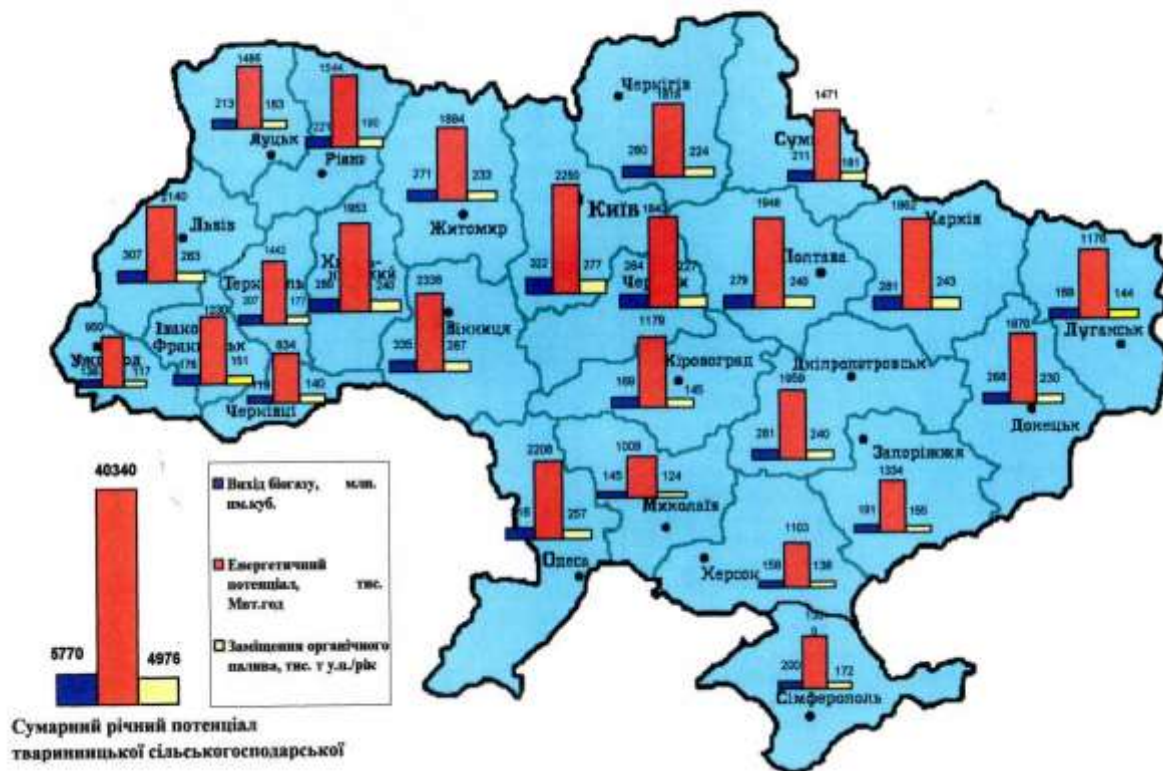


Рис. 6.4. Потенціал тваринницької сільськогосподарської біомаси в Україні

Таблиця 6.4

Енергетичний потенціал тваринницької сільськогосподарської біомаси в Україні

| № п/п | Області | Кількість гною, млн.т/рік | Вихід біогазу, млн.м ³ /рік | Заміщення орг. палива, тис. т у.п./рік |
|-------|-------------------|---------------------------|--|--|
| 1. | Вінницька | 5,3 | 277 | 144 |
| 2. | Волинська | 3,6 | 184 | 94 |
| 3. | Дніпропетровська | 3,8 | 238 | 122 |
| 4. | Донецька | 3,6 | 234 | 120 |
| 5. | Житомирська | 4,7 | 242 | 125 |
| 6. | Закарпатська | 2,0 | 114 | 58 |
| 7. | Запорізька | 2,7 | 159 | 82 |
| 8. | Івано-Франківська | 3,0 | 158 | 80 |
| 9. | Київська | 4,4 | 276 | 143 |

| | | | | |
|-----|----------------|-----|-----|-----|
| 10. | Кіровоградська | 2,5 | 138 | 72 |
| 11. | Луганська | 2,4 | 138 | 69 |
| 12. | Львівська | 5,3 | 282 | 144 |
| 13. | Миколаївська | 2,4 | 128 | 69 |
| 14. | Одеська | 6,9 | 274 | 141 |
| 15. | Полтавська | 4,4 | 237 | 134 |
| 16. | Рівненська | 3,6 | 188 | 96 |
| 17. | Сумська | 3,4 | 179 | 93 |
| 18. | Тернопільська | 3,4 | 181 | 92 |
| 19. | Харківська | 4,4 | 145 | 126 |
| 20. | Херсонська | 2,4 | 134 | 68 |
| 21. | Хмельницька | 4,8 | 235 | 121 |
| 22. | Черкаська | 3,8 | 212 | 109 |
| 23. | Чернівецька | 1,9 | 105 | 38 |
| 24. | Чернігівська | 4,3 | 234 | 121 |
| 25. | АР Крим | 3,2 | 187 | 96 |
| | ВСЬОГО | | | |

6.1. Аналіз існуючого становища

Метою соціальної держави, якою відповідно до Конституції є Україна, має бути всебічне забезпечення добробуту громадян. Однією з найважливіших його складових у цивілізованих державах є задоволення житлово-комунальних та соціальних потреб громадян. Інженерна інфраструктура України на сьогодні – основний споживач паливно-енергетичних ресурсів (протягом поточного опалювального періоду держава не планує закуповувати блакитне паливо – основний енергоносіє для потреб теплопостачання – закордоном) і в той же час найбільш не реформована та економічно відстала галузь. Загалом рівень енергозалежності в країні є середньоєвропейським (водночас валовий внутрішній продукт України значно більш енергоємний – у 2-3 рази), проте має тенденцію до зниження. Окрім того, він характеризується практично повною відсутністю диверсифікації джерел постачання енергоносіїв (за європейськими стандартами згідно з рекомендаціями МЕА прийнятним є надходження з одного джерела не більше третини від потреби).

Житловий фонд України нараховує приблизно 1.1 млрд. м² загальної площі і представлений в основному будинками, спорудженими в 60-80 рр. минулого століття. Теплотехнічні властивості зовнішніх огорожень відповідали тогочасним вимогам нормативних документів, зокрема – вимогам СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» [1]. Сьогодні такі будівлі відрізняє високий рівень витрат енергії (згідно з класифікацією ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» [2] вони відносяться до класу енергоефективності значно нижчого за мінімально допустимий показник «С»). Таким чином, зменшення споживання традиційних органічних видів палива при експлуатації житлових і громадських будівель та скорочення викидів парникових газів з продуктами спалювання в атмосферне повітря є актуальною проблемою.

Зниження витрат енергії при роботі систем теплопостачання і вентиляції будівель та споруд різного призначення завжди було одним із основних завдань, які слід вирішувати при проектуванні та експлуатації систем інженерного забезпечення будівель. Наприклад, в роботі [3] розглянуто енергозберігаючі заходи та обґрунтовано економічну доцільність їх застосування. Проте можливість практичної реалізації в першу чергу визначалась вартістю енергоносіїв, яка в колиш. СРСР була низькою. Наприклад, ціна природного газу для населення становила 10 крб./1000 м³. Тобто, середньостатистичний громадянин мав формальну можливість оплатити не менше 10 тис. м³ газу на місяць, і в структурі його бюджету оплата комунальних послуг носила незначну величину.

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [4], ст.12 встановив послідовність заходів щодо забезпечення і/або підвищення рівня енергетичної ефективності існуючих будівель. Першим етапом реалізації поставлених завдань, а у кінцевому випадку – повної ліквідації енергозалежності держави, є зменшення споживання органічних видів палива. А вже далі слід переходити до реконструкції існуючих інженерних систем будівель та мереж і споруд на них у населених пунктах. З підвищенням енергоефективності нерозривно пов'язані питання скорочення викидів парникових газів в атмосферне повітря.

Дана робота присвячена дослідженню ефективності реалізації першочергових заходів щодо термомодернізації житлових будинків та систем централізованого теплопостачання населених пунктів.

Для кліматичних умов місце розташування котеджного містечка величина нормативного опору теплопередачі зовнішніх стін на момент спорудження будинку складала $R_{норм.} = 0,75 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ [1]. Вимога сьогодення – $R_{q \text{ min}} = 3,3 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ [2]. Для інших огорожувальних конструкцій значення наведені у табл.6.1.

Таблиця 6.1

Порівняння теплотехнічних показників зовнішніх огорожень житлових і громадських будинків (для умов I температурної зони України)

| Вид огорожувальної конструкції | Нормативні величини опорів теплопередачі, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$ | | Співвідношення |
|--|--|--------------|---------------------------------|
| | СНиП II-3-79 | ДБН В.2.6-31 | $R_{норм.} / R_{q \text{ min}}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Зовнішні стіни | 0,75 | 3,3 | 4,40 |
| 2. Покриття й перекриття неопалюваних горищ | 1,01 | 4,95 | 4,90 |
| 3. Перекриття над неопалюваними підвалами | 1,68 | 3,75 | 2,23 |
| 4. Вікна, балконні двері, світлопрозорі фасади | 0,34 | 0,75 | 2,21 |
| 5. Вхідні двері | 0,45 | 0,6 | 1,33 |

Приведений коефіцієнт теплопередачі зовнішньої оболонки існуючої будівлі становить $K_{існ.} = 1,06 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$. Після виконання додаткового утеплення зовнішніх огорожень, заміни заповнень світлових прорізів у відповідності з вимогами чинного ДБН В.2.6-31 [2] він істотно (більше, чим у 3 р.) зменшиться – $K_{термомод.} = 0,34 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$. Відповідно, стануть меншими (приблизно у 2,9 р.) максимально годинні витрати теплоти для потреб опалення будинку. Відмінність

у співвідношеннях $K_{існ.}/K_{термомод.}$ і $Q_{існ.}/Q_{термомод.}$ викликана у першу чергу збільшенням нормативних значень температури внутрішнього повітря – з 18 до 20 °С у відповідності з вимогами ДБН В.2.2-15 «Житлові будинки» [5].

Тобто, покращивши теплозахист усього комплексу зовнішніх конструкцій, можна досягти значної економії первинної енергії для потреб опалення: питомі витрати з існуючих 200 мають зменшитись до 60 кВт-год/м²·рік до 2035 р. у відповідності зі Стратегією [6].

В структурі теплопостачання населених пунктів України переважають централізовані системи. До їх складу входять наступні структурні елементи:

1) джерела теплоти – котельні різного типу (майже 100 тисяч) або теплоелектроцентралі (близько 250); основний вид палива – природний газ (для котелень – до 50 %, для ТЕЦ – до 80 %) [6], який надходить з міських газорозподільних мереж, а в окремих випадках – великі ТЕЦ – з магістральних газопроводів;

2) підземні водяні теплові мережі, які прокладені, як правило, у непрохідних каналах (протяжність магістральних і розподільчих теплових мереж (за винятком власних тепломереж промислових підприємств) становить майже 25 тис. км в двотрубному обчисленні, в т.ч.: комунальні тепломережі – 20,8 тис. км діаметром від 50 до 800 мм; стан більшості тепломереж незадовільний: понад 38% тепломереж експлуатуються понад 25 років, 53% – понад 10 років і лише 9% тепломереж мають термін експлуатації менше 10 років) [6];

3) теплові пункти (індивідуальні або центральні), які приєднуються до міських теплових мереж, і в яких підключають системи опалення і гарячого водопостачання, відповідно, окремого будинку або їх групи.

Системи теплопостачання, як і вся інша інженерна інфраструктура населених пунктів, морально застаріли, потребують практично 100-% заміни або реконструкції: котельне обладнання відзначається високими питомими витратами палива, не відповідає сучасним екологічним вимогам і нормативам; теплові мережі мають значні втрати теплоти при її транспортуванні від джерела до споживача (до 30 %); в теплових пунктах, які приєднані за залежною схемою до існуючих мереж з встановленням елеваторних вузлів, відсутнє регулювання теплових навантажень. Відповідно, приведений коефіцієнт корисної дії існуючих систем централізованого теплопостачання не перевищує $\eta_{існ.} = 0,5$.

Після реконструкції системи теплопостачання, а саме:

1) заміни обладнання джерел теплоти з одночасним зменшенням температур теплоносія з $T_{1 існ.} = 150$ до $T_{1 термомод.} = 100$ °С;

2) застосування попередньо ізольованих труб для реконструкції теплових мереж з прокладанням безпосередньо у ґрунті (т.зв. «безканалне прокладання») або у прохідних каналах (поряд з іншими інженерними комунікаціями),

3) встановлення у кожному будинку автоматизованих індивідуальних теплових пунктів, які приєднуються до теплових мереж за незалежною схемою, систем обліку, контрольно-вимірювального обладнання тощо приведений коефіцієнт корисної дії підвищується до $\eta_{\text{термомод.}} = 0,7-0,75$.

Виконані розрахунки показують, що реалізація вказаних вище першочергових заходів з підвищення енергоефективності існуючих житлових будинків та систем централізованого теплопостачання дозволить зменшити теплову потужність джерел теплоти, а, відповідно, і витрат первинного палива – природного газу як основного для потреб теплопостачання населених пунктів України – до 3,5-4,0 р. Подальше впровадження альтернативних джерел енергії, наприклад, енергії Сонця в першу чергу, а також використання вторинних енергоресурсів (теплоти повітря витяжних вентиляційних систем, стоків систем водовідведення тощо) за допомогою теплонасосних технологій для потреб теплопостачання будинків дозволить зменшити необхідний ресурс традиційного палива.

Заміна частки систем генерації теплоти на органічному паливі системами акумуляційного електричного та електрогідродинамічного нагріву на позапіковій електроенергії не потребує введення нових електрогенеруючих потужностей і сприятиме підвищенню ефективності використання генеруючого обладнання за рахунок ущільнення графіків електричних навантажень (підвищення рівнів нічних та денних мінімумів електроспоживання).

Реалізація вказаних заходів зможе дозволити залишити в якості основного органічного палива для потреб теплопостачання населених пунктів України природний газ, тим більш, що розвідані запаси дозволяють збільшити його видобуток і повністю відмовитись від закупівель закордоном [6]. Водночас це сприятиме покращенню довкілля за рахунок зменшення викидів парникових газів в атмосферне повітря.

Загалом при спалюванні органічних палив разом з димовими газами в атмосферне повітря надходять такі інгредієнти:

1) забруднюючі речовини:

- а) тверді частки у вигляді золи, сажі тощо;
- б) оксиди сірки SO_x в перерахунку на діоксид сірки SO_2 ;
- в) оксиди азоту NO_x в перерахунку на діоксид азоту NO_2 ;
- г) оксид вуглецю CO ;

6.2. Методика розрахунку викидів продуктів спалювання ТГУ в атмосферне повітря

6.2.1. Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок

Показник емісії речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (далі – твердих частинок) визначається як специфічний і розраховується за формулою:

$$k_{\text{ТВ}} = \frac{10^6}{Q_i^r} a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} (1 - \eta_{\text{зв}}) + k_{\text{ТВS}}, \quad (6.2)$$

або

$$k_{\text{ТВ}} = \frac{10^6}{Q_i^r} \left(a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100} + \frac{q_4}{100} \cdot \frac{Q_i^r}{Q_c} \right) (1 - \eta_{\text{зв}}) + k_{\text{ТВS}}, \quad (6.3)$$

де $k_{\text{ТВ}}$ – показник емісії твердих частинок, г/ГДж; Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг; A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %; $a_{\text{вин}}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи; Q_c – теплота згоряння вуглецю до CO_2 , яка дорівнює 32,68 МДж/кг; q_4 – втрати тепла, пов'язані з механічним недопалом палива, %; $\eta_{\text{зв}}$ – ефективність очищення димових газів від твердих частинок; $\Gamma_{\text{вин}}$ – масовий вміст горючих речовин у викидах твердих частинок, %; $k_{\text{ТВS}}$ – показник емісії твердих продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки і твердих частинок сорбенту, г/ГДж.

Вміст золи A^r в паливі та горючих у викиді твердих частинок $\Gamma_{\text{вин}}$ визначаються при проведенні технічного аналізу за ГОСТ 11022-95 (ISO 1171-81) палива і леткої золи, яка виходить з енергетичної установки, відповідно.

Зола палива виходить з котельної установки у вигляді леткої золи (виносу) та або донної золи (шлаку). Частка золи, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді леткої золи, $a_{\text{вин}}$ залежить від технології спалювання палива і визначається за даними останніх випробувань енергетичної установки, а за їх відсутності – за паспортними даними. За відсутності таких даних значення $a_{\text{вин}}$ приймаються згідно з таблицею Д.1 (додаток Д) [7].

Значення ефективності очищення димових газів від твердих частинок $\eta_{\text{зв}}$ визначається за результатами останніх випробувань золоуловлювальної установки або за її паспортними даними. Ефективність золоуловлювальної установки визначається як різниця між одиницею та відношенням масових концентрацій твердих частинок після і до золоуловлювальної установки.

При використанні сорбенту для зв'язування оксидів сірки в топці котла (наприклад, за технологіями спалювання палива в киплячому шарі) чи при застосуванні технологій сухого або напівсухого зв'язування сірки утворюються тверді частинки сульфату та сульфіту і невикористаного сорбенту. Показник

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | | | | | АВР |

емісії твердих частинок невикористаного в енергетичній установці сорбенту та утворених сульфатів і сульфітів $k_{\text{твС}}$, г/ГДж, розраховується за формулою

$$k_{\text{твС}} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{S^r}{100} \left[\eta_I \frac{\mu_{\text{прод}}}{\mu_S} + (m - \eta_I) \frac{\mu_{\text{сорб}}}{\mu_S} \right] a_{\text{вин}} (1 - \eta_{\text{зу}}), \quad (7.4)$$

де Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг; S^r – масовий вміст сірки в паливі на робочу масу, %; $a_{\text{вин}}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи; $\mu_{\text{прод}}$ – молекулярна маса твердого продукту взаємодії сорбенту та оксидів сірки, кг/кмоль; $\mu_{\text{сорб}}$ – молекулярна маса сорбенту, кг/кмоль; μ_S – молекулярна маса сірки, яка дорівнює 32 кг/кмоль; m – мольне відношення активного хімічного елементу сорбенту та сірки (таблиця Д.2 [додатка Д](#)) [7]; η_I – ефективність зв'язування сірки сорбентом у топці або при застосуванні сухих та напівсухих методів десульфуризації димових газів (таблиці Д.2 і Д.3 [додатка Д](#)) [7]; $\eta_{\text{зу}}$ – ефективність очистки димових газів від твердих частинок.

6.2.2. Діоксид сірки SO₂

Показник емісії k_{SO_2} , г/ГДж, оксидів сірки SO₂ та SO₃, у перерахунку на діоксид сірки SO₂, які надходять у атмосферу з димовими газами, є специфічним і розраховується за формулою

$$k_{\text{SO}_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta), \quad (6.5)$$

де Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг; S^r – вміст сірки в паливі на робочу масу за проміжок часу P , %; η_I – ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом у енергетичній установці; η_{II} – ефективність очистки димових газів від оксидів сірки; β – коефіцієнт роботи сіркоочисної установки.

Масовий вміст сірки в робочій масі потрібно визначати під час технічного аналізу палива відповідно до ГОСТ 27313—95 (ISO 1170—77).

Усереднені значення вмісту сірки для різних видів і марок палива наведено в [додатку Г](#) [7]. Ці значення беруться у випадку відсутності достовірних даних технічного аналізу.

Ефективність зв'язування оксидів сірки золою або сорбентом у енергетичній установці η_I залежить від технології спалювання та хімічного складу палива, яке спалюється, і типу сорбенту. Під час спалювання твердого палива, до мінеральної складової якого входять сполуки лужних та лужноземельних металів,

відбувається часткове зв'язування сірки з утворенням сульфатів або сульфідів. Під час спалювання твердого палива за технологіями киплячого шару подача сорбенту разом з паливом забезпечує ефективне зв'язування сірки в топці енергетичної установки. За відсутності даних для енергетичної установки про ефективність зв'язування сірки в топковому просторі значення η_l для різних технологій спалювання палива приймаються згідно з таблицею Д.2 [7].

Димові гази можуть бути очищені від оксидів сірки в сіркоочисних установках шляхом застосування технологій десульфуризації димових газів з різною ефективністю очищення η_{II} . Коефіцієнт роботи сіркоочисної установки β визначається як відношення часу роботи сіркоочисної установки до часу роботи енергетичної установки. Для розрахунків необхідно використовувати значення η_{II} , одержане під час останнього випробування сіркоочисної установки, і значення β , одержане при аналізі даних про роботу очисної та енергетичної установок у цілому. За відсутності таких даних значення ефективності сіркоочищення димових газів та коефіцієнта роботи сіркоочисної установки за різними технологіями десульфуризації приймаються згідно з таблицею Д.3 [7].

До установок десульфуризації димових газів відносяться і деякі види золоуловлювальних установок. Для електростатичних фільтрів та циклонів ефективність уловлення оксидів сірки η_{II} є незначною і дорівнює нулю. Для мокрих золоуловлювальних установок (мокрих скрубєрів типу МС та МВ) величина η_{II} залежить від загальної лужності води на зрошення та від вмісту сірки в паливі S' . Приведений вміст сірки визначається як відношення масового вмісту сірки на робочу масу палива до нижчої робочої теплоти згоряння палива ($S' = S^r/Q_i^r$). Дані про ефективність уловлення оксидів сірки в мокрих скрубєрах наведено в таблиці Д.4 [7].

6.2.3. Оксиди азоту NO_x

Під час спалювання органічного палива утворюються оксиди азоту NO_x (оксид азоту NO та діоксид азоту NO_2), викиди яких визначаються в перерахунку на NO_2 .

Показник емісії оксидів азоту k_{NO_x} , г/ГДж, з урахуванням заходів скорочення викиду розраховується як

$$k_{NO_x} = (k_{NO_x})_0 f_n (1 - \eta_l)(1 - \eta_{II}\beta), \quad (6.6)$$

де $(k_{NO_x})_0$ – показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж; f_n – ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні; η_l – ефективність первинних (режимно-технологічних) заходів

скорочення викиду; η_{II} – ефективність вторинних заходів (азотоочисної установки); β – коефіцієнт роботи азотоочисної установки.

Для конкретної теплогенеруючої установки специфічний показник емісії оксидів азоту може бути визначено на основі результатів випробувань енергетичної установки, документально підтверджених відповідними актами. Формулу перерахунку значення вимірної концентрації забруднювальної речовини в показник емісії приведено в [додатку А](#) [7].

Значення узагальненого показника емісії оксидів азоту під час спалювання органічного палива за різними технологіями без урахування заходів щодо скорочення викиду NO_x визначаються згідно з таблицею Д.5 [7].

Під час роботи ТГУ на низькому навантаженні зменшується температура процесу горіння палива, завдяки чому скорочується викид оксидів азоту. Ступінь зменшення викиду NO_x при цьому визначається за емпіричною формулою

$$f_n = (Q_\phi / Q_n)^z, \quad (6.7)$$

де f_n – ступінь зменшення викиду оксидів азоту під час роботи на низькому навантаженні; Q_ϕ – фактична теплова потужність енергетичної установки, МВт; Q_n – номінальна теплова потужність енергетичної установки, МВт; z – емпіричний коефіцієнт, який залежить від виду енергетичної установки, її потужності, типу палива тощо.

Якщо відома тільки продуктивність парового котла D , його теплова потужність Q визначається згідно з [додатком Ж](#) [7]. Емпіричний коефіцієнт z визначається під час випробувань енергетичної установки. За їх відсутності значення z береться з таблиці Д.6 [7].

Первинні (режимно-технологічні) заходи спрямовано на зменшення утворення оксидів азоту в топці або камері згоряння теплогенеруючої установки. До цих заходів відносяться: використання малотоксичних пальників, ступенева подача повітря та палива, рециркуляція димових газів тощо. Значення ефективності застосування первинних заходів η_I , окремих та їх комбінацій, визначаються за результатами випробувань енергетичної установки після їх впровадження і затверджуються відповідними актами. Орієнтовні значення ефективності первинних заходів зменшення викиду оксидів азоту наведено в таблиці Д.7 [7].

За неможливості досягти за допомогою первинних заходів допустимої концентрації оксидів азоту в димових газах для їх очищення від NO_x використовують азотоочисну установку. Значення ефективності η_{II} та коефіцієнта роботи азотоочисної установки (відношення часу роботи азотоочисної установки

до часу роботи енергетичної установки) визначаються під час випробувань, а за їх відсутності — згідно з таблицею Д.8 [7].

6.2.4. Оксид вуглецю CO

Утворення оксиду вуглецю CO є результатом неповного згоряння вуглецю органічного палива. Зі зменшенням потужності енергетичної установки концентрація CO в димових газах зростає. Основним методом визначення викидів оксиду вуглецю є вимірювання його концентрації.

За відсутності постійних вимірювань концентрації CO валовий викид оксиду вуглецю визначається за формулою (6.1).

Для конкретної енергетичної установки специфічний показник емісії оксиду вуглецю може бути визначено на основі результатів випробувань енергетичної установки, документально підтверджених відповідними актами. Формулу перерахунку значення вимірної концентрації забруднювальної речовини в показник емісії приведено в [додатку А](#) [7].

Значення узагальненого показника емісії оксиду вуглецю залежно від виду палива, потужності енергетичної установки та технології спалювання визначаються з таблиці Е.1[7].

6.2.5. Діоксид вуглецю CO_2

Діоксид вуглецю (вуглекислий газ CO_2) відноситься до парникових газів і є основним газоподібним продуктом окислення вуглецю органічного палива. Обсяг викиду CO_2 безпосередньо пов'язано із вмістом вуглецю в паливі та ступенем окислення вуглецю палива в енергетичній установці.

Показник емісії діоксиду вуглецю k_{CO_2} , г/ГДж, під час спалювання органічного палива визначається за формулою

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_i^r} \varepsilon_C = 3,67 k_C \varepsilon_C, \quad (6.8)$$

де C^r – масовий вміст вуглецю в паливі на робочу масу, %; Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг; ε_C – ступінь окислення вуглецю палива ([додаток А](#)) [7]; k_C – показник емісії вуглецю палива, г/ГДж.

Масовий вміст вуглецю в паливі визначається на основі елементного аналізу палива, що спалюється. Для газоподібного палива його може бути визначено, якщо відомий об'ємний вміст компонентів газоподібного палива ([додаток Б](#)) [7]. За відсутності даних про паливо, яке спалюється, необхідно користуватись даними [додатка Г](#) [7].

Фізико-хімічні властивості палив

| Паливо | A_r , % | W_r , % | Елементний склад (масовий вміст на горючу масу), % | | | | | | Теплота спалювання нижча Q_p^H , МДж/кг |
|------------------|-----------|-----------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| | | | C^{daf} | H^{daf} | S^{daf} | O^{daf} | N^{daf} | V^{daf} | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Вугілля марки ГР | 23 | 10 | 79,5 | 5,2 | 3,7 | 10,3 | 1,3 | 39 | 20,47 |
| Деревина | 0,7 | 30,0 | 35,4 | 4,2 | 0 | 29,3 | 0,4 | | 12,31 |
| Солома | 4,5 | 10,0 | 42,7 | 5,3 | 0,1 | 36,9 | 0,5 | | 15,70 |
| Лушпиння соняхів | 2,4 | 15,0 | 42,5 | 4,9 | 0,16 | 34,6 | 0,44 | | 19,13 |
| Торф | 14,9 | 30,0 | 30,7 | 3,5 | 0,2 | 19,2 | 1,5 | | 11,97 |
| Газ | | | | | | | | | 33,01 |

Примітки. A_r – зольність палива у робочому стані; W_r – те ж, вологість.

6.4. Податкові зобов'язання за викиди в атмосферне повітря

Податкові зобов'язання за викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря розраховують у відповідності з вимогами [10] на підставі ставок податку, які вказано у табл.6.3.

Таблиця 6.3

Ставки податку на викиди забруднюючих речовин і парникових газів

| Речовина | NO_x | CO | CO_2 | N_2O | CH_4 | SO_2 | сажа |
|------------------------|---------|-------|--------|---------|--------|---------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ставка податку, грн./т | 1968,65 | 74,17 | 0,33 | 3224,65 | 111,26 | 1968,65 | 74,17 |

6.5. Розрахунки викидів продуктів спалювання в атмосферне повітря

Для котельні школи після заміни природного газу альтернативними паливами (див. табл.6.2) при незмінній тепловій потужності теплогенеруючих установок (водогрійних котлів) обраховано викиди забруднювальних речовин і парникових газів згідно з методикою, поданою в розд.6.1. При визначенні витрат палива значення коефіцієнтів корисної дії прийнято в межах 0,8...0,82 згідно з паспортною характеристикою котлів. Заходів щодо очистки викидів продуктів спалювання в атмосферне повітря не передбачено на даній стадії проектування. Тривалість роботи ТГУ при максимальному навантаженні протягом опалювального періоду складає 2140 годин. Результати розрахунку наведено у табл.6.4.

Таблиця 6.4

Результати розрахунків викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря протягом

опалювального періоду

| Показник | Умовн. позначення | Один. виміру | Паливо | | | | | |
|---|-------------------|--------------|------------|----------|------------|--------|--------|--------------|
| | | | дере- вина | соло- ма | луш- пиння | торф | газ | вугіл- ля ГР |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1. Витрата палива | B | т | 265 | 208 | 171 | 274 | 64 | 160 |
| А. Викиди забруднювальних речовин (ЗР) | | | | | | | | |
| 2. Оксиди азоту: | | | | | | | | |
| - показник емісії | k_{NOx} | г/ГДж | 50 | 50 | 50 | 50 | 42 | 123 |
| - валовий викид | E_{NOx} | т | 0,1631 | 0,1633 | 0,1636 | 0,164 | 0,0887 | 0,4028 |
| 3. Оксиди сірки: | | | | | | | | |
| - показник емісії | k_{SOx} | г/ГДж | 0 | 121 | 159 | 332 | 0 | 2808 |
| - валовий викид | E_{SOx} | т | 0 | 0,3951 | 0,5201 | 1,0889 | 0 | 9,1967 |
| 4. Оксид вуглецю: | | | | | | | | |
| - показник емісії | k_{CO} | г/ГДж | 121 | 121 | 121 | 121 | 17 | 121 |
| - валовий викид | E_{CO} | т | 0,3947 | 0,3951 | 0,3958 | 0,3969 | 0,0359 | 0,3963 |
| 5. Тверді частки: | | | | | | | | |
| - показник емісії | $k_{сажi}$ | г/ГДж | 87 | 437 | 191 | 1893 | 0 | 4263 |
| - валовий викид | $E_{сажi}$ | т | 0,2838 | 1,4271 | 0,6248 | 6,2086 | 0 | 13,962 |
| 6. Разом ЗР | ΣE_1 | т | 0,8416 | 2,3806 | 1,7043 | 7,8584 | 0,1246 | 23,958 |
| Б. Викиди парникових газів (ПГ) | | | | | | | | |
| 7. Діоксид вуглецю | | | | | | | | |
| - показник емісії | k_{CO2} | г/ГДж | 105328 | 99574 | 81320 | 93278 | 58593 | 126293 |
| - валовий викид | E_{CO2} | т | 343,6 | 325,2 | 266,0 | 305,9 | 123,78 | 413,6 |
| 8. Метан: | | | | | | | | |
| - показник емісії | k_{CH4} | г/ГДж | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| - валовий викид | E_{CH4} | т | 0,0033 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0021 | 0,0033 |
| 9. Оксид діазоту: | | | | | | | | |
| - показник емісії | k_{N2O} | г/ГДж | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 0,1 | 1,4 |
| - валовий викид | E_{N2O} | т | 0,0046 | 0,0046 | 0,0046 | 0,0046 | 0,0002 | 0,0046 |
| 10. Разом ПГ: | ΣE_2 | т | 343,61 | 325,21 | 266,01 | 305,91 | 123,78 | 413,61 |
| 11. Всього ЗР+ПГ: | ΣE | т | 344,45 | 327,59 | 267,71 | 313,77 | 123,91 | 437,57 |
| В. Економічні показники | | | | | | | | |
| 12. Вартість палив | ВП | тис.рн. | 795 | 416 | 299 | 603 | 614 | 416 |
| 13. Податкові зо- бов'язання | ПЗ | грн. | 500 | 1328 | 1525 | 3073 | 219 | 20115 |

6.6. Аналіз результатів розрахунків

Найбільш екологічно небезпечним паливом серед інших є вугілля. Це викликано значним вмістом сірки та високою зольністю палива. Для невеликої потужності водогрійних котлів влаштовувати пилогазоочисні установки

практично недоцільно. Особливо це стосується очистки викидів від сполук сірки. Проте – це відносно дешевий вид палива.

Природний газ є екологічно чистим паливом. Він характеризується найменшим рівнем забруднення атмосферного повітря. Проте – це одне із найдорожчих (разом з пелетами (брикетами) з деревини) палив.

Відходи сільськогосподарського виробництва (солома, лушпиння соняхів) займають проміжне місце між вугіллям та природним газом. При незначній вартості вони можуть стати основним альтернативним паливом для потреб теплопостачання у сільській місцевості.

Торф як місцеве паливо за негативним впливом на довкілля займає друге місце за вугіллям. Водночас – це недешеве паливо.

Аналіз виконаних розрахунків засвідчив, що при переведенні опалювальних котелень з природного газу на альтернативні палива, наприклад, вугілля з Львівсько-Волинського басейну марки ГМ викиди в атмосферне повітря парникових газів збільшуються у 2,5 рази, а забруднюючих речовин – у понад 50. В останньому випадку основний вклад у забруднення вносить сірчистий ангідрид. Є декілька причин цього:

- 1) високий вміст оксидів сірки у складі вугілля $S^{daf} = 3,7 \%$;
- 2) відсутність заходів з очищення продуктів спалювання від цих інгредієнтів.

При контакті з водяною парою в атмосфері сполуки SO_2 і SO_3 утворюють сірчисту і сірчану кислоти, чим спричиняють погіршення здоров'я людини, руйнування металевих конструкцій, зниження прозорості атмосфери та врожайності сільськогосподарських культур. Відповідно, і плата за викиди в атмосферне повітря разом з продуктами спалювання при використанні вугілля перевищує у більш чим 50 р. аналогічну при застосуванні природного газу.

Основним методом очищення вугілля від сполук сірки є введення спеціальних присадок до палива, а також зменшення їх вмісту після видобутку на гірничо-збагачувальних фабриках (перед застосуванням) до величин не більше 2 %.

Для очищення продуктів спалювання від оксидів сірки існує безліч методів. Це і зрошення димових газів вапняним молоком, окислення на ванадієвому каталізаторі чи окислення тощо. Проте усі вони – дорого вартісні, і можлива реалізація лише на великих котельнях і ТЕЦ. Для теплогенераторів автономних систем теплопостачання це практично нездійсненно.

Під час спалювання природного газу за шкідливістю викидів на перше місце виходять оксиди азоту. В атмосфері діоксид азоту зменшує прозорість повітря та кількість ультрафіолетового випромінювання, що надходить на Землю. Це

призводить до виникнення т.зв. смогів. Крім того, він може бути також причиною «кислотних дощів».

До основних методів придушення утворення NO_x можна віднести методи, суть яких полягає у зменшенні температури в зоні горіння і концентрації реагуючих речовин, наприклад, двостадійне спалювання, зменшення коефіцієнта надлишку повітря тощо. Очищення викидів від оксидів азоту відбувається, як правило, за допомогою спеціальних каталізаторів.

Слід відмітити, що більшість методів придушення утворення оксидів азоту призводять до підвищення концентрації оксиду вуглецю в димових газах. Винятком є подавання води або пари в зону горіння.

Питомі викиди CO при спалюванні в котлах малої потужності достатньо високі у порівнянні з роботою великих котлоагрегатів, Це викликає до збільшення концентрації оксидів вуглецю в густонаселених пунктах, особливо при децентралізованому теплопостачанні. Загалом оксид вуглецю – високотоксична речовина, яка добре реагує з гемоглобіном, що призводить до отруєння організму включно зі смертельними випадками.

Першочергові заходи зі встановлення в котельнях водогрійних котлів для використання в якості палива місцевих альтернативних, наприклад, газового вугілля дають лише економію коштів (за рахунок різниці цін природного газу і альтернативних палив), а не сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню в житлово-комунальному господарстві. Водночас не вирішується інша головна проблема – зниження викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря.

Виконані розрахунки показують, що для підвищення енергоефективності існуючих житлових будинків та систем централізованого теплопостачання населених пунктів може бути рекомендована наступна пріоритетність таких заходів:

- 1) термомодернізація зовнішньої оболонки будинків (витрати теплоти для потреб опалення зменшуються не менше, чим у 2,5 р.);
- 2) заміна трубопроводів теплових мереж (знижуються матеріалоемність систем (до 10 %) і втрати теплоти при її транспортуванні (в середньому на 20-25 %));
- 3) реконструкція інженерних систем будинків з метою управління тепловими потоками та обліку фактично спожитої теплоти;
- 4) заміна існуючих теплогенеруючих установок на котли з більш високими еколого-теплотехнічними характеристиками, що споживають як природний газ, так і палива органічного походження.

Реалізація вказаних заходів зможе дозволити залишити в якості основного органічного палива для потреб тепlopостачання населених пунктів України найбільш екологічне – природний газ, тим більш, що розвідані запаси дозволяють збільшити його видобуток і повністю відмовитись від закупівель закордоном [1].

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|-------------|
| | | | | | <i>ABP</i> | <i>Лист</i> |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | |

Гідралічний розрахунок (низький тиск)

| Загальні дані про ділянку | | | Результати розрахунку | | | |
|---------------------------|--------|-----------|----------------------------------|------------|---------|---------------------|
| Початок | Кінець | Довжин, м | Витрата, м ³ /год. | Тиск, даПа | | Розмір труби, мм |
| | | | | На початку | В кінці | |
| 1 | 2 | 100 | 295.3 | 278.31 | 269.08 | 180 |
| 2 | 3 | 200 | 171.4 | 269.08 | 245.66 | 140 |
| 3 | 4 | 200 | 105.9 | 245.66 | 213.88 | 110 |
| 4 | 5 | 200 | 88.8 | 213.88 | 190.68 | 110 |
| 5 | 6 | 250 | 22.7 | 190.68 | 153.52 | 63 |
| 6 | 7 | 250 | 1.3 | 153.52 | 153.26 | 63 |
| 8 | 7 | 300 | 2.3 | 154.04 | 153.26 | 63 |
| 9 | 8 | 300 | 27.9 | 218.56 | 154.04 | 63 |
| 3 | 9 | 120 | 45.8 | 245.66 | 218.56 | 75 |
| 9 | 10 | 100 | 0.5 | 218.56 | 218.54 | 63 |
| 12 | 10 | 150 | 66.1 | 245.70 | 218.54 | 90 |
| 2 | 12 | 150 | 104.8 | 269.08 | 245.70 | 110 |
| 12 | 13 | 100 | 23.8 | 245.70 | 229.54 | 63 |
| 13 | 10 | 150 | 15.2 | 229.54 | 218.54 | 63 |
| 10 | 11 | 300 | 54.0 | 218.54 | 180.65 | 90 |
| 11 | 7 | 250 | 30.5 | 180.65 | 153.26 | 70 |
| 5 | 14 | 50 | 44.8 | 190.68 | 165.53 | 63 |
| 14 | 15 | 200 | 8.5 | 165.53 | 160.24 | 63 |
| 14 | 16 | 150 | 6.4 | 165.53 | 163.14 | 63 |
| 14 | 17 | 150 | 6.4 | 165.53 | 163.14 | 63 |
| 1 | 18 | 260 | 153.9 | 278.31 | 253.19 | 140 |
| 18 | 19 | 300 | 37.1 | 253.19 | 206.67 | 75 |
| 19 | 20 | 270 | 25.0 | 206.67 | 158.99 | 63 |
| 20 | 21 | 250 | 13.9 | 158.99 | 143.43 | 63 |
| 21 | 22 | 200 | 4.3 | 143.43 | 141.86 | 63 |
| 1 | 23 | 220 | 119.4 | 278.31 | 255.06 | 125 |
| 23 | 24 | 150 | 16.8 | 255.06 | 241.95 | 63 |
| 24 | 25 | 200 | 4.3 | 241.95 | 240.38 | 63 |
| 23 | 26 | 100 | 90.4 | 255.06 | 243.07 | 110 |
| 26 | 24 | 200 | 3.5 | 243.07 | 241.95 | 63 |
| 26 | 27 | 120 | 69.0 | 243.07 | 234.18 | 110 |
| 18 | 47 | 100 | 100.5 | 253.19 | 245.41 | 125 |
| 47 | 46 | 200 | 92.0 | 245.41 | 232.13 | 125 |
| 44 | 40 | 150 | 165.9 | 297.99 | 269.19 | 125 |
| 40 | 41 | 150 | 30.2 | 269.19 | 232.11 | 63 |
| 42 | 41 | 160 | 8.3 | 236.06 | 232.11 | 63 |
| 44 | 43 | 200 | 155.7 | 297.99 | 263.97 | 125 |
| 43 | 42 | 100 | 32.6 | 263.97 | 236.06 | 63 |
| 42 | 27 | 200 | 4.7 | 236.06 | 234.18 | 63 |
| 27 | 41 | 160 | 5.7 | 234.18 | 232.11 | 63 |
| 27 | 28 | 250 | 36.9 | 234.18 | 218.11 | 90 |
| 41 | 28 | 280 | 12.1 | 232.11 | 218.11 | 63 |
| 40 | 31 | 270 | 111.4 | 269.19 | 222.19 | 110 |
| 31 | 29 | 125 | 17.3 | 222.19 | 210.34 | 63 |
| 28 | 29 | 150 | 20.0 | 218.11 | 210.34 | 75 |
| 29 | 30 | 300 | 12.8 | 210.34 | 194.13 | 63 |
| 31 | 32 | 200 | 68.7 | 222.19 | 207.50 | 110 |
| 32 | 33 | 235 | 50.1 | 207.50 | 181.50 | 90 |
| 33 | 34 | 235 | 30.1 | 181.50 | 156.43 | 75 |
| 34 | 35 | 235 | 10.0 | 156.43 | 148.18 | 63 |
| 44 | 37 | 200 | 34.1 | 297.99 | 236.24 | 63 |
| 37 | 39 | 100 | 4.3 | 236.24 | 235.46 | 63 |
| 37 | 38 | 200 | 8.5 | 236.24 | 230.95 | 63 |
| 44 | 61 | 275 | 12.7 | 297.99 | 283.42 | 63 |
| 43 | 45 | 150 | 107.1 | 263.97 | 239.65 | 110 |
| 45 | 46 | 200 | 10.4 | 239.65 | 232.13 | 63 |

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата |

ABP

Лист

| | | | | | | |
|-----|----|-----|--------|--------|--------|-----|
| 45 | 48 | 250 | 18.9 | 239.65 | 212.73 | 63 |
| 48 | 49 | 120 | 11.0 | 212.73 | 207.76 | 63 |
| 45 | 49 | 250 | 54.3 | 239.65 | 207.76 | 90 |
| 49 | 50 | 50 | 51.0 | 207.76 | 194.34 | 75 |
| 46 | 50 | 250 | 59.7 | 232.13 | 194.34 | 90 |
| 46 | 59 | 250 | 18.1 | 232.13 | 207.10 | 63 |
| 59 | 60 | 300 | 6.4 | 207.10 | 202.33 | 63 |
| 50 | 51 | 100 | 94.7 | 194.34 | 187.34 | 125 |
| 51 | 52 | 130 | 5.5 | 187.34 | 185.73 | 63 |
| 51 | 53 | 150 | 73.0 | 187.34 | 175.08 | 110 |
| 53 | 54 | 150 | 6.4 | 175.08 | 172.69 | 63 |
| 53 | 55 | 250 | 43.1 | 175.08 | 153.94 | 90 |
| 55 | 56 | 260 | 26.9 | 153.94 | 131.22 | 75 |
| 56 | 57 | 200 | 4.3 | 131.22 | 129.66 | 63 |
| 56 | 58 | 150 | 6.4 | 131.22 | 128.83 | 63 |
| 62 | 61 | 275 | 10.8 | 294.45 | 283.42 | 63 |
| 62 | 63 | 140 | 6.0 | 294.45 | 282.48 | 63 |
| 62 | 64 | 250 | 96.0 | 294.45 | 261.11 | 110 |
| 64 | 65 | 250 | 74.7 | 261.11 | 204.75 | 90 |
| 65 | 66 | 250 | 53.3 | 204.75 | 173.86 | 90 |
| 66 | 67 | 250 | 32.0 | 173.86 | 144.10 | 75 |
| 67 | 68 | 250 | 10.7 | 144.10 | 134.30 | 63 |
| 101 | 1 | 20 | 583.1 | 300.00 | 278.31 | 140 |
| 102 | 44 | 20 | 403.7 | 301.23 | 297.99 | 180 |
| 103 | 62 | 20 | 141.20 | 299.78 | 294.45 | 110 |

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата |

Гідралічний розрахунок (низький тиск 1)

| Загальні дані про ділянку | | | Результати розрахунку | | | |
|---------------------------|--------|------------|----------------------------------|------------|---------|---------------------|
| Початок | Кінець | Довжина, м | Витрата, м ³ /год. | Тиск, даПа | | Розмір труби, мм |
| | | | | На початку | В кінці | |
| 1 | 2 | 200 | 63.9 | 286.66 | 204.74 | 75 |
| 2 | 3 | 250 | 22.8 | 204.74 | 167.14 | 63 |
| 1 | 4 | 150 | 443.0 | 286.66 | 257.94 | 180 |
| 4 | 5 | 250 | 72.1 | 257.94 | 205.05 | 90 |
| 5 | 6 | 270 | 24.6 | 205.05 | 158.48 | 63 |
| 4 | 7 | 50 | 126.4 | 257.94 | 247.03 | 110 |
| 7 | 8 | 50 | 103.6 | 247.03 | 226.74 | 90 |
| 8 | 9 | 70 | 3.2 | 226.74 | 226.41 | 63 |
| 8 | 10 | 270 | 70.3 | 226.74 | 172.18 | 90 |
| 10 | 11 | 250 | 22.8 | 172.18 | 134.58 | 63 |
| 7 | 12 | 100 | 9.1 | 247.03 | 244.06 | 63 |
| 4 | 13 | 150 | 205.8 | 257.94 | 233.54 | 140 |
| 13 | 14 | 270 | 70.3 | 233.54 | 178.98 | 90 |
| 14 | 15 | 250 | 22.8 | 178.98 | 141.38 | 63 |
| 13 | 16 | 270 | 79.4 | 233.54 | 207.90 | 110 |
| 16 | 17 | 300 | 27.4 | 207.90 | 145.47 | 63 |
| 101 | 1 | 50 | 532.0 | 300.00 | 286.66 | 180 |

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|------|
| | | | | | | Лист |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | <i>ABP</i> | |

Гідравлічний розрахунок (середній тиск)

| Загальні дані про ділянку | | | Результати розрахунку | | | |
|---------------------------|--------|------------|-------------------------------|------------|---------|------------------|
| Початок | Кінець | Довжина, м | Витрата, м ³ /год. | Тиск, атм | | Розмір труби, мм |
| | | | | На початку | В кінці | |
| 1 | 2 | 10 | 6850 | 2.87 | 2.86 | 200 |
| 2 | 13 | 500 | 6451.8 | 2.86 | 2.53 | 200 |
| 13 | 22 | 160 | 3077.0 | 2.53 | 2.51 | 200 |
| 22 | 33 | 370 | 2406.0 | 2.51 | 2.47 | 200 |
| 33 | 37 | 130 | 2208.8 | 2.47 | 2.46 | 200 |
| 37 | 38 | 100 | 2000.1 | 2.46 | 2.45 | 200 |
| 13 | 14 | 100 | 3363.3 | 2.53 | 2.51 | 200 |
| 14 | 15 | 110 | 6.4 | 2.51 | 2.51 | 63 |
| 14 | 16 | 100 | 3339.6 | 2.51 | 2.49 | 200 |
| 16 | 17 | 110 | 7.0 | 2.49 | 2.49 | 63 |
| 16 | 18 | 110 | 7.0 | 2.49 | 2.49 | 63 |
| 16 | 19 | 200 | 3290.3 | 2.49 | 2.44 | 200 |
| 19 | 20 | 50 | 3.2 | 2.44 | 2.45 | 63 |
| 19 | 21 | 70 | 3268.6 | 2.44 | 2.44 | 200 |
| 21 | 28 | 200 | 3336.3 | 2.44 | 2.40 | 200 |
| 28 | 30 | 130 | 3240.5 | 2.40 | 2.38 | 200 |
| 30 | 32 | 130 | 3134.7 | 2.38 | 2.35 | 200 |
| 32 | 50 | 210 | 3013.6 | 2.35 | 2.32 | 200 |
| 22 | 23 | 160 | 648.2 | 2.51 | 2.47 | 110 |
| 23 | 106 | 110 | 60.2 | 2.47 | 2.49 | 110 |
| 106 | 121 | 50 | 15.0 | 2.49 | 2.50 | 63 |
| 106 | 122 | 70 | 443.2 | 2.49 | 2.45 | 140 |
| 122 | 24 | 70 | 97.3 | 2.45 | 2.38 | 110 |
| 21 | 24 | 160 | 97.3 | 2.38 | 2.44 | 63 |
| 24 | 26 | 125 | 65.2 | 2.44 | 2.44 | 63 |
| 25 | 118 | 100 | 118.3 | 2.42 | 2.44 | 63 |
| 118 | 119 | 20 | 28.0 | 2.44 | 2.44 | 63 |
| 118 | 116 | 100 | 155.8 | 2.44 | 2.46 | 63 |
| 116 | 117 | 30 | 15.0 | 2.46 | 2.46 | 63 |
| 25 | 34 | 100 | 10.5 | 2.42 | 2.42 | 63 |
| 33 | 34 | 150 | 181 | 2.47 | 2.42 | 63 |
| 34 | 35 | 240 | 163.3 | 2.42 | 2.35 | 63 |
| 35 | 36 | 330 | 3369.0 | 2.35 | 2.26 | 90 |
| 36 | 57 | 130 | 2205.0 | 2.26 | 2.33 | 63 |
| 57 | 32 | 350 | 80.5 | 2.33 | 2.35 | 63 |
| 57 | 29 | 130 | 125.0 | 2.33 | 2.27 | 63 |
| 29 | 27 | 130 | 128.0 | 2.27 | 2.39 | 63 |
| 27 | 26 | 130 | 129.0 | 2.39 | 2.41 | 63 |
| 26 | 25 | 260 | 85.6 | 2.41 | 2.42 | 63 |
| 28 | 27 | 400 | 53.2 | 2.40 | 2.39 | 63 |
| 29 | 30 | 350 | 56.8 | 2.27 | 2.38 | 63 |
| 36 | 40 | 130 | 57.7 | 2.26 | 2.26 | 110 |
| 40 | 41 | 125 | 2555.6 | 2.26 | 2.28 | 200 |
| 41 | 42 | 80 | 2566.1 | 2.28 | 2.29 | 200 |
| 42 | 43 | 80 | 2571.3 | 2.29 | 2.30 | 200 |
| 43 | 46 | 260 | 52.7 | 2.30 | 2.31 | 63 |
| 46 | 47 | 120 | 414.1 | 2.31 | 2.13 | 63 |
| 47 | 48 | 80 | 3002.0 | 2.13 | | 63 |
| 47 | 49 | 80 | 100.0 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 37 | 39 | 800 | 171.8 | 2.46 | 2.25 | 63 |
| 39 | 57 | 250 | 174.2 | 2.25 | 2.18 | 63 |
| 39 | 40 | 260 | 52.7 | 2.25 | 2.26 | 63 |
| 57 | 63 | 670 | 80.6 | 2.18 | 2.14 | 63 |
| 63 | 64 | 125 | 55.1 | 2.14 | 2.13 | 63 |

Лист

ABP

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата |
|-----|------|---------|--------|------|

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|--------|------|------|-----|
| 64 | 62 | 310 | 55.8 | 2.13 | 2.14 | 63 |
| 62 | 56 | 360 | 98.2 | 2.14 | 2.18 | 63 |
| 56 | 57 | 90 | 61.3 | 2.18 | 2.18 | 63 |
| 56 | 55 | 125 | 70.8 | 2.18 | 2.19 | 63 |
| 55 | 61 | 360 | 108.0 | 2.19 | 2.14 | 63 |
| 61 | 62 | 125 | 4.6 | 2.14 | 2.14 | 63 |
| 64 | 83 | 470 | 30.4 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 83 | 65 | 390 | 30.3 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 65 | 61 | 310 | 56.5 | 2.13 | 2.14 | 63 |
| 55 | 54 | 80 | 212.5 | 2.19 | 2.22 | 63 |
| 54 | 40 | 240 | 2972.2 | 2.22 | 2.26 | 200 |
| 40 | 41 | 125 | 2555.6 | 2.26 | 2.28 | 200 |
| 41 | 42 | 80 | 2566.1 | 2.28 | 2.29 | 200 |
| 42 | 43 | 89 | 2571.3 | 2.29 | 2.30 | 200 |
| 43 | 46 | 260 | 52.7 | 2.30 | 2.31 | 63 |
| 46 | 47 | 120 | 414.1 | 2.31 | 2.13 | 63 |
| 47 | 49 | 80 | 100 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 47 | 48 | 80 | 3002 | 2.13 | 2.12 | 63 |
| 57 | 56 | 90 | 61.3 | 2.18 | 2.18 | 63 |
| 56 | 55 | 125 | 70.8 | 2.18 | 2.19 | 63 |
| 55 | 54 | 80 | 212.5 | 2.19 | 2.22 | 63 |
| 54 | 53 | 125 | 655.4 | 2.22 | 2.22 | 200 |
| 53 | 125 | 50 | 211.6 | 2.22 | 2.22 | 110 |
| 125 | 52 | 300 | 168.4 | 2.22 | 2.21 | 110 |
| 52 | 131 | 465 | 119.4 | 2.21 | 2.14 | 63 |
| 131 | 79 | 200 | 76.9 | 2.14 | 2.13 | 63 |
| 79 | 78 | 260 | 16.7 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 79 | 76 | 160 | 20.5 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 76 | 75 | 80 | 5.1 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 51 | 73 | 510 | 390.2 | 2.85 | 2.26 | 63 |
| 73 | 72 | 50 | 396.6 | 2.26 | 2.19 | 63 |
| 72 | 70 | 260 | 45.2 | 2.19 | 2.18 | 63 |
| 70 | 71 | 80 | 53.2 | 2.18 | 2.19 | 63 |
| 71 | 59 | 125 | 16.4 | 2.19 | 2.19 | 63 |
| 59 | 58 | 170 | 318.2 | 2.19 | 2.20 | 110 |
| 58 | 127 | 100 | 399.2 | 2.20 | 2.21 | 110 |
| 127 | 128 | 30 | 35.0 | 2.21 | 2.21 | 63 |
| 127 | 53 | 130 | 437.7 | 2.21 | 2.22 | 110 |
| 59 | 60 | 125 | 60.4 | 2.19 | 2.19 | 63 |
| 60 | 54 | 360 | 2055.4 | 2.19 | 2.22 | 200 |
| 72 | 69 | 190 | 195.2 | 2.19 | 2.18 | 90 |
| 69 | 70 | 120 | 62.6 | 2.18 | 2.18 | 63 |
| 69 | 68 | 105 | 231.2 | 2.18 | 2.17 | 90 |
| 68 | 80 | 210 | 2.9 | 2.17 | 2.17 | 63 |
| 80 | 72 | 130 | 125.6 | 2.17 | 2.19 | 63 |
| 80 | 81 | 130 | 98.0 | 2.17 | 2.17 | 63 |
| 81 | 74 | 360 | 11.5 | 2.17 | 2.16 | 63 |
| 81 | 68 | 330 | 257.2 | 2.17 | 2.17 | 110 |
| 68 | 67 | 125 | 71.5 | 2.17 | 2.17 | 110 |
| 67 | 59 | 310 | 315.5 | 2.17 | 2.19 | 110 |
| 67 | 66 | 125 | 216.1 | 2.17 | 2.17 | 110 |
| 66 | 60 | 310 | 1948.1 | 2.17 | 2.19 | 200 |
| 66 | 82 | 130 | 2182.4 | 2.16 | 2.17 | 200 |
| 61 | 65 | 310 | 56.5 | 2.14 | 2.13 | 63 |
| 61 | 62 | 125 | 4.6 | 2.14 | 2.14 | 63 |
| 62 | 64 | 310 | 55.8 | 2.14 | 2.13 | 63 |
| 64 | 63 | 125 | 55.1 | 2.13 | 2.14 | 63 |
| 64 | 83 | 470 | 30.4 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 65 | 83 | 390 | 30.3 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 83 | 130 | 90 | 3.0 | 2.13 | 2.13 | 63 |

Лист

ABP

Зм. Лист № докум Підпис Дата

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|--------|------|------|-----|
| 83 | 86 | 210 | 7.8 | 2.13 | 2.13 | 63 |
| 86 | 82 | 350 | 1955.6 | 2.13 | 2.16 | 200 |
| 82 | 85 | 380 | 125.6 | 2.16 | 2.09 | 63 |
| 85 | 89 | 310 | 147.1 | 2.09 | 2.02 | 63 |
| 85 | 87 | 130 | 74.0 | 2.09 | 2.10 | 63 |
| 86 | 87 | 180 | 1448.7 | 2.13 | 2.10 | 110 |
| 87 | 88 | 290 | 1344.6 | 2.10 | 2.03 | 140 |
| 88 | 89 | 150 | 26.1 | 2.03 | 2.02 | 63 |
| 89 | 90 | 160 | 138.5 | 2.02 | 1.98 | 63 |
| 90 | 81 | 210 | 283.2 | 1.98 | 2.17 | 63 |
| 90 | 91 | 90 | 390.3 | 1.98 | 1.98 | 140 |
| 91 | 92 | 150 | 9.6 | 1.98 | 1.98 | 63 |
| 91 | 93 | 90 | 359.5 | 1.98 | 1.97 | 140 |
| 93 | 95 | 260 | 402.5 | 1.97 | 1.97 | 140 |
| 95 | 94 | 200 | 1172.2 | 1.98 | 1.97 | 140 |
| 94 | 93 | 230 | 80.1 | 1.97 | 1.97 | 63 |
| 94 | 88 | 90 | 1285.5 | 1.97 | 2.03 | 140 |
| 95 | 96 | 110 | 1538.1 | 1.97 | 1.93 | 140 |
| 96 | 200 | 700 | 1544.8 | 1.93 | 1.66 | 140 |
| 96 | 97 | 250 | 74.6 | 1.93 | 1.95 | 63 |
| 97 | 98 | 210 | 13.4 | 1.95 | 1.94 | 63 |
| 97 | 99 | 130 | 125.8 | 1.95 | 1.97 | 63 |
| 99 | 100 | 210 | 13.4 | 1.97 | 1.97 | 63 |
| 99 | 101 | 130 | 169.4 | 1.97 | 1.97 | 63 |
| 99 | 101 | 130 | 169.4 | 1.97 | 2.01 | 63 |
| 101 | 102 | 190 | 12.2 | 2.01 | 2.00 | 63 |
| 101 | 103 | 130 | 210.4 | 2.01 | 2.06 | 63 |
| 103 | 104 | 160 | 10.2 | 2.06 | 2.06 | 63 |
| 103 | 105 | 60 | 239.2 | 2.06 | 2.09 | 63 |
| 105 | 86 | 110 | 450.8 | 2.09 | 2.13 | 90 |
| 105 | 106 | 230 | 200.8 | 2.09 | 2.00 | 63 |
| 106 | 107 | 410 | 26.3 | 2.00 | 1.99 | 63 |
| 106 | 108 | 75 | 140.9 | 2.00 | 1.99 | 63 |
| 108 | 109 | 370 | 23.7 | 1.99 | 1.98 | 63 |
| 108 | 110 | 75 | 93.5 | 1.99 | 1.98 | 63 |
| 110 | 111 | 290 | 18.6 | 1.98 | 1.98 | 63 |
| 110 | 112 | 74 | 56.4 | 1.98 | 1.97 | 63 |
| 112 | 113 | 210 | 13.4 | 1.97 | 1.97 | 63 |
| 112 | 114 | 230 | 14.7 | 1.97 | 1.97 | 63 |

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|------------|-------------|
| | | | | | <i>ABP</i> | <i>Лист</i> |
| Зм. | Лист | № докум | Підпис | Дата | | |