Міністерство освіти і науки України
Департамент освіти і науки Хмельницької облдержадміністрації
Хмельницьке територіальне відділення Малої академії наук України
Наукове товариство учнів «Ерудит» Славутської міської об'єднаної територіальної громади

Відділення технічних наук

Секція: технологічні процеси та перспективні технології

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ ХМЕЛЬНИЦЬКОЮ АТОМНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ, ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Роботу виконав:
Басистий Олег Сергійович,
здобувач освіти 9-В класу,
загальноосвітньої школи I – III ступенів №1 м. Славути Хмельницької області

Наукові керівники:
Ткач Ростислав Борисович,
провідний інженер управління турбіною атомних станцій
Смолійчук Андрій Данилович,
вчитель фізики загальноосвітної школи I – III ступенів №1 м. Славути Хмельницької області

м. Хмельницький – 2021

МОТИВАЦІЙНИЙ ЛИСТ

Шановні члени журі,
темою мого дослідження є використання теплової енергії, що виробляється хаес, для теплопостачання населених пунктів.

Теплопостачання на сьогодні є загальнонаціональною проблемою. Слово «субсидія» стало звичним для людей, що не в змозі самостійно оплатити обігрів своїх осель.

Неперспективність отримання енергії з органічних видів палива очевидна, а генеруючих видів електроенергії недостатньо для покриття всіх потреб населення України. Ціна для споживачів однієї гігакалорії котельні на дровах складає близько 1400 грн, на природному газі - 1755 грн.
Ціна ж для населення однієї гігакалорії, отриманої від Хмельницької атомної електростанції - 236 грн, крім того, мешканці Нетішина мають ще й таке благо цивілізації, як гарячу воду. Мешканці ж інших населених пунктів мусять встановлювати бойлери.

Ці обставини спонукали до дослідження проблеми використання теплової енергії, що виробляється Хмельницькою атомною, для теплопостачання населених пунктів.

Дослідження процесу отримання теплової енергії на блоці АЕС
почалось з екскурсії в Інформаційний центр, після чого я зміг визначити основні напрямки роботи. Дуже цікавою, інформативною була екскурсія на енергоблок №2. Ми були першими, кому показали роботу теплофікаційної установки – раніше ця тема не досліджувалась. Вразило, як може працювати практично без збоїв така складна технологічна система. Теплофікаційна установка за розмірами значно більша від обладнання машзалу, де розміщено турбіну і генератор. Вразив технічною ерудицією інженер управління турбіною, який проводив екскурсію. Виявилось, що відбір тепла потребує значних матеріальних та людських ресурсів, але я переконався, що всі ці затрати є

виправданими завдяки низькій собівартості отриманого таким чином тепла.

Хотілось зрозуміти, чи могла б Славута отримувати це тепло. Історія теплотраси до табору на Голубих озерах свідчить про те, що могла б. Якби були збудовані блоки №3 і №4, станція виробляла б для цього достатньо тепла, а до Рівного його транспортувати технічно недоцільно. Але після аварії на Чорнобильській атомній електростанції їх будівництво було зупинено. Негативну роль і зі станцією, і з табором зіграв людський фактор.

В тому, що проблема теплопостачання від атомних станцій вартує затрат сил, часу, і потребує ретельного аналізу, переконало нас і те, що таку ж екскурсію за тиждень до нас проводили для делегації з Китаю, яка теж вивчала цю проблему. Проблема виявилась настільки цікавою, що у мене виникла потреба мати власне її розуміння.

З повагою, Олег Басистий

Хмельницьке територіальне відділення Малої академії наук України

АНОТАЦІЯ

Басистий Олег Сергійович,
учень 9-В класу,
загальноосвітньої школи І-ІІІ
ступенів №1 м. Славути

Наукові керівники:
Ткач Ростислав Борисович, провідний інженер управління турбіною атомних станцій,
Смолійчук Андрій Данилович, Вчитель фізики загальноосвітньої школи І – ІІІ ст. №1 м. Славути

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ ХМЕЛЬНИЦЬКОЮ АТОМНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ, ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Дослідницьку роботу присвячено аналізу проблеми отримання теплової енергії, що виробляється Хмельницькою АЕС, та її використання для теплопостачання м. Нетішина. Розкрито механізми відбору пари, що використовується для отримання тепла, від турбіни, передачі її енергії теплоносієві, що спрямовується до споживачів тепла. Проаналізовано економічну доцільність та вплив на електричну потужність станції відбору тепла для господарських потреб, проблеми транспортування теплової енергії до населених пунктів. Проаналізовано також можливість та технічну і економічну доцільність теплопостачання від ХАЕС інших населених пунктів, зокрема міст Рівного і Славути. Досліджено історію теплотраси до табору на Голубих озер.

Ключові слова: атомна електростанція, теплова енергія, собівартість гігакалорії, економічна доцільність.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1 ЯК ОТРИМУЮТЬ ТЕПЛОВУ ЕНЕРГІЮ 7
РОЗДІЛ 2 ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ 16
ВИСНОВКИ 20
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 22

ВСТУП

Неперспективність отримання енергії з органічних видів палива очевидна, а генеруючих видів електроенергії недостатньо для покриття всіх потреб населення України. Ціна для споживачів однієї гігакалорії котельні на дровах складає близько 1400 грн, на природному газі - 1755 грн.

Теплопостачання на сьогодні є загальнонаціональною проблемою. Слово «субсидія» стало звичним для людей, що не в змозі самостійно оплатити обігрів своїх осель.

Місто Нетішин відрізняється від інших міст Хмельниччини не лише кращим благоустроєм, можливістю мати цікаву, гідно оплачувану роботу, а й тим, що його мешканці мають значно дешевше тепло (ціна для населення однієї гігакалорії, отриманої від ХАЕС - 236 грн), і таке благо цивілізації, як гарячу воду. Мешканці ж інших населених пунктів мусять встановлювати бойлери. Вельми красномовною є таблиця тарифів на послугу теплопостачання за даними на 01.01.2020р.

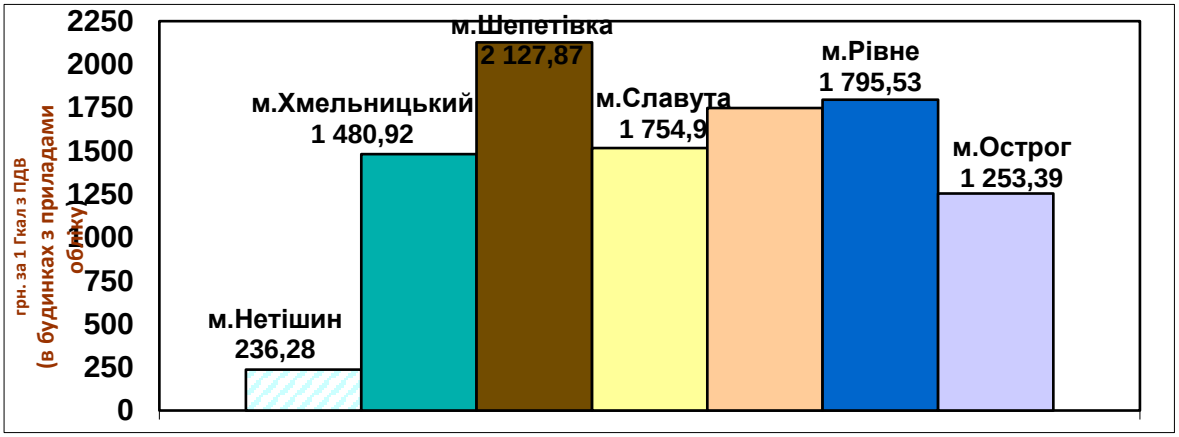

Рис. 1 тарифи на теплопостачання міст станом на 01.01.2020р.

Ці обставини спонукали до дослідження проблеми використання теплової енергії, що виробляється Хмельницькою атомною, для теплопостачання населених пунктів.

Місто Нетішин споживає сьогодні близько 200 гігакалорій тепла на добу. Вияснимо, як отримують цю енергію (питання важливе та цікаве), а потім поміркуємо, чи не можна було б підвищити ефективність її використання.

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Перший контур - це контур, по якому теплоносій під тиском циркулює через активну зону. Він призначений для передачі тепла, що виділяється в активній зоні реактора, воді другого контуру, перетворюючи її на пару, в парогенераторах. В якості теплоносія в сімействі реакторів типу ВВЕР використовується вода. Звичайна вода - найбільш дешевий і поширений теплоносій. Поєднання її фізичних і теплофізичних властивостей (густина, теплопровідність, в'язкість, теплоємність), що визначають інтенсивність теплообміну і витрата теплоносія, вельми сприятливе.

Перший контур працює під досить високим тиском, щоб не допустити кипіння теплоносія при проектних параметрах температури. Робочий тиск першого контуру складає 160 атмосфер (кгс /см^2).

До складу першого контуру уніфікованого ядерного реактора ВВЕР-1000 входять : реактор, чотири циркуляційні петлі, кожна з яких включає головні циркуляційні трубопроводи, головний циркуляційний насос, парогенератор, система компенсації тиску теплоносія, трубопроводи систем нормальної експлуатації і систем безпеки.

У режимі примусової циркуляції теплоносія 1 контуру теплоносій надходить від головного циркуляційного насоса через вхідні патрубки, проходить вниз по кільцевому зазору між шахтою і корпусом, потім через отвори в опорній частині конструкції шахти піднімається вгору по тепловиділяючих збірках. Нагрітий теплоносій виходить з головок збірок в міжтрубний простір блоку захисних труб і через перфоровану обичайку блоку і шахти відводиться по вихідним патрубками з реактора в парогенератори.

Устаткування I контуру укладено в попередньо-напружену залізобетонну герметичну оболонку, яка має форму циліндра зі сферичним куполом і плоскою підставою. Усередині герметична оболонка облицьована листовою сталлю.

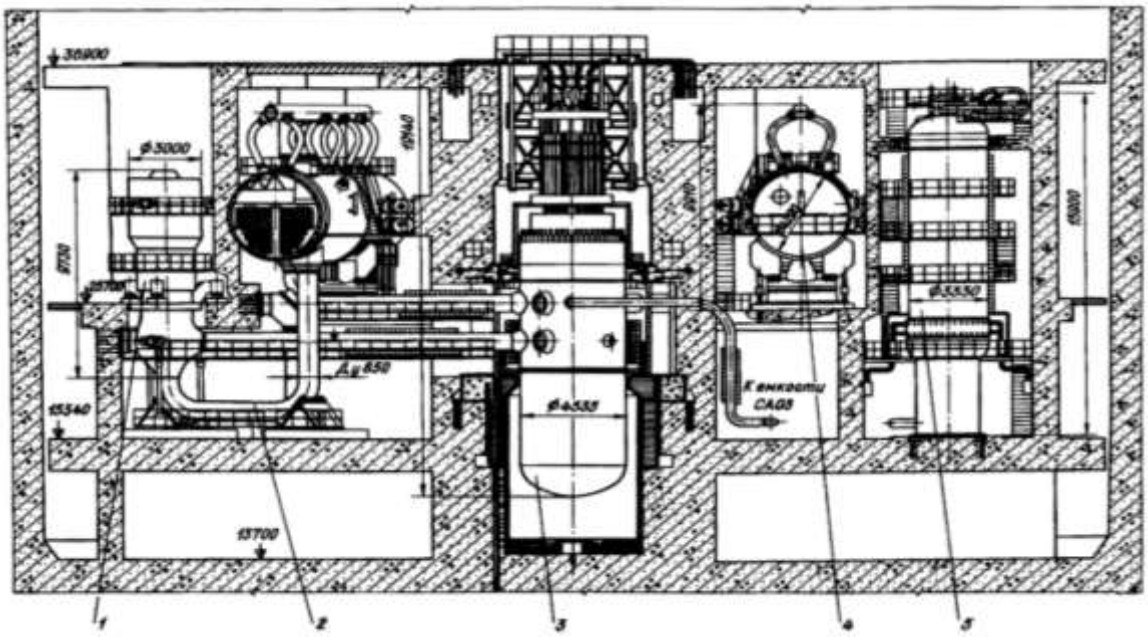

Рис. 1-1 розташування обладнання 1-го контуру в гермозоні

1 – головний циркуляційний насос;

2 – головний циркуляційний трубопровід;

3 – реактор;

4 – парогенератор;

5 – компенсатор тиску

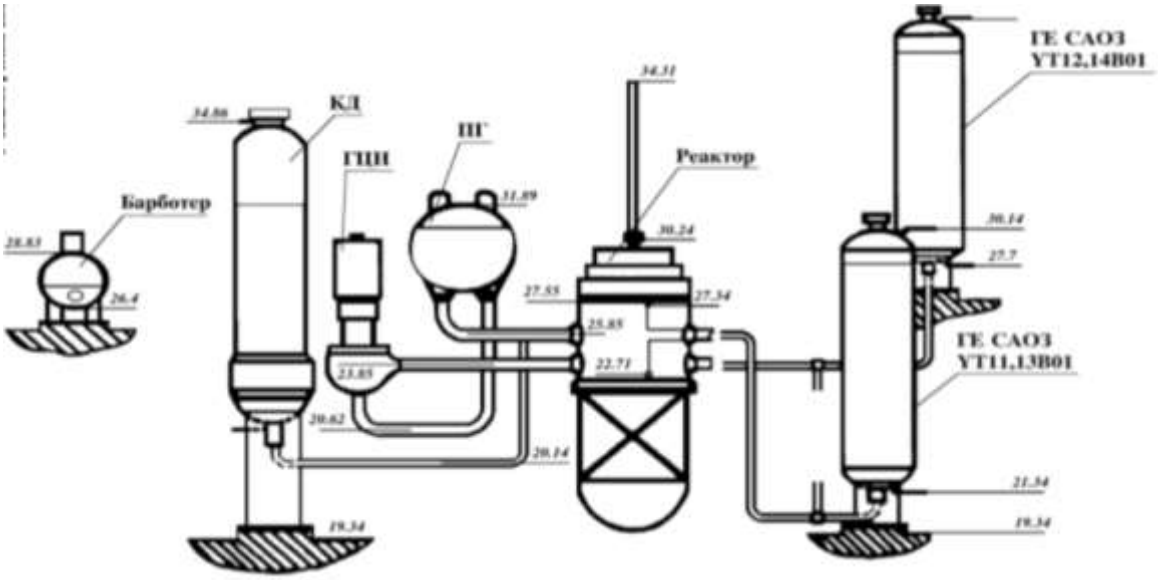

Рис. 1-2 спрощена схема 1-го контуру

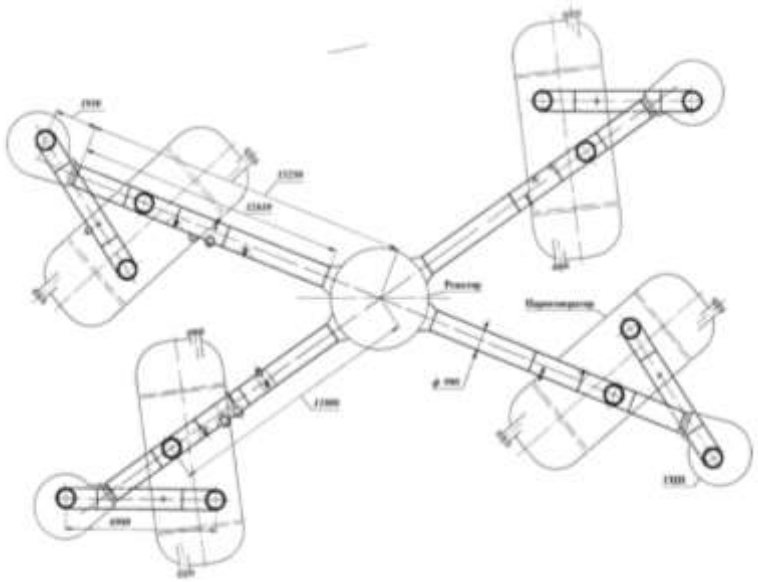

Рис. 1-3 головні циркуляційні трубопроводи

Головні циркуляційні трубопроводи, що з’єднують обладнання головного циркуляційного контуру, слугують для здійснення циркуляції теплоносія через реактор по чотирьох петлях: реактор - головний циркуляційний насос - парогенератор. Вони встановлені в приміщеннях герметичної оболонки. Циркуляційні петлі розміщені попарно, в діаметрально протилежних сторонах від реактора. Кожна з чотирьох циркуляційних петель має гарячу і холодну нитки.

Ділянки між реактором і головним циркуляційним насосом називають гарячими нитками. Ділянки між вихідними патрубками парогенератора і вхідними патрубками реактора називають холодними нитками. По гарячих нитках нагрітий в реакторі теплоносій подається до парогенераторів.

По холодних нитках охолоджений теплоносій повертається з парогенераторів до реактора.

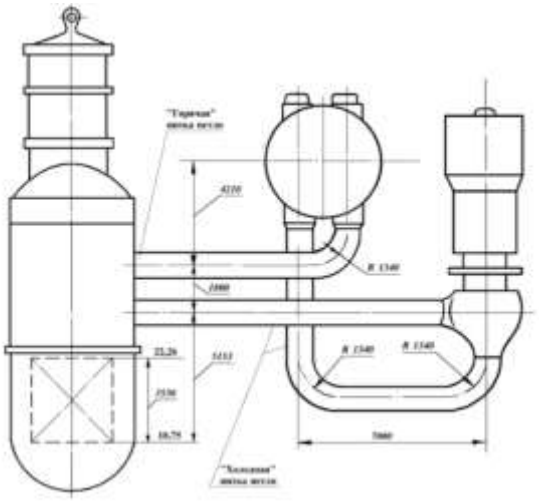

Рис. 1-4 циркуляційна петля

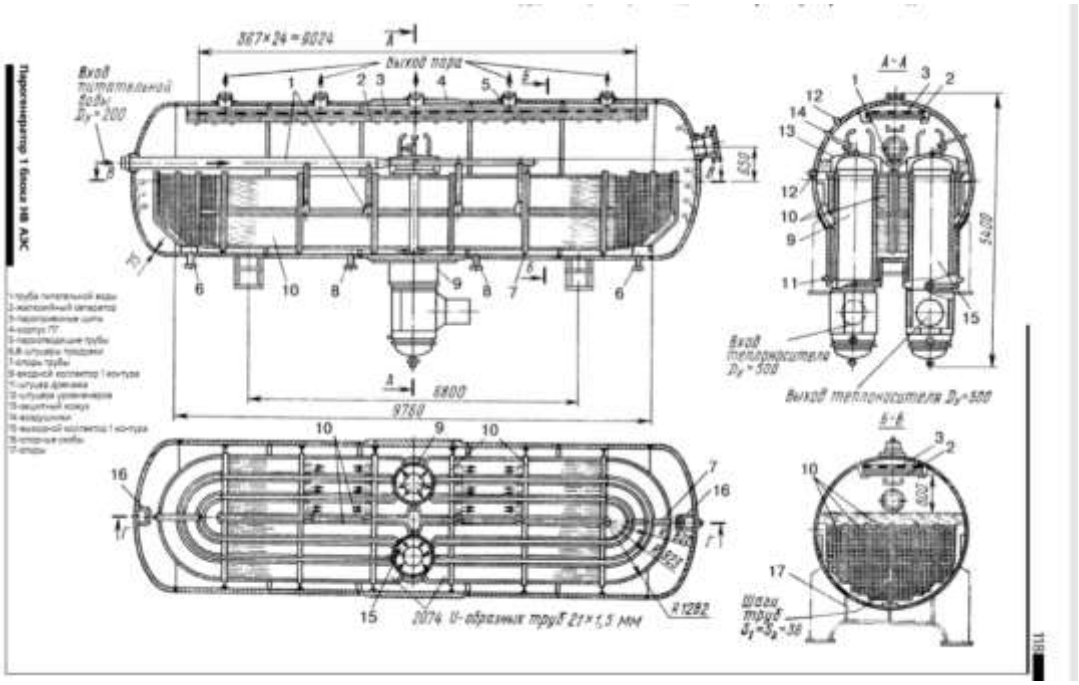

Рис.1-5 конструкція парогенераторів пгв -1000

У складі енергоблоку АЕС з водоводяним енергетичним реактором ВВЕР-1000, парогенератор є складовою частиною циркуляційного контуру. Його призначенням є вироблення насиченої пари з параметрами:
тиск 64 кгс / см^2, температура 274 °

Основні характеристики парогенератора:

Теплова потужність на 1 парогенератор	750 МВт.
Число парогенераторів на 1 реактор	4
Електрична потужність на 1 парогенератор	250 МВт
Паропродукування	1470 + 103 т / год
Довжина	1384мм
Маса парогенератора	694 т

Маса парогенератора, повністю заповненого по I і II контурів - 842 т Конструкція парогенератора з вісьмома гідроамортизаторами розроблена з урахуванням землетрусу до 9 балів і роботи в умовах тропічного клімату.

З парогенераторів пара подається та турбіну, яка використовується для безпосереднього приводу генератора змінного струму.

Турбіна К-1000 призначена для роботи на двоконтурних АЕС в моноблоці з водо-водяним реактором ВВЕР-1000М.

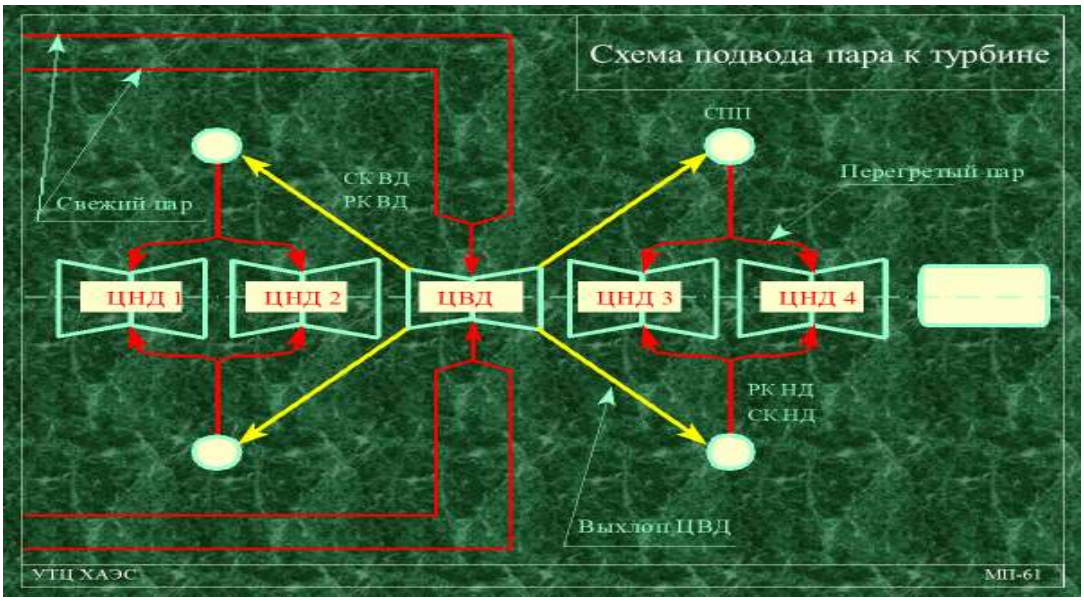

Рис. 1-6 схема підводу пати до турбіни

Циліндр високого тиску розташований в середній частині турбіни, а циліндри низького тиску симетрично по обидві сторони від нього (по два циліндри з кожного боку). Свіжа пара від чотирьох парогенераторів надходить по чотирьох паропроводах до клапанів високого тиску. Після регулюючих кланів високого тиску пара направляється до паровпуску циліндра високого тиску.

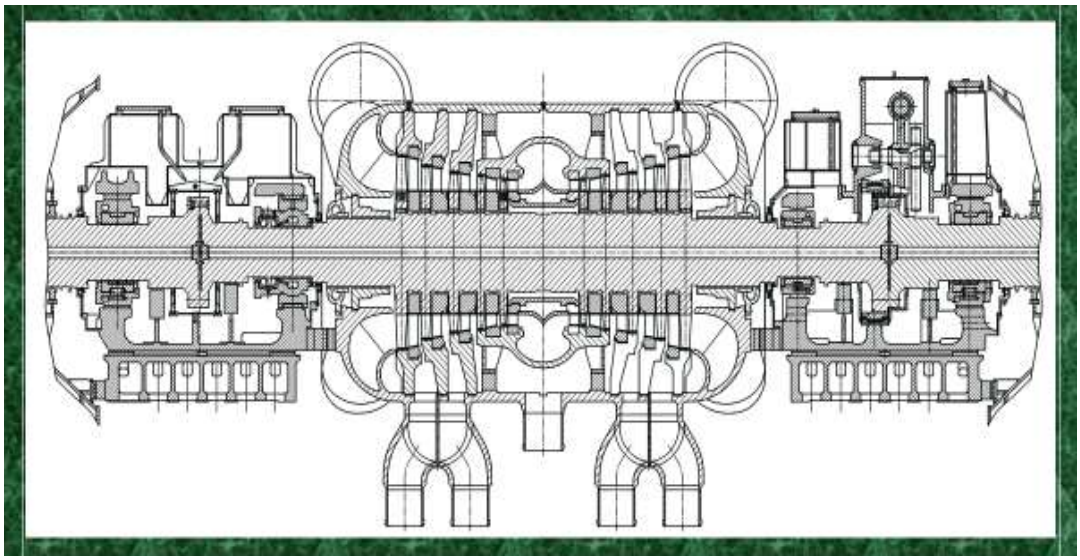

Рис. 1-7 циліндр високого тиску

Пройшовши двопоточний циліндр високого тиску, пара розширюється до тиску 0,58 МПа і надходить в чотири сепаратори-пароперегрівачі, в яких здійснюється сепарація вологи і перегрів пари. спочатку сепарується волога (вона спричиняє ерозію лопаток турбіни і знижує її ККД), а потім відбувається одноступінчатий перегрів гріючою парою до температури 250 ° С при тиску 0,51 МПа. Перегріта пара після кожного сепаратора-пароперегрівача підводиться до двох сусідніх циліндрів низького тиску.

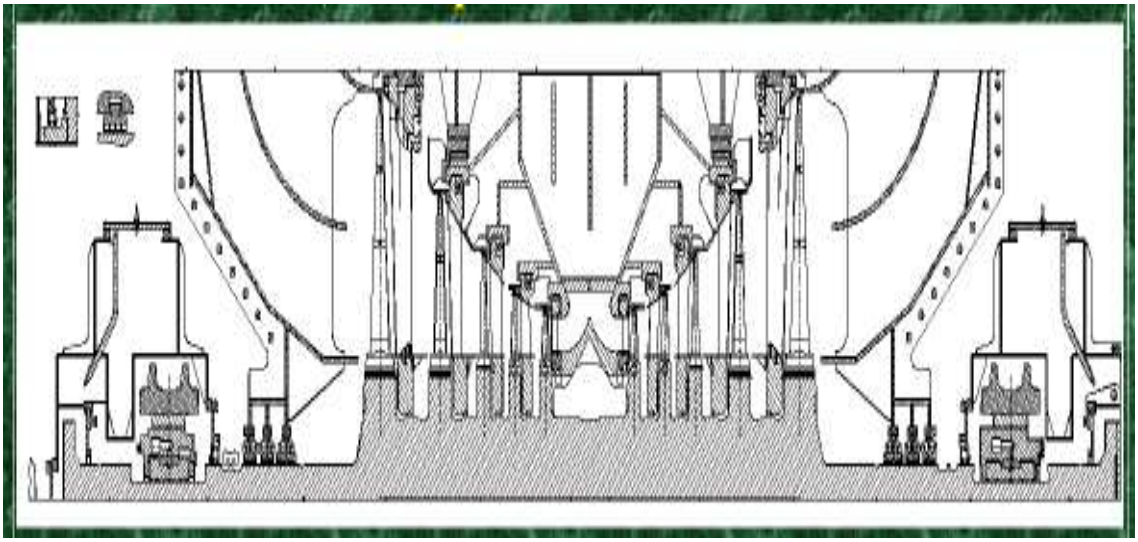

Рис. 1-8 циліндр низького тиску

Пройшовши проточну частину циліндрів низького тиску, відпрацьована пара направляється в конденсатори турбіни, де відбувається його конденсація при тискові нижче атмосферного. Тиск в конденсаторі при температурі охолоджуючої води 20 ° С становить 4,3-5,5 кПа. Знижений тиск забезпечує більш повне використання енергії пари.

Для підігріву води в мережевих підігрівачах і для забезпечення паропостачання власних потреб блоку турбіна має 7 відборів пари – 3 від циліндра високого тиску і по 2 від циліндрів низького тиску.

Пара з відборів надходить до теплофікаційної установки, призначеної для підігріву і подальшої подачі мережної води на потреби опалення та гарячого водопостачання населеного пункту, промислового майданчика, будівельного двору, а також споживачів реакторного і турбінного відділень.

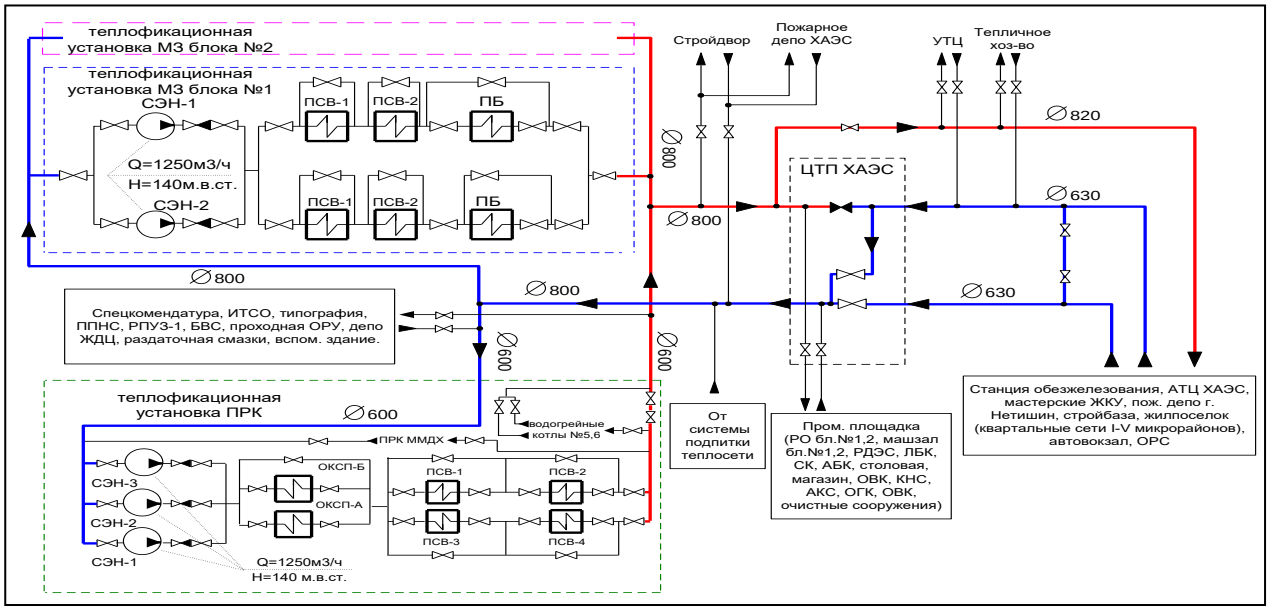

Рис. 1-9 теплофікаційна установка

Теплофікаційна установка включає в себе: два пікових бойлери, два основних бойлери II ступені, два основних бойлери I ступені, два мережевих насоси, два конденсатних насоси, механічний фільтр (грязевик), трубопроводи і арматуру, автоматичні пристрої сигналізації, регулювання, захистів і блокувань.

Для забезпечення надійності роботи теплофікаційної установки підігрів води відбувається в двох паралельних групах підігрівачів мережевої води.

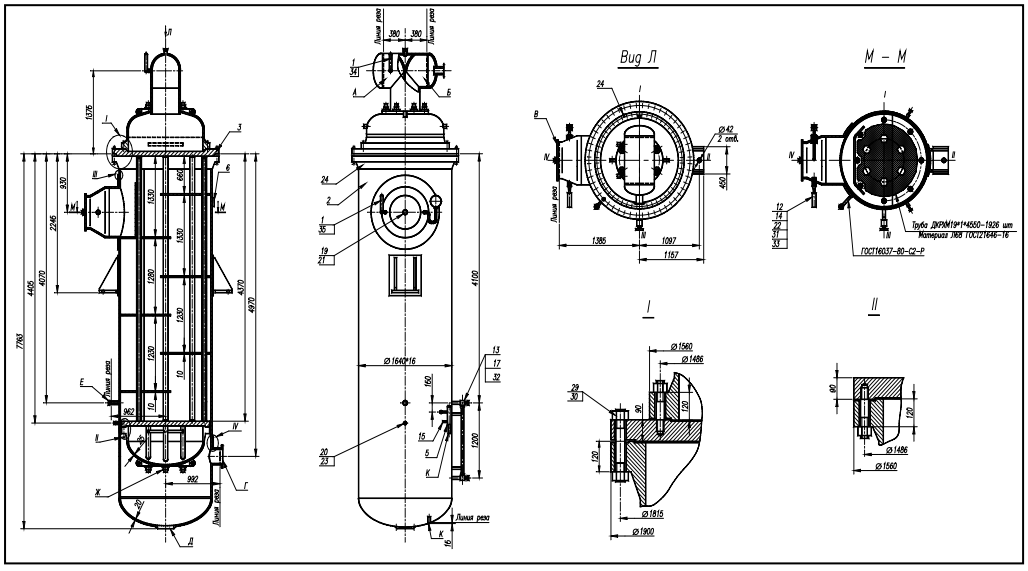

Рис. 1-9 схема бойлера

Рис. 1-10 бойлер

Підігрівники мережної води (бойлери) - призначені для підігріву мережної води парою. Бойлери представляють собою кожухотрубний теплообмінник вертикального типу, основними вузлами якого є: корпус, трубна система, верхня і нижня (плаваюча) водяні камери.

Режим роботи теплофікаційної установки (температура мережної води на виході з бойлерів, тиск і витрата мережної води в подаючому трубопроводі) повинен вестися в суворій відповідності з температурним графіком - в залежності від температури зовнішнього повітря :

Т зовнішнього повітря, ^{0}C	Т прямої мережевої води, ^{0}C		Т зворотньої мережевої води, ^{0}C
	V=10 м/с	V≤10 м/с	
>+2	65÷70		42÷45
+2	70		45
0	78	75	47
-3	86	83	51
-6	95	91	54
-10	106	102	59
-13÷-20	110	110	62

Таблиця 1-1

Циркуляцію мережної води по контуру: бойлерна установка - теплові споживачі - бойлерна установка забезпечують мережеві насоси .

Аби теплопостачання було безперебійним, основну магістраль, якою теплоносій надходить до міста, продубльовано резервною гілкою.

Вода, що обігріває міські помешкання, циркулює замкненим контуром. Після обігріву будинків вона повертається на АЕС, знову підігрівається парою, відібраною з турбіни, розподіляється мережами на центральному теплорозподільному пункті і несе тепло споживачам. Загалом у тепломережі АЕС-місто витрата складає 2-2,5 тисячі тонн води на годину під тиском 12 атмосфер. Параметри (температура і витрата) теплоносія залежать від температури навколишнього середовища та довжини трубопроводу. Мінімальна температура носія складає 65-70 ºС.

Крім витрат тепла на теплопостачання, значна частина тепла втрачається при конденнації пари після виходу з турбіни. Пройшовши проточну частину циліндра низького тиску, відпрацьована пара направляється в конденсатори турбіни, де відбувається його конденсація при тискові нижче атмосферного. Тиск в конденсаторі при температурі охолоджуючої води 20 ° С становить 4,3-5,5 кПа. Тиск знижується для більш повного відбору енергії пари.

У вдойму - охолоджувач з чотирьох конденсаторів одного блока скидається 200 000 тонн води на годину. Різниця температур на вході і виході становить 8 – 9 градусів, отже у водойму скидається близько $1{,}8 * 10^3$Гкал. ($7{,}5* 10^3$ ГДж) тепла на годину, що складає близько 2 ГВт теплової потужності, що становить 0,25% теплової потужності блока.

Рис. 1-11 водойма-охолоджувач, підвідний та скидний канали

У процесі дослідження технології отримання теплової енергії ми дійшли висновку про наступне:

- процес відбору теплової енергії для власних технологічних потреб станції та теплопостачання м. Нетішина починається з семи відборів пари від циліндра високого та циліндрів низького тиску турбіни;

- розташована на 4-му ярусі (під машинним залом) теплофікаційна установка є складною, високотехнологічною системою, в обслуговуванні якої задіяно значну кількість висококваліфікованих інженерно-технічних працівників;
- відбір пари від турбіни на теплопостачання призводить до зменшення кількості виробленої генератором електроенергії.

Надалі належить з’ясувати, наскільки виправданими є затрати матеріальних і людських ресурсів на отримання тепла.

РОЗДІЛ 2 ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Спробуємо оцінити, наскільки економічно доцільним є використання теплової енергії, що виробляється АЕС, не за прямим призначенням – виробництво електроенергії,- а для теплопостачання. Для прикладу розглянемо дані з веб-сайту Південно-Української АЕС. Недовиробіток електроенергії, ,пов'язаний із забезпеченням теплопостачання споживачів міста Южноукраїнськ, за підсумками 2016 року склав 143,75 млн кВт-год. на суму 62,89 млн грн. Якби за рахунок цього недовиробітку була отримана така ж кількість теплової енергії, то в перерахунку в гігакалорії це склало б 123,8 тис. Гкал. (1 Дж = 4,18 кал.; $1\ \text{кВт.год} = 10^3\text{Вт} * 3{,}6 * 10^3\text{с} = 3{,}6\text{МДж} =$ =3.6/4,18 Мкал = 0,86 Мкал. Відповідно $143{,}75 * 10^6\text{кВт.год} =$ $= 123{,}8 * 10^{12}\text{кал.} = 123{,}8 * 10^3\text{Гкал.}$

Вартість такої кількості енергії, виробленої котельнями на органічному паливі, склала б близько 200 млн грн. Навіть ці вельми приблизні розрахунки свідчать на користь отримання енергії для теплопостачання від АЕС.

Оцінимо теплові ресурси ХАЕС та можливості їх використання для теплопостачання:

Максимальна потужність теплофікаційної установки блока №1 – 200 Гкал/год.

Максимальна потужність теплофікаційної установки блока №2 - 200 Гкал/год.

Робоча потужність теплофікаційної установки блока №1-130 Гкал/год.

Робоча потужність теплофікаційної установки блока №2 - 148 Гкал/год.

Потужність установок обох блоків – 278 Гкал/год.

Максимальна добова кількість тепла, що споживається містом Нетішин + ХАЕС на сьогоднішній день становить 250 Гкал/год. Ця потужність перевищує проектне споживання тепла м. Нетішин в опалювальний сезон лише на 28 Гкал/год. Згідно з розрахунками, цього вистачає тільки на покриття росту

споживання теплоенергії, пов’язаної з розширенням міста Нетішин на наступні роки (до завершення будівництва блоків №3 та №4). За цей час в місті передбачено збудувати чотири нових мікрорайони. Прогнозоване споживання ХАЕС+м.Нетішин на найближчі 10 років (будівництво житла, розширення станційних споруд, малоповерхове будівництво) - 300-350 Гкал/год.

Підготовча робота по добудові блоків уже розпочалась. 22 вересня Володимир Зеленський доручив Кабміну впродовж двох місяців винести на розгляд парламенту законопроєкт розміщення, проєктування та добудови енергоблоків №3 та №4 Хмельницької АЕС. На Хмельницькій АЕС, в рамках підготовчого періоду будівництва енергоблоків №3,4, почала працювати робоча група, до складу якої увійшли фахівці ВП «Атомпроектінжиніринг», ВП «Атоменергомаш», НАЕК «Енергоатом», ВП КБ «Атомприлад», АТ «КІЕП» та ПрАТ «Південенергобуд». На цей час НАЕК «Енергоатом» затвердив графік робіт з добудови енергоблоків ХАЕС із зазначенням кінцевих термінів усіх етапів – від розробки проєкту і проходження експертизи до завершення будівництва. За цим графіком, завершення будівництва заплановане на 2026 р.

У 2018 році НАЕК «Енергоатом» та Holtec International підписали Меморандум про взаєморозуміння щодо співпраці у використанні малих модульних реакторів SMR-160 в Україні. та про будівництво цих реакторів для АЕС України, а також про часткову локалізацію виробництва обладнання для SMR-160 на українських підприємствах. Реалізація цих планів розширила б перспективи використання теплової енергії, що виробляється АЕС.

Дирекцією ХАЕС було проведено розрахунки щодо теплопостачання м. Рівного. Тепломережа ВП ХАЕС працює за температурним графіком 130/70°С. це означає, що при температурі навколишнього повітря -2°С температура прямої мереживної води має становити 130°С. Зниження температури за рахунок втрати тепла через ізоляцію теплотраси ХАЕС - Нетішин становлять приблизно 0,75°С/км. При умові підключення тепломережі м. Рівного до м. Рівного до тепломережі ХАЕС буде становити 60*0,75=45°С, ще значить що

при температурі навколишнього повітря -2°С температура прямої мережевої води в м. Рівне становитиме: 130 °С – 45 °С = 85 °С, що недопустимо згідно з санітарними нормами . Крім того, об’єм тепломережі до м. Рівного буде складати 60288 м^3, а це означає що об’єднана тепломережа ХАЕС - Рівне буде заповнюватись після ремонту протягом 25,12 діб. А дренування тепломережі займе ще більше часу.

Навіть при вводі в експлуатацію 2-х теплофікаційних установок (на блоках №3, 4) може бути забезпечена подача не більше 280 Гкал/год, при цьому втрати тепла можуть скласти не менше 35%, що означає що до м.Рівне може бути доставлено близько 200 Гкал/год (і це без урахування втрат в міських мережах).

Для підтримки необхідного тиску в магістралі потрібно буде будівництво проміжних насосних станцій.

Враховуючи також експлуатаційні витрати , витрати на підготовку води, охорону, адміністраційні витрати, недоцільність підключення систем опалення м. Рівного до теплових мереж Хмельницької АЕС стає очевидною.

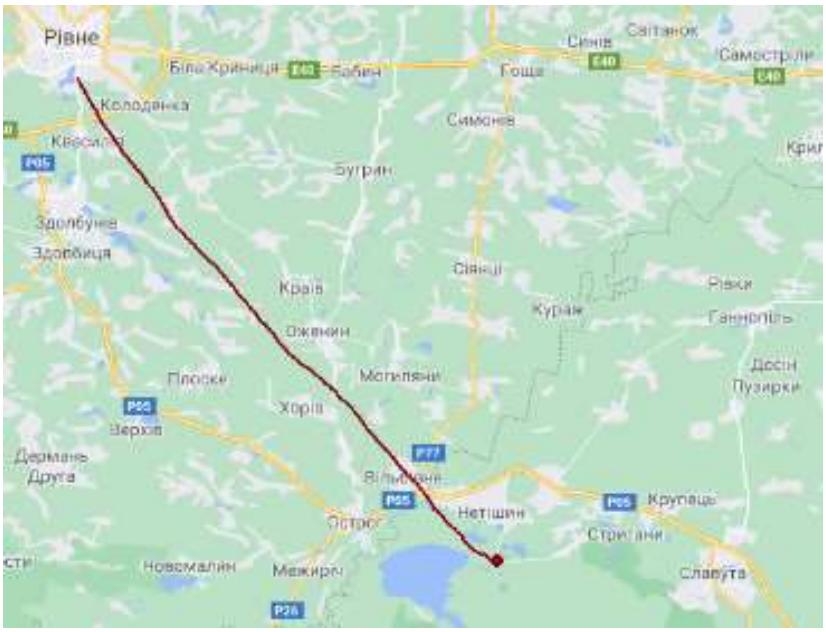

Рис. 2-1 проєктний шлях теплотраси ХАЕС – м. Рівне

Крім теплотраси від ХАЕС до м. Нетішина було споруджено ще одну

теплотрасу – до піонерського табору на Голубих озерах поблизу с. Стригани.

Будівництво табору, який планувалось також використовувати, як профілакторій ХАЕС, в 1997р.було завершено на 90%, включаючи підведення всіх комунікацій. На жаль, через неконструктивну позицію дирекції ХАЕС в особі Сапронова Віктора Григоровича, а також тодішнього керівництва Славутського райкому компартії, , які не знайшли спільної мови з Управлінням будівництва, роботи так і не було завершено. Майже рік управління за розпорядженнням тодішнього начальника Сєліхова Олександра Павловича тримало на незавершеному об’єкті охорону, а після того, як її було знято, табір спіткали розкрадання і занепад. Теплотрасу було демонтовано й продано.

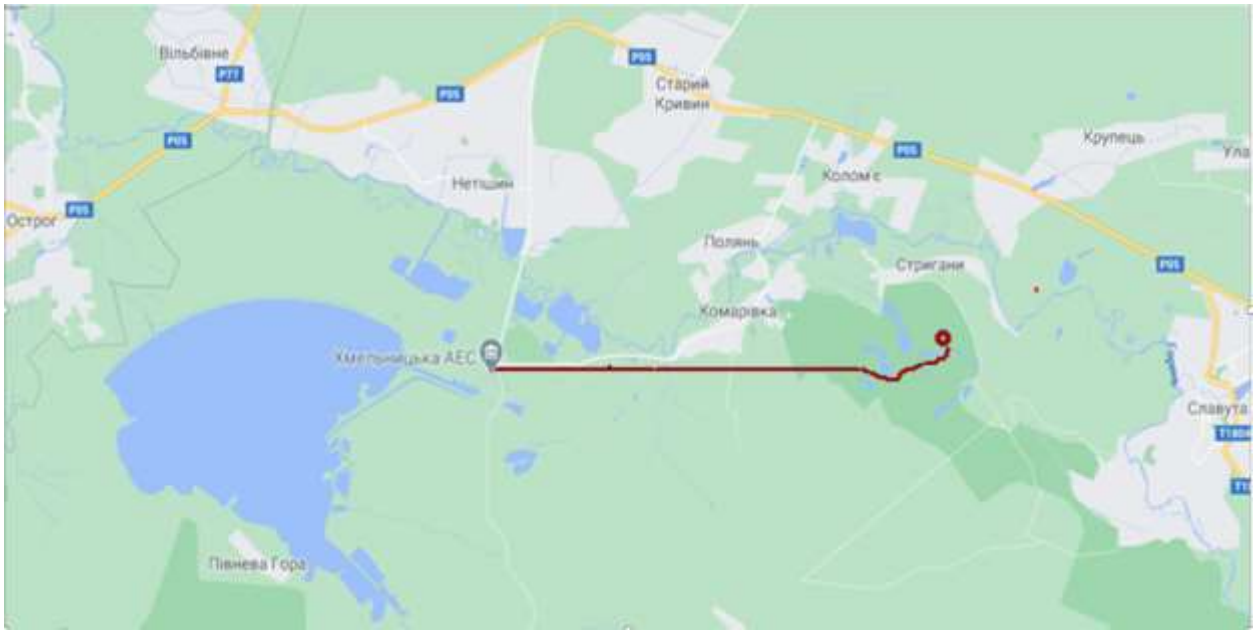

Рис. 2-2 теплотраса ХАЕС – табір відпочинку

Розрахунок доцільності теплопостачання від ХАЕС міст Славути і Острога не проводився, хоча ці міста розташовані значно ближче – на відстані 10 – 17 км. Можливо, ці розрахунки були б виконані, якби в 1986 році не було зупинено будівництво блоків №3 і №4 через катастрофу на Чорнобильській АЕС (будівництво енергоблоку № 3 було розпочато 1985 року, а енергоблоку № 4 – 1986). Адже теплової енергії, що вироблялась би чотирма блоками, було б цілком достатньо для забезпечення потреб обох міст.

Міркування складності охорони теплотраси великої протяжності, що проходить через лісний масив, могли були однією з причин, чому не проводився розрахунок доцільності теплопостачання м. Славути.

На даний час у нашому регіоні існує надлишок електроенергії, яка виробляється Рівненською та Хмельницькою АЕС. Електроенергія на опалення вночі відпускається за спеціальними низькими тарифами. Сьогодні існують сучасні ефективні засоби обігріву з використанням електроенергії. Ці обставини є вагомими аргументами на користь використання технологій обігріву, пов’язаних з використанням електроенергії.

Соціально-економічні та суспільно-політичні проблеми, які існують в Україні на даний час, роблять маловірогідним фінансування будівництва теплотраси від ХАЕС до м. Славути навіть при наявності надлишкових теплових ресурсів після добудови енергоблоків №3 і №4.

ВИСНОВКИ

Використання теплової енергії, що виробляється АЕС, для потреб теплопостачання є безперечно доцільним.

Відбір тепла потребує значних матеріальних та людських ресурсів, що є виправданим завдяки низькій собівартості цієї енергії.

Аналіз кількості теплової енергії, що може вироблятись двома блоками, і споживається самою станцією і м. Нетішином, свідчить про те, що приєднання інших населених пунктів до теплової мережі ХАЕС можливе лише при добудові блоків №3 і №4.

Використовувати для теплопостачання міста циркуляційну воду, яка в перебігу технологічного процесу охолодження конденсаторів турбін скидається у водойму, неможливо.

Висновки з історії піонертабору. Перший –технічний: теплопостачання віх ХАЕС малих об’єктів є технічно можливим. Другий – соціальний: теплотраси вимагають додаткових затрат на їх експлуатацію та охорону. Можливою причиною могла бути відсутність зацікавленості з боку керівництва ХАЕС в подібних розрахунках, хоча м. Славута розташоване значно ближче від ХАЕС, ніж м. Рівне.

Витрати на будівництво і експлуатацію теплотраси до м. Славути, вірогідно, будуть перевищувати витрати на теплопостачання з використанням електроенергії та сучасних технологій з обігріву. Але це питання могло б стати актуальним при добудові модульних реакторів: завдяки їх компактності транспортування тепла від модульних реакторів буде рентабельнішим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барбашев С.В., Зибницкий Р.Г., Шимчев С.А. Світ атомної енергії. Одеса: Астропрінт, 2012, 142 с.
2. Вальтер А. К., Залюбовский И. И. Ядерная физика. Харків: «Вища школа», 2007, 388 с.
3. Мазаний В. Хмельницька АЕС: гармонія з довкіллям. Документально-публіцистичне видання. ПМП видавниче агентство АЕС-ПРЕСА, 2012, 79 с.
4. Нигматулин И.Н., Нигматулин Б.И. Ядерные энергетические установки. Москва.: Энергоатомиздат, 2006, 168 с.
5. Носовский А. В., Васильченко Н. В., Павленко А. А.. Безопасность атомных станций. Киев : Техніка 2006. 360 с.
6. Письменный Е. Н., Широков С.В. Физика ядерных реакторов. Киев: НТУУ «КПІ», 2003, 288 с.
7. Широков С.В. Ядерні енергетичні реактори. Київ: НТУУ «КПІ», 1997, 280 с.
8. Атомна енергетика в запитаннях та відповідях / упоряд. Н. Походонько. Запоріжжя: АА Тандем, 2011, 32 с.
9. Енергоатом: зб. статей. Дирекція ДП НАЕК «Енергоатом», прес-центр, 2017. 36 с.
10. Новини та пріоритети розвитку енергетики: дайджест /Новини енергетики. 2005. (№ 9), 50 с.
11. Осоновное оборудование реакторного отделения. Пособие для подготовки персонала. Національна атомна енергогенеруюча компания «ЕНЕГРОАТОМ», 187 с.
12. Теплофикационная установка. Пособие для подготовки персонала. Національна атомна енергогенеруюча компания «ЕНЕГРОАТОМ», 382 с.
13. Хмельницька АЕС. Будівництво енергоблоків №3 і №4. Національна атомна енергогенеруюча компания «ЕНЕГРОАТОМ» ВП «АТОМПРОЕКТІНЖЕНІРИНГ», 2017,67 с.

14. Хмельницька АЕС. Техніко-економічне обгрунтування спорудження енергоблоків №3,4» Інформаційно-аналітичний огляд матеріалів. Київ: 2011, 92 с.
15. Плачков І.В., Плачкова С.Г., Дунеєвська Н.І., Подгуренко В.С., Шиляев Б.А., Ландау Ю.О. Розвиток атомної енергетики та об'єднаних енергосистем. URL: http://energetika.in.ua/ua/books/book-4(дата звернення 10. 10.2020)
16. Будівництво нових блоків Хмельницької АЕС. Офіційній сайт Хмельницької АЕС. URL:https://ecoaction.org.ua/budivnyctvo-x34.html (дата звернення 05.09.2020)
17. Украина: модульные реакторы малой мощности – перспектива развития URL:https://ukrenergy.dp.ua/2018/01/18/ukraina-modulnye-reaktory-maloj-moshhnosti-perspektiva-razvitiya.html (дата звернення 05.09.2020)