

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра кріогенної техніки



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

На тему: «Розробка формалізованої термодинамічної моделі для кріогенної зріджувальної установки, що працює за циклом Лінде»

Здобувача Шахов М.В.
(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕН-142 групи

Керівник доц. Грудка Б.Г.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: проф. Морозюк Л.І.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2026 р., протокол № _____

Завідувач кафедри КТ _____ **Юрій СИМОНЕНКО**

Одеса - 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО

Кафедра Кріогенної техніки
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма Холодильні машини, установки
і кондиціонування повітря»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КТ

д.т.н., проф. Симоненко Ю.М

«__» ____ 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шахова Михайла Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка формалізованої термодинамічної моделі для кріогенної зріджувальної установки, що працює за циклом Лінде

керівник роботи к.т.н., доц. Грудка Богдан Геннадійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 31 жовтня 2025 року № 613-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи: Зріджувальна, звичайна та формалізовані розрахункові схеми установки, математичні представлення формалізованої схеми у вигляді матриці інцидентності та списку ребер

4. Перелік питань, які потрібно розробити:
Особливості вузлових точок у формалізованій схемі установки. Створення звичайних і формалізованої розрахункових схем. Визначення незалежних змінних у термодинамічній моделі установки. Побудова матриці інцидентності для енергетичних потоків у зріджувальному режимі циклу Лінде. Створення списку ребер для формалізованої моделі.

5. Перелік графічного матеріалу:
Презентація Power Point (10 слайдів)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Проф. Морозюк Л.І.		

7. Дата видачі завдання _____ 01.12.2025 _____

Керівник _____ доц. Грудка Б.Г.
Завдання прийняв до виконання _____ Шахов М.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення технічного завдання	5 днів	
2	Огляд і аналіз літератури	30 днів	
3	Розробка математичної моделі об'єкта	10 днів	
4	Адаптація методів дослідження до практичного застосування	15 днів	
5	Теплові і конструктивні розрахунки елементів об'єкта	10 днів	
6	Розробка креслень і графічних моделей	20 днів	
7	Аналіз результатів досліджень	8 днів	
8	Оформлення пояснювальної записки	5 днів	
9	Обговорення та затвердження результатів роботи	5 днів	
10	Підготовка матеріалів роботи до захисту	5 днів	

Здобувач-дипломник _____
(підпис)

Шахов М.В.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Грудка Б.Г.
_____ (прізвище та ініціали)

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчинності

Здобувач-дипломник _____
(ПІБ)

Шахов М.В.
_____ (підпис)

АНОТАЦІЯ

Розглянуті особливості звичайного та формалізованого підходів до створення розрахункових схем кріогенних установок. Ці особливості продемонстровані на прикладі системи, що працює за циклом Лінде у зріджувальному режимі.

Розроблена термодинамічна модель формалізованої схеми циклу Лінде, для якої визначені кількість незалежних змінних і можливий їх вибір для конкретного розрахунку зріджувача кріогенної речовини.

Представлено розроблений алгоритм термодинамічного розрахунку зріджувача для обраного набору незалежних змінних.

Для математичної моделі циклу у вигляді графів доведена необхідність застосування додаткових елементів, таких як навколишнє середовище та споживача рідини.

На основі теорії графів побудований граф енергетичних потоків у вигляді роботи, тепла та енергії, що переноситься потоком маси робочого тіла. На основі цього графа створена матриця інцидентності.

Показано застосування матриці інцидентності для створення енергетичних балансів довільних контурів схеми установки.

Ключові слова: кріогенна установка, ріджувач, термодинамічний розрахунок, матриця інцидентності

ABSTRACT

The peculiarities of conventional and formalized approaches to the creation of settlement schemes of cryogenic installations are considered. These features are demonstrated on the example of a system that operates the Linde cycle in liquefied mode.

The thermodynamic model of the formalized circuit of the Linde cycle is developed, for which the number of independent variables is determined and their choice is possible for a specific calculation of the cryogenic substance liquefier.

The developed algorithm of thermodynamic calculation of the thinner for the selected set of independent variables is presented.

For the mathematical model of the cycle in the form of graphs proved the need to use additional elements, such as the environment and the consumer of liquid.

On the basis of the theory of graphs, the graph of energy flows is built in the form of work, heat and energy, carried by the flow of body weight. On the basis of this graph, a incident matrix is created.

The application of the incident matrix is shown to create energy balances of arbitrary circuits of the installation scheme.

Keywords: cryogenic installation, liquefier, thermodynamic calculation, incidence matrix

Зміст

Вступ.....	6
1.Сучасне програмне забезпечення для моделювання енергетичних систем.....	9
2.Формалізація концепції точки вузла термодинамічної системи.....	28
2.1 Визначення точки вузла.....	28
2.2 Атрибути точки вузла.....	32
3. Формалізація схеми і термодинамічної моделі простого дросельного циклу в зріджувальному режимі.....	39
3.1 Формалізована розрахункова схема.....	39
3.2 Формалізована термодинамічна модель циклу.....	43
3.3 Алгоритм термодинамічної розрахунку формалізованої моделі циклу.....	47
4. Застосування теорії графів для математичного представлення термодинамічної моделі.....	53
4.1 Складання E-графа простого дросельного циклу в рефрижераторному режимі.....	53
4.2 Математичне подання E-графа для дросельного циклу Лінде.....	56
5.Охорона праці.....	62
Основні результати та висновки.....	74
Список літератури.....	75

					КРБ.КТ.1.613-03.1.23			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розробка формалізованої термодинамічної моделі для криогенної зріджувальної установки, що працює за циклом Лінде	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		Шахов М.В.				1		
<i>Перевір.</i>		Грудка Б.Г.				ЕН 142		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Грудка Б.Г.						

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сучасні досягнення обчислювальної техніки дають можливість ставити та вирішувати на більш високому рівні термодинамічні задачі автоматизованого проектування моделі для криогенної зріджувальної установки, що працює за циклом Лінде. Головними факторами, що заважають реалізації цієї можливості є питання пов'язані з формалізацією елементів і циклів теплотехнічних систем. До них треба додати існуючі труднощі термодинаміки в області аналізу енергетичної ефективності об'єктів і властивостей їх робочих речовин. Цей перелік доводить складність і комплексність актуальної проблеми створення сучасного термодинамічного забезпечення для розрахунку та оптимізації установок низькотемпературної техніки.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Окремі розділи дисертації зв'язані з виконанням науково - дослідної роботи "Разработка систем охлаждения высокотемпературных сверхпроводников" у рамках міжвузівської науково - технічної програми "Высокотемпературные сверхпроводники", номер державної реєстрації 01890041166 (керівник теми, відповідальний виконавець), також держбюджетної теми "Дослідження методів використання енергії тиску природного газу магістральних трубопроводів", номер державної реєстрації 01970010052 (виконавець).

Мета і задачі дослідження. Метою цього дослідження є розвиток термодинамічних основ проектування циклів моделі для криогенної зріджувальної установки, що працює за циклом Лінде

Для її реалізації вирішувались наступні наукові задачі:

- виявлення особливостей термодинамічної системи як об'єкту оптимізації;
- дослідження основних критеріїв термодинамічної ефективності та взаємозв'язку оптимальних рішень при різних цільових функціях;

- розробка формалізованого підходу до термодинамічних розрахунків циклів кріогенної техніки;
- створення узагальнених алгоритмів вирішення типових термодинамічних задач кріогеніки;
- аналітичне дослідження термодинамічної ефективності простих циклів кріогенної техніки;
- розробка методу прогнозування та моделювання азеотропних перетворень у сумішах;
- аналітичне дослідження критичного стану чистих речовин.

Об'єктами дослідження даної роботи є низькотемпературні системи та їх робочі тіла.

Предмет дослідження - показники термодинамічної ефективності низькотемпературних систем і термодинамічні властивості робочих тіл.

При виконанні наведених задач використовувались методи теоретичних досліджень, зокрема аналітичні рішення, математичне моделювання, обчислювальні експерименти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі проблеми:

1. Застосувати сучасне програмне забезпечення для моделювання енергетичних систем
2. Провести формалізацію концепції точки вузла термодинамічної системи
3. Провести формалізацію схеми і термодинамічної моделі дросельного циклу в зріджуванні
4. Застосувати теорію графів до математичного представлення термодинамічної моделі

Об'єктом дослідження є кріогенна зріджувальна установка за циклом Лінде.

Методи дослідження. Визначення точки вузла. Формалізація розрахункової схеми. Фактологічну основу складають підручники, інтернет, програмне комп'ютерне забезпечення.

Структура роботи. Кваліфікаційна магістерська робота складається з чотирьох розділів, економічні розрахунки, списку літератури та розрахунку охорони праці. Обсяг всієї роботи складає 89 аркушів, 15 рисунків, 10 таблиць.

1. СУЧАСНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Україна в даний час забезпечена власними енергетичними ресурсами не більше ніж на 40% [1], а середня вартість енергії, що витрачується на отриманий продукт, для української промисловості, навіть з урахуванням тіньового виробництва, в 1,5-2 рази перевищує цей показник для індустріально розвинених країн. Значною мірою це відбувається через те, що технологічні схеми діючих зараз на Україні промислових підприємств були створені під час відносно дешевих енергоносіїв. В даний час, коли вартість енергії різко зросла, і на Україні існує її дефіцит, питання економії енергії для про-промислових підприємств є життєво важливим. Тому більшість українських підприємств потребують реконструкції, а при будівництві нових підприємств необхідно використовувати сучасні ресурсо- і енергозберігаючі методи проектування.

В даний час на практиці все ширше застосовують комп'ютерне технологічне моделювання (ТМ) енергетичних систем і хімічних виробництв, які прийшли на зміну програмам розрахунку окремих технологічних процесів. Даний вид програмного забезпечення дозволяє досить швидко моделювати практично будь-які технологічні схеми установок і виконувати різноманітні розрахунки режимів, балансів і основних показників якості сировини і продукції. Кращі системи ТМ дозволяють також створювати контури автоматичного регулювання технологічних параметрів, виконувати серії аналітичних розрахунків для вивчення впливу технологічних параметрів на вибрані показники процесу і навіть вирішувати завдання оптимізації.

Область застосування систем технологічного моделювання - детальний аналіз стану технології і визначення якої бракує інформації для діючих виробництв, розробка технічних рішень по проектування нових і модернізації діючих виробництв. Таким чином, для інженерної та

дослідницької роботи на сучасному рівні системи технологічного моделювання необхідні як в проектних і науково-дослідних інститутах, так і на підприємствах. Однак поки ці системи не знайшли широкого поширення, насамперед через відносно високу ціну і обмеженого використання. Досить розвинуті системи технологічного моделювання експлуатуються тільки з ключем від несанкціонованого поширення, тому при придбанні системи обумовлюється кількість робочих місць (кількість комп'ютерів, на яких можна одночасно працювати з системою), а вартість одного робочого місця становить десятки тисяч доларів США.

Нижче наводиться опис найбільш відомих продуктів ТМ, зроблених співробітниками Тюменського державного нафтогазового університету.

В даний час кращими в світі системами технологічного моделювання вважаються SIMSCI PRO/II (PRO-2, розробка американської фірми SIMSCI) і HYSYS (розробка канадської фірми HYPROTECH). З аналогів заслуговують на увагу GIBBS (розробка фахівців, об'єднаних в ТОВ "Топенергобізнес") і ГазКондНефть (розробка фахівців Київського Інституту Газа Академії наук України). Існує і ряд інших більш простих і менш універсальних систем моделювання. Серед них система моделювання потокових схем MODBAL.

Система PRO/ II до цих пір вважається найбільш потужною і розвиненою в світі. Вона експлуатується вже близько 30 років. Головним її достоїнством є те, що в неї включені абсолютно всі види обладнання і все відомі в світі методики розрахунків. Крім цього, є можливість додавати власні алгоритми, які можна дописувати на вбудованій мові "Фортран". Таким чином, висококваліфікований і ретельно навчений інженер може виконати практично будь-яку розрахункову роботу.

PRO / II виконує строгі розрахунки матеріальних і теплових балансів для широкого діапазону технологічних процесів: від первинної Сепарації нафти і газу до реакційно-ректифікаційних процесів. Проста у використанні

впрограма PRO / II дозволяє надзвичайно ефективно вирішувати завдання моделювання. Графічний інтерфейс користувача PROVISION на основі Windows®, є повністю інтерактивною, зручною у використанні оболонкою для побудови і коригування як простих, так і найскладніших моделей PRO / II. PROVISION підтримує такі вбудовані стандарти Microsoft®, як OLE Automation, які дозволяють швидко передавати графічні і інші дані в інші програми Windows. Ви можете досить просто сформуванати зручну для себе середовище моделювання, вибираючи одиниці виміру, термодинаміку, типи іконок і т.д. Крім того, Ви можете вибрати інтерактивний або періодичний контроль ходу обчислень і швидко переглядати їх результати у вигляді звітів, графіків і таблиць.

Галузі промисловості, в яких може бути використана дана система: нафтопереробка, газопереробна, нафтохімія, хімія.

Області її застосування: проектування нових процесів; порівняння альтернативних конфігурацій установок; модернізація і реконструкція; оцінка відповідності технологій вимогам екології; розширення вузьких місць і вирішення проблем експлуатації, оптимізація та збільшення виходів продуктів і прибутковості підприємства; приклади процесів, що моделюються PRO / II.

Основні елементи і установки, що розраховуються за допомогою системи PRO / II: Нафтопереробка: атмосферна колона первинної перегонки нафти, блок підігріву нафти, колона поділу установки коксування, основна колона каталітичного "вітамінінга", установка газорозділення, стабілізатор бензину, установка вторинної перегонки бензину, реакторні вузли, очищення кислих стоків, алкілування в присутності H_2SO_4 і HF, вакуумні колони.

Газопереробка: Аміновен очищення, установки каскадного охолодження, компресорні станції, установка деталювання, зневоднення газу, інгібування гидратообранования, багато-ступінчаста сепарація, експлуатація платформ, цикли охолодження, оптимізація установки

турбодетандювання.

Нафтохімія: поділ ароматичних вуглеводнів, поділ пропанової фракції C3, виробництво циклогексану, етилену установка, отримання МТБЕ, виділення нафталіну, виробництво олефінів, хлорірованя пропілену.

Хімія: синтез аміаку, азеотропная і екстрактивних ректифікація, кристалізація, випарювання, процеси зневоднення, процеси неорганічної хімії (включаючи електроліти), екстракція, установка ректифікації фенолу, процеси з твердою фазою.

Однак вважається, що ця система дуже важеловесна і складна в експлуатації. Після розробки WINDOWS-версії і інтерфесной оболонки PROVISION робота з системою істотно полегшилася, проте продовжує залишатися досить складною. До недоліків системи слід віднести НЕможливість русифікації екрану, а також те, що програмні модулі на-писані мовою FORTRAN, що ускладнює роботу з розвитку системи в середовищі WINDOWS. Система продається єдиним пакетом вартістю 60000 доларів США за копію.

Система HYSYS створена канадською фірмою HYPROTECH і є WINDOWS-версією, яка в даний час замінює вельми популярну в світі DOS-версію HYSIM цієї ж системи тієї ж фірми. HYSIM з'явився на ринку значно пізніше PRO-2 і поступається їй за рівнем можливостей. Однак ця система стрімко наздоганяє PRO-2, а по можливості інтерфейсу та інтегруванню схем значно перевершує. Головною прикметою системи HYSYS є те, що WINDOWS-версія повністю перероблена на мові C++ ++, що відкриває нові можливості для її подальшого вдосконалення і розвитку. Вона є повністю інтегрованою - в ній можна моделювати складні схеми з мережами трубопроводів, установками підготовки і переробки і т.п. Використання надійних термодинамічних моделей HYSYS дозволяє розрахувати фізичні властивості, транспортні властивості, фазову рівновагу з гарантовано високою точністю. Програма містить велику базу даних з можливістю додавання користувацьких компонентів.

Відкрита архітектура HYSYS дозволяє створювати призначені для користувача термодинамічні і кінетичні моделі, а також моделі одиниць обладнання за допомогою вбудованої мови програмування (аналога Visual Basic). Можна підключати і використовувати спільно з програмою HYSYS власні програми користувача (створені в середовищі Visual Basic, C ++, Excel), розширюючи її стандартні можливості і створюючи інтегровані системи технологічних розрахунків.

Велика бібліотека модульних операцій HYSYS включає в себе статичні і динамічні моделі ректифікаційних колон, реакторів, теплообмінників, циклонів і фільтрів і, крім того, можна використовувати в HYSYS логічні операції. Застосування цих моделей дає реалістичні результати і дозволяє виявляти такі ситуації, як спустошення або переконавання резервуара, зворотне течії потоку.

Вже згадана система дає можливість здійснювати:

Детальний проектний і перевірочний розрахунок теплообмінників. При розрахунку користувач може імпортувати в HYSYS детальну модель теплообмінника з таких спеціалізованих програм, як TASC + (програма для детального конструкційного розрахунку кожухотрубних теплообмінників), ACOL + (детальний розрахунок повітряних холодильників), MUSE (розрахунок пластинчато-ребристих теплообмінників). Це дозволяє провести в середовищі HYSYS більш точний розрахунок теплообмінного обладнання.

Економічна оцінка проекту. Моделі, побудовані в HYSYS, можуть бути експортовані в Аспен Ікар Процес Оцінювач або Аспен Ікар Проект менеджер для оцінки проекту економічно. Осика TM призначена для оцінки вартості основного і додаткового обладнання для окремих елементів схеми і всієї установки в цілому.

Перенесення даних до програми конструктора. Моделі можуть бути експортовані з HYSYS в Аспен zquad для подальшого використання в дизайнерських програмах (наприклад, AutoCAD). Використання Aspen

zupaд дозволяє підвищити якість і ефективність інженерних розрахунків і скоротити час на проект. Система HYSYS містить багато вбудованих модулів, основні з яких включають:

Модуль HYSYS Data Rec дозволяє вирівняти дані моделі і реальну установку для моніторингу продуктивності обладнання та он-лайн оптимізації.

HYSYS OLI Interface - Інтерфейс до програми рішення електролітів, розробленої компанією OLI Systems Inc. Додавання цього модуля дозволяє розширити базу даних термодинамічних властивостей, щоб включити властивості понад 3000 органічних і неорганічних електролітів.

Модуль оптимізатора HYSYS базується на методі S'P послідовного чотирикутного програмування. Метод S'P є одним з найсучасніших і ефективних методів оптимізації. Він використовується як для стаціонарної оптимізації при проектуванні (оптимізація офлайн), так і для оптимізації роботи реальної установки (онлайн оптимізація).

Помимо встроенных модулей, HYSYS поддерживает дополнительные модули. Дополнительные модули расширяют стандартные возможности HYSYS. Благодаря открытой архитектуре HYSYS в качестве дополнительных модулей выступают как собственные программы Компанії-партнери AspenTech та AspenTech. Додаткові модулі дозволяють налаштовувати HYSYS з урахуванням специфіки конкретного виробництва. Серед найпопулярніших додаткових модулів:

HYSYS Сирий модуль для розрахунку потоків нафти, АВТ колонки;

Програмний пакет HYSYS Dynamics - динамічне моделювання;

Програмний пакет HYSYS OLGAS - розрахунок трубопроводу;

Програмний пакет HYSYS PIPESYS - розрахунок магістралінійних трубопроводів;

МОДУЛЬ HYSYS Upstream для процесів видобутку нафти;

Модуль HYSYS Amines для розрахунку процесів очищення аміну;

Пакет програмного забезпечення Aspen RefSYS для розрахунку основних установок, що використовуються при доопрацюваннях.

Використання програми HYSYS має значний економічний вплив: підвищення продуктивності та рентабельності установок. Економічний вплив HYSYS досягається:

Оптимізація конструкції - можливість оцінити рентабельність, безпеку і надійність монтажу в короткі терміни;

Моніторинг стану обладнання полягає в тому, щоб переконатися, що обладнання працює оптимально;

Зниження витрат на реалізацію проекту – це можливість мінімізувати кількість помилок і зробити проект менш трудомістким.

Крім того, система HYSYS має можливість моделювати вбудовану ієрархічну структуру схем, що важливо для зв'язування функціонування окремих виробничих потужностей в масштабах заводу. Дуже зручно організований інтерфейс користувача, мабуть, найзручніший з усіх проаналізованих систем - все середовище побудоване на електронних таблицях, які легко обмінюються даними через буфер обміну з додатками WINDOWS (наприклад, з EXCEL). Ще однією перевагою є те, що в цій системі найкращий алгоритм розрахунку фрекінгових стовпчиків - він дуже швидко вирішується і дуже стабільний. З огляду на перспективи і темпи розвитку, система моделювання технологій тепер повинна бути визнана кращою в світі.

Система HYSYS продається окремими пакетами, що дуже зручно для користувача. Для початку досить купити базову версію, яка є відносно недорогою (без динаміка близько 24 000 доларів США). Потім, за потреби, ви можете придбати та підключити всі необхідні підсистеми, включаючи нестійку систему моделювання процесів (наприклад, start-and-stop) та схеми управління процесами, управління та оптимізації.

Розробка системи ГІББС була розпочата в 1990-х колективом фахівців ВНІІГАЗ та інших організацій. Версія DOS цієї системи дуже схожа на

HYSIM, хоча вона значно поступається за обсягом можливостей. Главним достоїнством DOS-версії (хоча отчасти і недостатком) системи було кадрове побудоване схем. С точки зору можливості побудовані складної ієрархічної архітектурою структури схем це являється достоїнством, однак розмір схеми при цьому обмежується одним екраном. В 2002 році Команда розробників завершила створення і налагодження windows версії системи GIBBS, яка має найсучасніший, дуже зручний і дуже оригінальний інтерфейс користувача, а також HYSYS, побудований на електронних таблицях. Можливості побудови складної ієрархії схем у версії WINDOWS були пропущені. Безсумнівною перевагою версії WINDOWS є включення гідравлічних і конструктивних розрахунків, присутніх в технологічній моделі пристроїв. Однак версія системи ГІББС для WINDOWS далека від досконалості з точки зору методичної розробки.

Основними відмінностями ГІББС (а також GazCondNefit) від вищезгаданих іноземних систем є відсутність вибору методів розрахунку і неможливість варіювати змінні, встановлені для розрахунків (включаючи неможливість вирішення регуляторних і оптимізаційних проблем). Таке відставання від іноземних аналогів пов'язано з тим, що вітчизняні системи розробляються останнім часом і дуже невеликими колективами. Звичайно, ці відмінності різко знижують можливості системи. Однак відсутність вибору методів при робіт розрахунку для інженера не дуже ерудиційна в цих питаннях виявляється навіть перевагою, а побудова регуляторних схем і особливо оптимізація такого фахівця, як правило, не можлива. Тому розрив між рівнем можливостей та їх реалізацією для ГІББС значно менший, тобто кошти, вкладені в закупівлю, використовуються більш ефективно, тим більше, що поточна вартість windows версії системи ГІББС становить лише близько 10 тисяч доларів США.

Система GazCondNefit створена і розроблена командою фахівців Київського інституту Академії наук Гази України. На початку 1990-х років була введена версія DOS системи, а останні 3-4 роки створювалася і

швидко розвивалася і вдосконалювалася версія WINDOWS. З точки зору можливостей і методичного розвитку, в даний час він значно випереджає версію WINDOWS GIBBS, але поступається інтерфейсу, хоча і повинен бути визнаний значним поліпшенням в цьому напрямку за останній рік. Перш за все, це включена можливість перенесення результатів розрахунків в електронні таблиці EXCEL, а також передача в систему складів сировини і властивостей псевдо-компонентів (вузьких фракцій) із зовнішніх джерел (електронних таблиць). Головною перевагою в порівнянні з ГІББС є дуже зручний розрахунок гальмування гідратації вуглеводневих продуктів. Крім того, інтерфейс контролю за гідратацію і дозуванням інгібіторів робиться, можливо, навіть краще, ніж в HYSYS. Крім того, система дозволяє моделювати склад видобутих рідин за результатами дослідження свердловин і прогнозувати зміну її складу в динаміці розвитку родовища для виснаження (хоча вирішення цих проблем потребує значного уточнення). Ще однією перевагою системи є можливість дуже правильних теплових гідравлічних розрахунків трубопроводов (по крайній мере, на рівні відомих в літературі і найбільш признаних сьогодні методик), включених в моделювану схему, з одночасним розрахунком і фазових переходів. Основний недолік системи - неідеальна методика розрахунку колонок (розрахунок ведеться методом «от тарелки к тарелке» і час його виконання в декілька разів більше, ніж на основі методу матриці, який використовується в інших перелічених системах).

Програмна система комп'ютерного моделювання технологій видобутку природного газу та нафти, розділення газу та фракціонування нафти та конденсату GazCondNeft виробляє наступні види розрахункового моделювання:

Фазовий рівноважний газ - рідкий, газ - рідкий - рідкий і газовий - рідкий - рідкий - тверда фаза (солі) в газових системах - конденсат (нафта) - мінералізована вода - метанол - гліколи (EG, DEG, TEG) і властивості:

enthalpie, ентропія, теплоємність, щільність, в'язкість, теплопровідність, поверхнева напруга, PVT-шкала

Склад резервуарних газових конденсатних і нафтових рідин з урахуванням даних про прискорення нафти і конденсату (ГОСТ 2177-82, 11011-85), дедиціального конденсату і матеріального балансу газоконденсатних родовищ за весь період розробки.

Гідравлічні та температурні режими трубопроводів (горизонтальні, похилі, рельєфні) та збірні мережі, що транспортують суміші в одно-, дво- та трифазних станах (газо- та газоконденсатні суміші, нестабільна нафта або конденсат, газопроводи, нафтопроводи, продуктові трубопроводи).

Процеси двофазного і трифазного поділу, дросельної заслінки, змішування, викиду, детінізації, стиснення, теплообміну (з вибором АВО і ЦТАК), окислення, поглинання багатокомпонентних сумішей (осифікація газу, регенерація гліколії і метанолу, розрідження і розділення газів, стабілізація і фракціонування масла).

Матеріально-енергетичні залишки підприємств з переробки природного газу та нафти, розділення газу та фракціонування нафти та конденсату з урахуванням використання антигідратаційних інгібіторів.

Умови льоду та гідратації, споживання інгібіторів з урахуванням мінералізації води, еластичність парів вуглеводневих рідин, тиск насичених парів на Ріді, точки роси на воді та вуглеводні, параметри дисперсії сепараційних продуктів, значення ІК відповідно до прискорення Енглера.

Можна адаптувати програмну систему (PS) GasCondNeft до даних комерційних і лабораторних досліджень пластмасових і дегазовані рідин молекулярною масою, щільність, в'язкість, тиск конденсату, вміст конденсаційного газу, тиск насичення та ізотермічний коефіцієнт стиснення пластикового масла, температури затягання та помутніння. До розрахунку-графічних засобів моделювання належать підсистеми створення та редагування чорно-білих і кольорових зображень приладів і технологічних схем (з можливістю структурування блоків)

Дана система розрахована на використання наступних компонентів: граничні, негранічні і циклічні вуглеводні, гелій, водень, азот, аргон, оксид та діоксид вуглецю, сірководень, сіркоогранічні з'єднання, вода, метанол, гліколі, хлориди натрію і кальцію, фракції нафти (конденсат). Мається можливість вводу і використання лабораторних даних про властивості вузьких фракцій: молекулярної маси, густини, в'язкості і температури затвердіння.

Межі системи GazCondNeft: 70 K q/t; T z/t; 700 K; 0.003 MPa z/t; P z/t; температура кип'ятіння 100 МПа від 40 до 700 С

Загалом можна сказати, що система GasCondNeft найкраще підходить для моделювання систем риболовної підготовки, десталізації, фракціонування та стабілізації вуглеводневої сировини. Його вартість наразі становить 18 - 20 тисяч доларів США.

Система моделювання схем потоку MODBAL призначена для великогабаритних розрахунків цілих підприємств і навіть їх комплексів, хоча і не виключає моделювання окремих установок і їх вузлів. Спочатку система була створена для оперативного розрахунку балансів і розрахунку виробничих планів. Однак пізніше він був перетворений в систему моделювання. В даний час він вдосконалюється і вдосконалюється. ModBAL не розраховує обладнання. В цілому схема побудована з входів, потоків, вузлів і виходів - пристроїв в ньому в принципі немає. Суть моделювання полягає в розрахунку розподілу ниток в залежності від типів ниток в вузлах і з них. Розподіл компонентів за потоком, що виходить з сепараторів, визначається звичайним розрахунком фазової рівноваги з можливістю обліку хутра пари і рідких фаз, а для потоків, що виходять з колон, визначається спрощеними стійкими залежностями, які, тим не менш, майже такі ж хороші, як і класичні алгоритми. Основною метою системи є оперативний розрахунок балансів великих комплексних схем потоку (заводів і навіть складних схем переробки конденсату і нафти). Такі завдан-

ня майже невирішені вище описаними системами технологічного моделювання, а для інженерів-виробництв ці завдання відбуваються досить часто. Розрахунки визначають як композиції, так і основні властивості і якість ниток. Система містить деякі конкретні можливості обчислення, які не мають жодної з описаних вище систем. Нарешті, ця система працює без ключа до несанкціонованого розповсюдження, тому коло її потенційних користувачів практично необмежене. Тому MODBAL може досить успішно використовуватися для виробничо-аналітичних завдань (крім детальних розрахунків дизайну).

Компанія Chemstations створила програмне забезпечення ChemCAD для вирішення проблем хімічного виробництва ТМ. Пакет симуляційних програм ChemCAD (ПМП) є ефективним інструментом комп'ютерного моделювання хімічних процесів у розробці, модернізації та оптимізації хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості. Це дозволяє вирішувати проблеми расчетно-технологического проектирования химических производств и разработки технологического регламента для произвольного химико-технологического процесса. ПМП ChemCAD – это пакет программ для моделирования и расчета технологических схем с рециклическими потоками органических и неорганических веществ и непрерывные смеси (у випадку нафтових фракцій), а також енергетичні потоки.

ChemCAD PMP включає в себе:

- бази даних про властивості окремих речовин і різні методи їх прогнозування (основний модуль THEADD);
- програмні модулі для розрахунку властивостей окремих речовин, відсутніх в базі даних та їх сумішей (а також параметрів рівняння для їх розрахунку) на мінімальну кількість експериментальних даних та структурні формули їх молекул (основний модуль NEMAD);
- бази даних на розрахункових модулях типових хімічних технологічних процесів в реакторах, абсорбційні, фрекінгові та видобувні колони

(з пластинами і насадками різного типу, а також для випадку комбінованих процесів хіміозорбації і хіміорактивації), дистиляційні пристрої, теплообмінники різних типів (шкіра і пластина, прилади для охолодження повітря і теплообмінники, такі як «труба в трубі»), компресори, насоси, фільтри, центрифуги, дробарки, кристалізатори, циклони;

- розраховані модулі для визначення конструктивних параметрів типового обладнання хімічного виробництва - колонних машин, теплообмінників, резервуарів, трубопроводів, діафрагм, пристроїв високого тиску тощо;
- програмні модулі для розрахунку досліджень та оптимізації процесів хімічного виробництва, включаючи періодичну окислення;
- програмні модулі для розрахунку параметрів динамічних режимів хімічних реакторів та колонних апаратів поглинання та виправлення спільно регуляторами та виконавчими пристроями;
- програмні модулі для розрахунку вартості обладнання хімічних заводів.

ChemCAD дозволяє створювати, аналізувати та оптимізувати різні варіанти процесу проектування виробничих процесів, оцінювати їх ефективність та вибирати найкращі з них. Комплекс досліджень ChemCAD надає можливість досягти задовільного збігу між результатами розрахунків і даними промислового експерименту, що дозволяє вирішити проблеми автоматичного управління процесами і підвищити ефективність існуючих виробництв, визначивши оптимальний режим і конструктивні параметри процесів в окремих машинах з точки зору всього виробництва.

ChemCAD призначений для:

- підготовки оптимальних базових даних про вузли обладнання та трубопровідні системи для робочого інженерно-технічного проектування при створенні нових, а також реконструкції та диверсифікація існуючих хімічних і нафтохімічних заводів;

- дослідження та оптимізації автоматичних систем управління хімічними і технологічними процесами, в тому числі в складі автоматизованих систем управління процесами (АСУТП);

Таблиця 1.1. Характеристики програмних модулів ChemCAD [1]

Програмні модулі	Мета
ХЕМКАД Головний модуль	Моделювання, оптимізація, синтез і розрахунок і технологічне проектування існуючих, реконструйованих і нових технологічних схем виробництва органічних і неорганічних речовин, газу і нафтопереробної продукції з визначенням параметрів проектування обладнання і капітальних витрат. Розрахунок матеріальних і теплових залишків обладнання і виробництва в цілому з можливістю включення власних платіжних модулів в обчислювальну програму.
ССТЕРМ (додатковий модуль)	Оцінка та проектний розрахунок і моделювання шкірного крою, пластинчастих теплообмінників, теплообмінників, таких як «труба в трубі», а також приладів повітряного охолодження з вибором розмірів відповідно до стандартів ТЕМА, DIN, ASME і т.д.
ССБЕТЧ (додатковий модуль)	Перевірка та оцінка розрахунку та моделювання різних режимів і послідовних етапів процесу періодичного виправлення в апараті колонки.
ССРІЕКС (додатковий модуль)	Оцінка і моделювання динамічних режимів періодичних, напів-періодичних і безперервних реакторів з перемішувачами, з різними варіантами теплообміну з сорочкою та іншими структурами для організації теплообміну в реакторі. Можна визначити фізико-хімічні константи для розрахунку мікрокінетики процесу на основі експериментальних даних, а також можливість спільного розрахунку реактора з мішалкою разом з контурами контролю (P-, PI- і PID-регулятори і виконавчі органи), включаючи каскадне регулювання.
ССДКОЛУМН (додатковий модуль)	Розрахунок і моделювання динамічних режимів поглинання і фрекінгових колон з урахуванням реальних умов мас-опероса з можливістю хімічних реакцій на фрекінгових заводах. Також можливе обчислення фрекінгової колонки в поєднанні з різними контурами управління (P-, PI- і PID-регулятори і виконавчі органи), включаючи каскад

На практиці технологічне моделювання може використовуватися, в першу чергу, при проектуванні нових родовищ і проектуванні нових технологічних установок. Також використання технологічного моделювання дуже ефективно при розробці рішень для реконструкції та модернізації технологій. Як правило, в ході роботи підприємств періодично існує необхідність реконструкції індивідуальних установок, технологічної об'язки і т.д. предварительной проработкой вариантов технических решений. За допомогою технологічних моделей існуючих об'єктів підприємства таке завдання можна вирішити досить грамотно і з мінімальними похибками, так як розрахунковий аналіз моделей дозволяє відкинути свідомо іраційні варіанти, прояснити ідеї реконструкції, визначити найбільш прийнятні рішення з мінімальним часом і зусиллями. Нарешті, технологічні моделі дуже корисні в аналізі стану технологій і виправданні поточних і далекоглядних планів. В даний час виробничі залишки зазвичай розраховуються в середньому на обсягах виробництва виробленої продукції. Такий підхід переноситься в поточному плануванні і стабільності поставок сировини. Однак планування на відносно довгострокову перспективу і в умовах зміни поставок сировини за кількістю і складом з таким примітивним підходом часто призводить до істотних помилок.

Наведені вище характеристики основних систем моделювання технологічних схем енергетичних установок взяті з комерційних пропозицій в інтернеті. Тому їх реальні можливості можуть відрізнятися від заявлених. Порівняння результатів моделювання однакових схем для різних програм ТМ практично немає. Це пов'язано, перш за все, з тим, що вивчення і розробка кожної системи, завдяки своїй складності і різноманітності програмних рішень, є досить трудомістким процесом.

Серед відомих робіт в цьому напрямку є статті, в яких аналізуються математичні моделі для розрахунку теплових властивостей робочих

органів, що використовуються в HYSYS, PRO-2 і GazCondNeft. Коригуванням було зміна значень коефіцієнтів бінарної взаємодії для суміші N_2 -Ar- O_2 .

З цієї причини, а також через високу вартість ПМЗ в окремих науково-дослідних інститутах і компаніях розробляють власні, так звані авторські програмні засоби для вирішення проблем ТМ. Їх основними перевагами є моделювання конкретних технічних систем і використання налагоджених ефективних методів розрахунку їх елементів.

Приклади баз даних або комп'ютерних програм, розроблених методом автора, включають:

- Програмний комплекс «Аналіз процесу підготовки та прокачування нафти, газу та води в нафтовій компанії».
- Програмний комплекс "Оперативный контроль потоков жидкости, нефти, газа и воды в инженерных сетях нефтедобывающего предприятия".
- Програмний модуль "Расчет коэффициента сжимаемости природного газа".
- Програмний комплекс "Автоматизированное рабочее место оператора системы обнаружения утечек в трубопроводах".
- Програмний комплекс "Оперативный анализ баланса потребления электроэнергии и эффективности ее использования".
- Програмний комплекс " Диагностики состояния инженерной сети нефтегазодобычи".
- Програмний модуль "Мониторинг АСУ ТП".
- Програмний комплекс "Расчет технико-коммерческих предложений по системе измерения количества и показателей качества нефти".
- База даних системи "ИНГА – нефтегазодобыча".
- Набір симуляційних програм для 3D трифазного процесу фільтрації "LAURA" (VNIIneft).
- 3.0 (Неізотермальний трубопровід для аномальних рідин).

Аналіз існуючих публікацій про комп'ютерні моделювання схем енергетичних заводів виявив незначну роботу, яка б вивчала основи формалізованого підходу до розрахунку термодинамічного циклу. Тим часом, тільки на основі такого підходу можуть бути створені сучасні ефективні алгоритми для ПМП.

Серед рідкісних робіт в цьому напрямку є стаття. Він пропонує варіант формалізації основних понять, пов'язаних з термодинамічним розрахунком кріогенних циклів. Однак запропоновані визначення і підходи до алгоритмізації розрахунку процесу містять інтуїтивно зрозумілі точки, а деякі не мають загального характеру. Особливо це стосується поняття точки вузла, яке стосується тільки матеріальних потоків робочих органів. Поточний рівень обчислювальної техніки та її базове програмне забезпечення дає можливість розглянути раніше невирішені проблеми термодинамічного розрахунку та аналізу низькотемних систем. Це робить його нагальним питанням для розробки та перегляду ряду положень і методів, пов'язаних з цими завданнями. Інтуїтивно визначені поняття є однією з головних перешкод для створення універсальних автоматизованих систем проектування (САД) холодильних і кріогенних установок. Одним із завдань таких САД є організація системних симуляцій та аналізу цих установок, що вимагає комп'ютерно-орієнтованої формалізації їх конструкцій.

Формалізація як особливий підхід наукового пізнання, використовуючи особливий символізм, для комп'ютерного моделювання полягає, в першу чергу, у відображенні результатів визначення мислення і тверджень, які не дозволяють неоднозначно трактувати і бути алгоритмізованими. І ця формалізація повинна стосуватися всіх етапів моделі тріади - алгоритму - програми.

При створенні термодинамічної моделі установки є труднощі, пов'язані з розміщенням на ньому точок вузла і, як наслідок, завдання його схеми. Багато в чому вони обумовлені відсутністю формалізованого

підходу до визначення такої основної концепції схеми як точки вузла. Без неї неможливо формалізувати наступні етапи розробки для термодинамічної моделі конструкції.

У роботі пропонується підхід до концепції точки вузла з урахуванням її ролі в термодинамічних розрахунках і аналізі схеми. На відміну від загальноприйнятого визначення, точка вузла розглядається як характеристика будь-якого енергетичного потоку. Зокрема, для низькотемпературних установок в розрахункову схему вводяться точки, що характеризують потоки тепла і роботи.

Виконана в даній роботі формалізація вузлової точки заснована на наступних пропонованих положеннях:

Точка вузла призначена для виконання термодинамічного розрахунку і аналізу структури, що входить до схеми установки. Кожна точка вузла повинна належати до певного елемента електростанції. Кожен енергетичний потік елемента установки повинен бути представлений точкою вузла.

Залежно від типу потоку енергії, існують два типи точок вузла. Один з них характеризує матеріальні потоки робочого органу і пов'язаний з розрахунком його теплових властивостей. Другий тип визначає енергетичні потоки у вигляді тепла, роботи та інших форм енергії.

Перелік формальних атрибутів точки вузла не залежить від її типу, але їх специфічні погляди визначаються нею.

Правила іменування точок вузла має бути уніфіковано. Їхні імена мають містити тип точки, її номер і ім'я елемента, до якого він належить.

Правила іменування вузла точки атрибуту повинні бути уніфіковані. Їхні імена повинні містити офіційне ім'я атрибута та ім'я певної точки вузла.

Представлена, оскільки будь-яка формалізація має суб'єктивні моменти, тому її можна вдосконалити або змінити. Але формалізація вузла повинна бути надана пріоритетом, якщо розглядати загальну проблему

формалізації схеми установки. Без нього, як підстава, неможливо присвяти наступне завдання поставленої проблеми - формалізацію монтажного елемента.

Відсутність визначень у літературі для базових понять, необхідних для комп'ютерно-орієнтованого моделювання процесів і схем електростанцій, можна пояснити двома причинами. По-перше, небажання відповідних компаній публікувати цей матеріал. По-друге, просто відсутність досліджень в цьому напрямку. Вони вимагають зусиль великої команди кваліфікованих виконавців багатьох спеціальностей.

Ця науково-дослідна робота спрямована на вирішення деяких фундаментальних проблем проблеми комп'ютерного моделювання технологічних схем. Основна увага приділяється процесам і циклам низькотемних установок. Основна ідея цієї роботи полягає в формалізації на основі багатофункціональної теорії деяких понять і алгоритмів, знайдених в точці вузла ланцюга - елемент монтажу - етап охолодження - схема монтажу. Процес формалізації орієнтований на створення алгоритмів моделювання з використанням об'єктно-орієнтованої теорії програмування.

2. ФОРМАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ ТОЧКИ ВУЗЛА ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ

Сучасний рівень комп'ютерної техніки дає можливість розглянути раніше невіршені проблеми термодинамічного розрахунку та аналізу низькотемпературних систем. Це робить його нагальним питанням для розробки та перегляду ряду положень і методів, пов'язаних з цими завданнями. Інтуїтивно визначені поняття є однією з головних перешкод для створення універсальних автоматизованих систем проектування (САД) холодильних і криогенних установок. Одним із завдань таких САД є організація системних симуляцій та аналізу цих установок, що вимагає комп'ютерно-орієнтованої формалізації їх конструкцій.

Формалізація як особливий підхід наукового пізнання, використовуючи особливий символізм, для комп'ютерного моделювання полягає, в першу чергу, у відображенні результатів визначення мислення і тверджень, які не дозволяють неоднозначно трактувати і бути алгоритмізованими. І ця формалізація повинна стосуватися всіх етапів моделі тріади - алгоритму - програми.

При створенні термодинамічної моделі установки є труднощі, пов'язані з розміщенням на ньому точок вузла і, як наслідок, завдання його схеми. Багато в чому вони обумовлені відсутністю формалізованого підходу до визначення такої основної концепції схеми як точки вузла. Без неї неможливо формалізувати наступні етапи розробки термодинамічної моделі конструкції. Дана стаття пропонує підхід до концепції точки вузла з урахуванням її ролі в термодинамічних розрахунках і аналізі схеми.

2.1. Визначення точки вузла

У літературі немає загальноприйнятого визначення точки вузла схеми. Тому запропоноване для нього формулювання на основі аналізу існуючих структурних представлень низькотемпературних схем представлено як:

Вузол називається названою крапкою, яка характеризує термодинамічний стан робочого органу в трубопроводі (2.1).

Термодинамічний стан речовини характеризується набором термодинамічних функцій, необхідних для вирішення проблеми.

У цьому формулюванні перелік характеристик, визначених точкою вузла, не включає споживання робочого органу, оскільки існуючий метод його позиціонування не дозволяє чітко визначити споживання в місцях змішування або поділу матеріальних потоків. Це перешкоджає його формалізації.

У роботі вузол є точкою діаграми, яка характеризує початок або кінець процесу в системному елементі. Це визначення дозволяє включити споживання робочого органу в його характеристики, але все ще обмежується матеріальними потоками.

Основною метою точки вузла є використання його для розрахунку процесів в елементах установки, а також для складання матеріальних, енергетичних та енергетичних балансів. Крім того, він також використовується для встановлення деяких оригінальних значень термодинамічних функцій.

У низькотемпературних системах, що реалізують термомеханічне охолодження, є енергетичні *потоки* у вигляді *тепла*, L і енергії *мас-потоку* I (де y є повною entalpy робочого органу).

З огляду на позначені перешкоди для формалізації вузла, доцільно визначити його як:

Вузол — це назва точки елемента, яка характеризує стан енергетичного потоку, що надходить або залишає систему під питанням (2.2).

На відміну від визначення (2.1), формулювання (2.2) передбачає, що точка вузла є "властивістю" елемента інсталяції. Це робить його трохи складніше структурувати установку і налаштувати його. Наприклад, традиційний шматок системи на рисі. 2.1a слід замінити шматочком рису.

1б. Як видно з цієї картини, ця заміна призводить до збільшення кількості точок вузла і появи додаткового елемента - змішувача МН. Аналогічна ситуація виникає, коли потоки матеріалу діляться. Але ці ускладнення виправдані через необхідність однозначно визначити всі його атрибути.

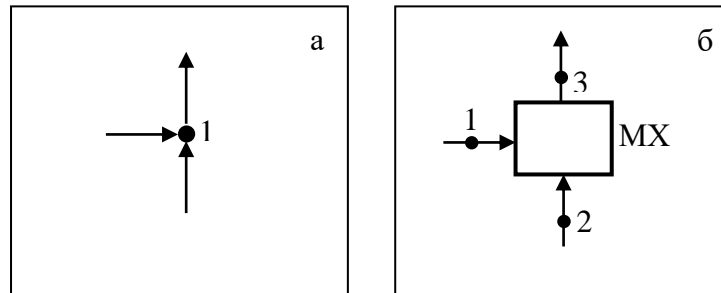


Рис. 2.1 – Схеми змішування матеріальних потоків при різних визначеннях вузлової точки

Розріз трубопроводу, в принципі, також слід розглядати як елемент схеми, метою якої є перенесення матеріального потоку з одного елемента на інший. При встановленні точки одного вузла відповідно до визначення (2.1) неявно передбачалося, що термодинамічні функції робочого органу при вході в і з ділянки трубопроводу були однаковими. Це відповідає адіабатного потоку речовини в трубопроводі без гідравлічного опору. Якщо взяти ці припущення для визначення базової точки (2,2), ділянки трубопроводу також можуть бути виключені з розгляду при встановленні схеми. Це тому, що вони не впливають ні на енергетичні, ні на енергетичні залишки.

При цьому трапляються випадки, коли необхідно враховувати особливості процесу робочого органу в трубопроводі. До них відноситься, наприклад, нагрівання речовини за рахунок тепла від навколишнього середовища при виході зворотного потоку криогенної установки з теплообміннику, тобто обліку неповернення. Для цього прикладу відмінності у представленні відповідних фрагментів діаграми в різних

визначеннях точок вузла представлені на рис. 2.2. Рис. 2.2а і 2.2б відповідають основним точкам формулювання (2.1) і (2.2).

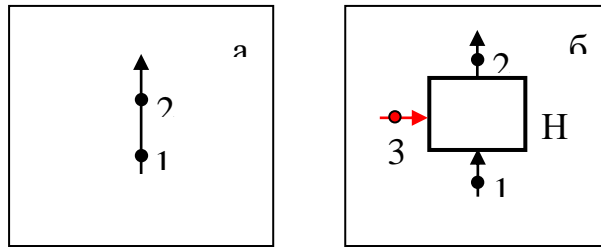


Рис. 2.2. Фрагменти схем при урахуванні недорекуперації теплообмінника

Рис. 2.2а суперечить звичайній мудрості термодинамічних властивостей робочого органу на трубопроводі. Рис. 2.2б підтримує цю концепцію, але замість ділянки трубопроводу, де підвищується температура агента, в схему вводяться додатковий елемент обігрівача NT і точка вузла 3, що характеризує тепло від навколишнього середовища.

Поняття, що відповідає редакції (2.2), говорить про те, що але оскільки, як зазначалося раніше, в низькотемпневому обстановці є потоки різних видів енергії, які відрізняються за своїми характеристиками, доцільно ввести до уваги різні типи точок вузла.

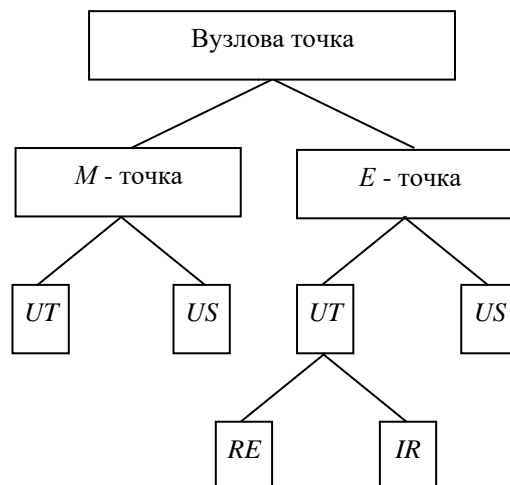


Рис. 2.3. Ознаки класифікації вузлових точок

За цією класифікацією існують наступні види балів:

M – це точка, яка характеризує стан матеріального потоку;

E - це точка, яка характеризує види енергії, відмінні від енергії, що здійснюється вагою робочого органу.

Позначки в рисі. 2.3 *UT* і *США* визначають, відповідно, корисність і марність енергетичного потоку, про який йде мова.

Символи *RE* на рисунку 2.3 підкреслюють корисний потік енергії, повністю перетвореної в інші її типи. До них відносяться, наприклад, механічні роботи.

Принесли до рису. 3 структури і ознаки точки вузла певною мірою утворюють його атрибути.

2.2. Атрибути точки вузла

Вузол будь-якого типу може бути офіційно представлений як структура процедури розрахунку, що використовується в алгоритмічних мовах, у вигляді

$$\text{Ім'яТочки(Список атрибутів)}. \quad (2.3)$$

Правила формування назв балів не є суворими. Наприклад, їх традиційно можна ідентифікувати за природним діапазоном чисел. Але в той же час існують додаткові процедури, які надають свій тип і приналежність певному елементу. З цієї причини доцільно, щоб ім'я *елемента містило* його тип, номер і точку елемента Тип точки, до якої він належить, встановлюється *символами M або E*, його номер є натуральним числом, якому призначено дві позиції.

Для запропонованого способу формування імені вузла можна створити окрему візуальну програму. Його завдання полягає в тому, щоб встановити конкретну назву елемента і створити їх імена з попередньо

пронумеровані крапками на представленому зображенні цього елемента і передати інформацію програмі, яка надає схему установки. Для окремих елементів (фрекінговий стовпчик, змішувач і т.д.) бажано створити зображення з надлишковою кількістю точок вузла. Таким чином, програма повинна передбачати можливість виключення непотрібних точок з розгляду та надмірного вимірювання решти.

Розробка списку атрибутів точки вузла передбачає виділення кількості цих атрибутів, встановлення порядку їх розташування у списку та призначення типів змінних, які ідентифікують атрибути. Бажано обмежити себе мінімальним списком, з кількістю його елементів і їх значенням, незалежним від типу точки. Однак, конкретний зміст певного атрибута і тип змінної, яка встановлює його буде визначатися типом точки вузла.

Ця стаття пропонує наступну послідовність *для концепції*

Списку атрибутів

$$(P, C, F, E, D). \quad (2.4)$$

Атрибут P є єдиним членом списку (4), зміст якого не залежить від типу точки вузла.

$$P = \begin{cases} +1, & \text{задана точка визначає вхід потоку в елемент;} \\ 0, & \text{задана точка не належить елементу або виключається з розгляду;} \\ -1, & \text{задана точка визначає вихід потоку з елемента.} \end{cases}$$

В принципі, *атрибут P* може не бути присутнім у визначенні точки вузла, якщо ви пов'язуєте його положення (вхід або вихід) з фіксованим номером точки.

Решта змінних у списку (2,4) мають таке загальне значення: C — рід енергетичного потоку; F - це набір характеристик цієї нитки; E - це набір

даних для розрахунку екзергії потоку; D — це атрибут, який характеризує ступінь визначеності точки вузла.

Як зазначалося вище, конкретний вміст цих змінних залежить від типу точки вузла. Давайте подивимося на них для M -балів.

Атрибут M , який називається C , як правило, характеризує тип компонентів робочого тіла і їх частку в суміші.

Можливе використання декількох типів робочих органів в системі, наприклад, якщо в циклі є стадія попереднього охолодження; можливі зміни валового складу через змішування або розщеплення потоків, наприклад, на етапі циклу Клименка; необхідність встановлювати в кожній точці кількість складових робочого органу; необхідність дозволити існування фазової рівноваги в кожній точці.

Зрозуміло, що не раціонально враховувати всі ці причини в переліку формальних параметрів процедури програми. Один із виходів із цієї ситуації полягає у створенні файлу даних для вузла. Він містить записи, поля яких є назвою компонента, його валовою часткою та його часткою на етапах співіснування. Кількість компонентів для кожної точки в цьому випадку дорівнює кількості рядків у її файлі. Альтернативним способом встановлення цього файлу є компіляція записів для всіх чистих речовин, які використовуються в установці. У точці вузла частка окремих речовин дорівнює нулю, але кількість компонентів для кожної точки залишається фіксованою і також визначається кількістю записів.

Для будь-якого способу формується файл, *атрибут C* - це текстова змінна, яка відображає його ім'я `CM03MX`.

F - атрибут M – точка містить **впорядкову послідовність** своїх параметрів, засновану на наборі термодинамічних властивостей робочого органу. Параметр – це витрати, не пов'язані з термодинамічними значеннями. Оскільки всі члени послідовності є фізичними числами, вони можуть бути об'єднані в масив $F.F$ – має сенс вибрати початковий індекс,

що дорівнює нулю, і прийняти від'ємний приріст. Для цього атрибута, згідно із запропонованим правилом, назва масиву матиме форму FM03MH. *E* - атрибут *M* - point містить задане значення, яке визначає корисність матеріального потоку, а можливий результат розрахунку в ньому є прикладом.

Таким чином, атрибут *E* формується у вигляді запису, перше поле якого буде логічною змінною, а друге - простим матеріальним числом.

Щоб розрахувати значення екстер'єрного потоку матеріалу, слід знати параметри навколишнього середовища (тиск і температуру), а також компоненти і їх частки. Ці значення, подібні до методу завдання виду і складу робочого органу, можуть бути організовані як файл даних. Цей файл не пов'язаний з *конкретною точкою M*- і доступний, якщо необхідно обчислити величину екзергії, тобто при істинному *значенні змінної U*.

Для цього атрибута, відповідно до запропонованого правила, ім'я запису для прикладу, про який йде мова, буде EM03MH.

D - атрибут розкриває ознаку визначеності *M* - *точка*, тобто встановлює, чи відомі всі його параметри (встановлюються або обчислюються). *За допомогою атрибута D* шукаються точки і їх специфічні *атрибути F*, які можна розрахувати на основі рівняння стану або рівнянь процесів в елементах схеми, а також рівнянь матеріальних і енергетичних залишків.

Пошук *атрибута D* - *M* - *точок*, мабуть, найменш формалізований і найбільш логічно складний серед подібних завдань для інших атрибутів точки вузла.параметра, але є деякі труднощі в його формалізації. Ініціалізації підлягають всі атрибути та їх параметри. Для логічних і текстових змінних труднощів з ініціалізацією не буде. Вони виникають для деяких термодинамічних функцій (внутрішня енергія, entalpie), які не мають фіксованих контрольних точок. Можливим вирішенням проблеми визначеності є використання признака неприснене значення змінної з налагоджувача виконання програми.

Бажано уявити значення D - атрибута у вигляді масиву логічних змінних. Перший елемент масиву відповідає атрибуту P ; другий- *атрибуту* C ; третій, четвертий - атрибуту F ; п'ятий - атрибут C . Вибір двох елементів для F - атрибут обумовлений необхідністю відокремлення контролю визначеності споживання і термодинамічних властивостей.

Потім ви встановили вміст всіх атрибутів для E - точок. 4. На ньому через $M01$, $M02$ позначені M - бали; $E01$, $E02$ - бали . Точка $E01$ характеризує енергію, що надходить до компресора ззовні, точка $E02$ визначає тепло, відведене навколишньому середовищу.

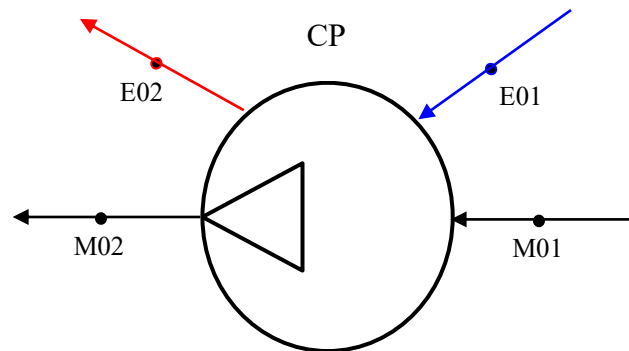


Рис. 2.4. Формалізована схема компресора

P - атрибути E -балів будуть присвоєні, як зазначалося раніше, аналогічно тим же атрибутам M - балів.

Для потоку енергії, не пов'язаної з перенесенням *маси тіла*, C - атрибут визначає здатність повністю перетворювати її в інші види енергії.

2.3. Можливими варіантами завдання типу змінної для неї є використання логічної змінної або масиву з двох символів. В останньому випадку повністю трансформовані види енергії маркуються *символом L*, що відповідає загальноприйнятому позначенню механічних робіт. Має сенс ідентифікувати інші види енергії як символ тепла. Назви *C* - атрибути цих потоків будуть мати форму SE01SR і CE02SR.

F - атрибут *E* - точки, що є числовим значенням потоку енергії, не вимагає особливих коментарів.

E - атрибут *E* - бали повинні відображати наступні характеристики відповідного енергетичного потоку: корисність, а також якщо є exergy значення і посилання на коефіцієнт розрахунку для ексергії, в залежності від виду потоку. Для прикладів, що розглядаються, ці атрибути називаються EE01SR і EE02SR.

Проблем з формалізацією *D* - атрибута *E* - точок немає.

Крім *U* - параметра *E* - атрибута і *D* - атрибут всіх інших параметрів, в принципі, в залежності від налаштування завдання і вибору його оригінальних даних може бути як введення, так і виведення для процедур.

Формалізація вузла в цій роботі базується на наступних запропонованих положеннях:

1. Точка вузла призначена для виконання термодинамічного розрахунку і аналізу структури, що входить до схеми установки.
2. Кожна точка вузла має належати певному елементу.
3. Кожен енергетичний потік елемента установки повинен бути представлений точкою вузла.
4. Залежно від типу потоку енергії, існують два типи точок вузла.
5. Перелік формальних атрибутів точки вузла не залежить від її типу, але їх специфічні погляди визначаються нею.
6. Правила іменування точок вузла має бути уніфіковано. Їхні імена мають містити тип точки, її номер і ім'я елемента, до якого він належить.

Оскільки будь-яка представлена формалізація має суб'єктивні моменти, її можна вдосконалити або змінити. Але формалізація вузла повинна бути надана пріоритетом, якщо розглядати загальну проблему формалізації схеми установки. Без нього неможливо присвяти наступне завдання цієї проблеми - формалізацію монтажного елемента.

3. ФОРМАЛІЗАЦІЯ СХЕМИ І ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОСТОГО ДРОСЕЛЬНОГО ЦИКЛУ В ЗРІДЖУВАЛЬНОМУ РЕЖИМІ

3.1. Формалізована розрахункова схема

При формалізації схем кріогенних систем необхідно дотримуватися наступних правил:

– Якщо в системі відбувається поділ або змішування енергетичних потоків, то необхідно вузлові точки, що характеризують ці процеси, замінити елементами - відповідно роздільником і змішувачем.

– На відрізьку лінії, що представляє енергетичний потік, не може бути більше однієї вузлової точки.

– Енергетичні потоки в формі тепла і роботи, також як і матеріальні потоки, повинні ідентифікуватися нумерованій вузловій точці.

– Для проведення термодинамічного аналізу кріогенної системи, доцільно виділяти різні види потоків енергії або за допомогою кольору ліній, або вибором типу ліній.

Формалізоване уявлення розрахункових (принципових) схем є одним з етапів створення сучасного методологічного забезпечення для проектування і аналізу енергетичних установок. Головна особливість такого забезпечення полягає в його комп'ютерній орієнтованості, яка в свою чергу передбачає уніфікацію, перегляд та уточнення деяких традиційних понять. Деякі кроки в цьому напрямку вже зроблені. Перш за все необхідно було переглянути одне з базових понять розрахункової схеми - вузлової точки. У статті [7] дано узагальнене визначення вузлової точки як набору характеристик кожного енергетичного потоку, пов'язаного з конкретним елементом установки. Дана дефініція дозволила класифікувати можливі типи вузлових точок по видам представлених ними енергетичних

потоків. У роботах [6, 7] розглянуті різні підходи до реалізації атрибутів цих точок в моделюючих алгоритмах термодинамічних розрахунків. На наступному етапі формалізації математичної моделі (ММ) енергетичної установки запропоновано визначення елемента схеми енергетичної установки як безлічі вузлових точок різного типу [3] і складено уніфікований список атрибутів для будь-якого елемента установки. У статті [3] розглянуті особливості зв'язків між енергетичними потоками в елементі установки, а також наведені формалізовані схеми ряду елементів кріогенних систем. Подальший етап вдосконалення ММ енергетичної установки передбачає модифікацію її розрахункової схеми.

Існуючі в науковій та навчальній літературі уявлення розрахункових схем енергетичних установок і їх частин не зазнали принципів змін за весь час свого існування. В кріогенній техніці можна відзначити лише трансформації умовних позначень та імен елементів схем. Тим часом ці схеми активно використовуються при створенні ММ установок, зокрема, для ідентифікації вузлових точок, складання енергетичних і матеріальних балансів. Розрахункова схема повинна певною мірою відображати рівень розвитку науки, а також рівень використовуваної обчислювальної техніки. Основними завданнями, які ставляться при створенні розрахункової схеми енергетичної установки, є:

1. Розробка графічного образу, який спрощує виклад і сприйняття принципу роботи даного об'єкту.
2. Виявлення основних елементів системи, які будуть враховані при створенні її математичної моделі.
3. Ідентифікація основних елементів системи за допомогою прийнятих умовних графічних і текстових позначень цих елементів.
4. Встановлення матеріальних і енергетичних зв'язків між елементами даної системи.
5. Ідентифікація та нумерація вузлових точок схеми, яка буде використана при створенні ММ системи.

На рис. 3.1 представлений варіант звичайного подання розрахункової схеми для кріогенної зріджувальної установки, що працює за даним циклом. Головна особливість даного зображення розрахункової схеми кріогенної системи полягає в тому, що вона явно відображає лише матеріальні потоки. Це виражається в тому, що на ній наведені тільки вузлові точки, що характеризують потоки робочого тіла (M -точки). При цьому навіть для цих потоків є ряд моментів, які повинні сприйматися на інтуїтивному рівні, що є неприпустимим при формалізованому підході.

Формалізований термодинамічний розрахунок схем установок передбачає використання, крім вузлових M -точок, використання також Q - і L -точок, відповідно характеризують потоки енергії у формі тепла і роботи [7]. На мал. 3.1 ці потоки взагалі не відображені, на інших схемах вони лише позначені. Так як в енергетичних балансах враховувати якість енергії немає потреби, то доцільно на окремих спрямованих відрізках ліній іменувати Q - і L -точки аналогічно M -точкам. У той же час, якість енергетичних потоків необхідно визначати при складанні енергетичних балансів [5]. Це можливо здійснити на схемах, представляючи потоки різної якості лініями неоднакового типу (суцільні, штрихові, пунктирні) або різного кольору.

На рис. 3.2 наведено варіант формалізованої схеми циклу, зображеного на рис. 3.1. На рис. 3.2 матеріальні потоки позначені суцільними лініями, потоки тепла і роботи - відповідно штриховими і пунктирними відрізками прямих. Необов'язкові позначення, пов'язані з енергетичними потоками, мають наступний сенс: GK - відповідно витрата газу через компресор; LK - відповідно робота витрачена в компресорі і ванні; Q_0 - тепло, відведений від установки в навколишнє середовище; Q_2 , Q_3 - тепло, підведене з навколишнього середовища відповідно до догрівача, та теплообмінника T ; G_L - продуктивність установки

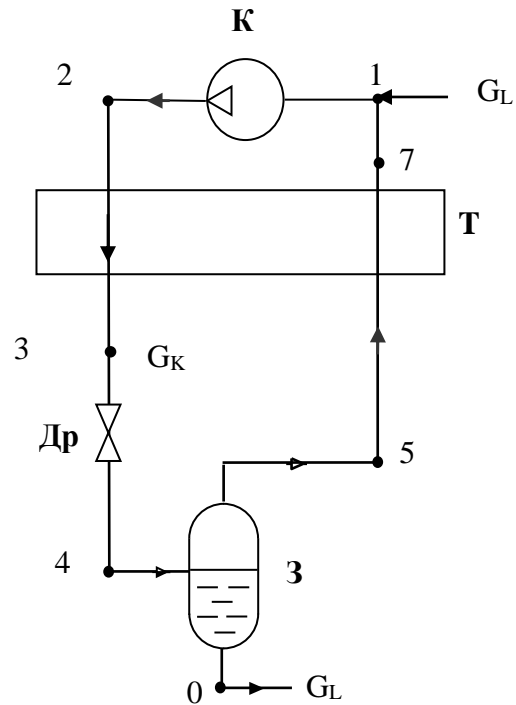


Рис. 3.1. Звичайна схема простого дросельного циклу в зріджувальному режимі (К - компресор; Т - теплообмінник; Др - дросель; З – збірник рідини; Зм - змішувач)

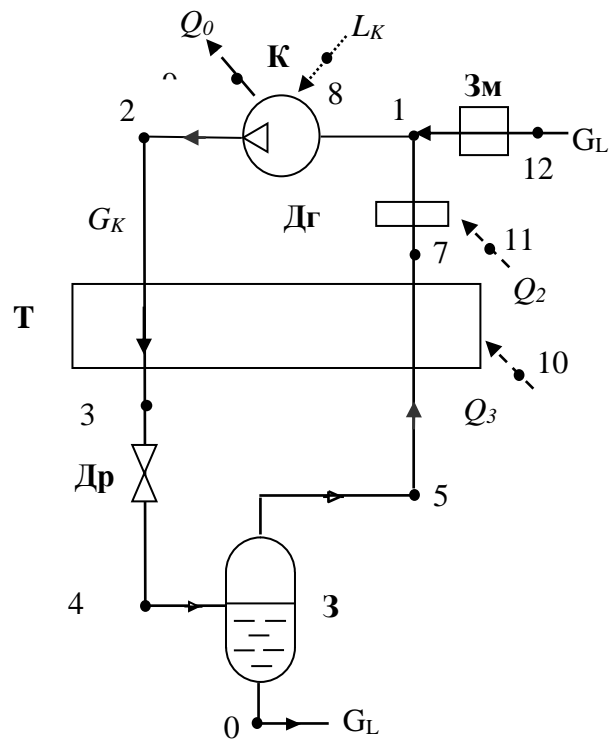


Рис. 3. 2. Формалізована схема простого дросельного циклу в зріджувальному режимі в рефрижераторному режимі

Отже, на прикладі простого дросельного циклу кріогенної установки, можна зробити висновок, що основні правила створення формалізованої розрахункової схеми зводяться до наступного:

1. Якщо в системі відбувається поділ або змішування енергетичних потоків, то необхідно вузлові точки, що характеризують ці процеси замінити елементами - відповідно роздільником і змішувачем.

2. На відрізьку лінії, що представляє енергетичний потік, не може бути більше однієї вузлової точки.

3. На відрізьку лінії, що представляє енергетичний потік, не може бути більше однієї вузлової точки.

4. Енергетичні потоки в формі тепла і роботи, також як і матеріальні потоки, повинні ідентифікуватися нумерованій вузловій точці.

5. Для проведення термодинамічного аналізу енергетичної системи доцільно виділяти різні види потоків енергії або за допомогою кольору ліній, або вибором типу ліній.

3.2. Формалізована термодинамічна модель циклу

Термодинамічна модель являє собою систему рівнянь, що відображають головним чином початку термодинаміки. Більшість цих рівнянь не містить явно конструктивні і тимчасові змінні. Її використання проводиться на початковому етапі проектування установки для:

- визначення вихідних даних для конструювання або підбору елементів установки;
- встановлення термодинамічної працездатності окремих елементів схеми;
- проведення термодинамічного аналізу схеми.

На мал. 3.3 наведена структура термодинамічної моделі.

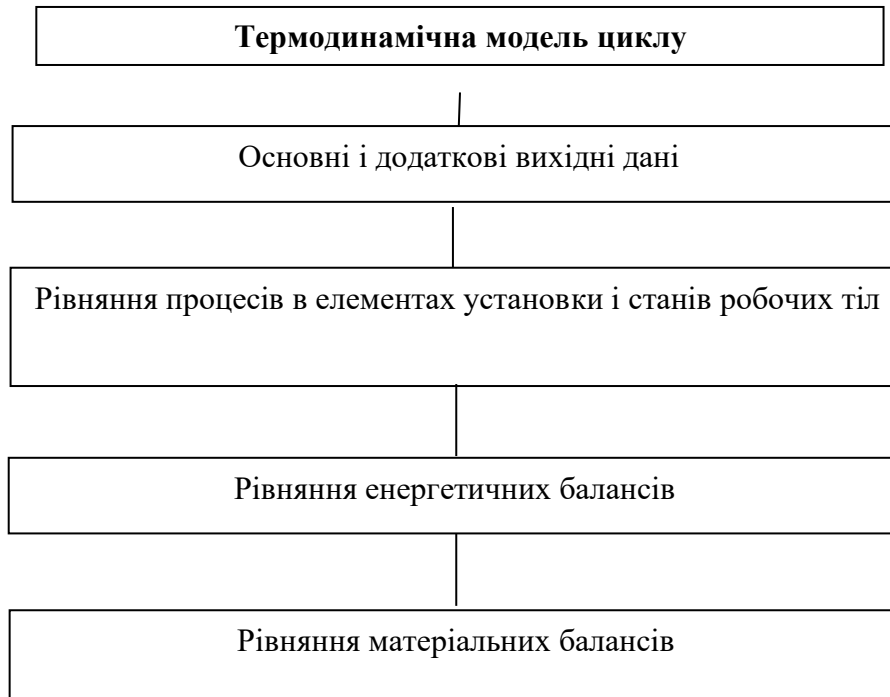


Рис. 3.3. Структура термодинамічної моделі циклу

Нижче представлена розроблена термодинамічна модель циклу, на підставі якої визначається число вихідних даних і встановлюється їх конкретний вид.

Рівняння процесів в елементах

$$\text{К:} \quad T_1 = T_2, \quad (3.1)$$

$$\text{Т:} \quad p_3 = p_2, \quad (3.2)$$

$$P_7 = p_5, \quad (3.3)$$

$$\text{Дг:} \quad p_7 = p_1, \quad (3.4)$$

$$\text{Др:} \quad i_7 = i_5, \quad (3.5)$$

$$\text{З:} \quad T_5 = T_4, \quad (3.6)$$

$$p_5 = p_0. \quad (3.7)$$

$$p_4 = p_0. \quad (3.8)$$

$$i_0 = i''(T_0). \quad (3.9)$$

$$i_0 = i'(T_0). \quad (3.10)$$

$$\text{Зм:} \quad T_{12} = T_1, \quad (3.11)$$

$$p_{12} = p_1, \quad (3.12)$$

Рівняння матеріальних балансів

$$\text{К:} \quad G_2 = G_1, \quad (3.13)$$

$$\text{Т:} \quad G_3 = G_2, \quad (3.14)$$

$$G_7 = G_5 \quad (3.15)$$

$$\text{Др:} \quad G_4 = G_3, \quad (3.17)$$

$$\text{З:} \quad G_4 = G_0 + G_5 \quad (3.18)$$

$$\text{Дг:} \quad G_1 = G_7, \quad (3.19)$$

$$\text{Зм:} \quad G_1 = G_7 + G_{12} \quad (3.20)$$

Рівняння енергетичних балансів для елементів

$$\text{К:} \quad G_1 i_1 + L_K = G_2 i_2 + Q_0 \quad (3.21)$$

$$\text{Т:} \quad G_2 i_2 + G_6 i_6 + Q_3 = G_3 i_3 + G_7 i_7 \quad (3.22)$$

$$\text{Дг:} \quad G_7 i_7 + Q_2 = G_1 i_1 \quad (3.23)$$

$$\text{З:} \quad G_4 i_4 = G_5 i_5 + G_0 i_0 \quad (3.24)$$

У число енергетичних балансів не включене рівняння для дроселя, так як воно збігається з рівнянням процесу в цьому елементі. Однак, цей баланс формально потрібно включити в число рівнянь термодинамічної моделі установки. Також оскільки в Зм процес є ізобарним і ізотермічним, питомі ентальпії у вузлових точках однакові. З цієї причини число рівнянь цієї моделі дорівнює 24.

Вирази для розрахунку енергетичних показників установки

Робота, витрачена в компресорі

$$L_K = G_I [T_{oc}(s_1 - s_2) - (i_1 - i_2)] / \eta_K \quad (3.27)$$

Коефіцієнт зрідження установки

$$z = G_I / G_I \quad (3.28)$$

Сумарні витрати енергії в установці L

$$L = L_K \quad (3.29)$$

Мінімально можливі витрати енергії в установці L_{min}

$$L_{min} = G_L \cdot [T_{oc}(s_{oc} - s_0) - (i_{oc} - i_0)] \quad (3.30)$$

Ексергетичний ККД η_e

$$\eta_e = L_{min} / L \quad (3.31)$$

В даній схемі кількість вузлових точок m , що описують стану матеріальних потоків (M -точок), так само $m = 8$. Для чистого речовини стан однієї M -точки визначається величиною витрат G і двома термодинамічними параметрами. Таким чином, для знаходження станів всіх вузлових M -точок необхідно використовувати $3 \cdot m = 24$ рівняння.

Стан однієї E -точки, що характеризують енергетичні потоки у формі тепла і роботи, визначається однією величиною. Загальна кількість таких E -точок e в розглянутій схемі одне $e = 6$. Для однозначного розрахунку схеми потрібно мати у своєму розпорядженні n рівнянь. Значення n знаходиться із залежності

$$n = 3 \cdot m + e.$$

Для даної схеми величина n становить 30.

Додаткове число рівнянь f (ступенів свободи) визначається з різниці величин n і s рівнянь, що входять до складеної термодинамічної моделі. В даному випадку, як показано раніше, $s = 24$. Для розглянутого циклу

$$f = n - s = 6.$$

В даному випадку в якості вихідних даних прийняті наступні значення:

Основні: G_L, p_0, T_{oc}, p_2 .

Теплоприпливи: Q_3 .

Недорекуперація: ΔT_{1-7} .

3.3. Алгоритм термодинамічної розрахунку формалізованої моделі циклу

Одним з фундаментальних понять в інформатиці є поняття алгоритму. Походження самого терміна «алгоритм» пов'язане з математикою. Це слово походить від Algorithmi - латинського написання імені Мухаммеда аль-Хорезмі (787 - 850) видатного математика середньовічного Сходу. У своїй книзі "Про індійський рахунок" він сформулював правила запису натуральних чисел за допомогою арабських цифр і правила дій над ними стовпчиком. Надалі алгоритмом стали називати точний припис, що визначає послідовність дій, що забезпечує отримання необхідного результату з вихідних даних. Алгоритм може бути призначений для виконання його людиною або автоматичним пристроєм. Створення алгоритму, нехай навіть самого простого, - процес творчий. Він доступний виключно живим істотам, а довгий час вважалося, що тільки людині. У XII ст. був виконаний латинський переклад його математичного трактату, з якого європейці дізналися про десяткові позиції в системі числення і правила арифметики багатозначних чисел. Саме ці правила в той час називали алгоритмами.

Дане вище визначення алгоритму не можна вважати суворим - не цілком ясно, що таке «точний припис» або «послідовність дій, що забезпечує отримання необхідного результату». Тому зазвичай формулюють кілька загальних властивостей алгоритмів, що дозволяють відрізнити алгоритми від інших інструкцій.

Такими властивостями є:

– *Дискретність (перервність, роздільність)* - алгоритм повинен представляти процес вирішення завдання як послідовне виконання простих (або раніше визначених) кроків. Кожна дія, передбачена алгоритмом, виконується тільки після того, як закінчилося виконання попереднього.

– *Визначеність* - кожне правило алгоритму має бути чітким, однозначним і не залишати місця для свавілля. Завдяки цій властивості виконання алгоритму носить механічний характер і не вимагає ніяких додаткових вказівок або відомостей про розв'язуваної задачі.

– *Результативність (кінцівка)* - алгоритм повинен призводити до вирішення завдання за кінцеве число кроків.

– *Масовість* - алгоритм рішення задачі розробляється в загальному вигляді, тобто, він повинен бути застосовний для деякого класу задач, що розрізняються лише вихідними даними. При цьому вихідні дані можуть вибиратися з деякою областю, яка називається областю застосовності алгоритму.

На підставі цих властивостей іноді дається визначення алгоритму, наприклад: "Алгоритм - це послідовність математичних, логічних або разом узятих операцій, що відрізняються детермінованістю, масовістю, спрямованістю і призводить до вирішення всіх завдань даного класу за кінцеве число кроків".

Щоб алгоритм виконав своє призначення, його необхідно будувати за певними правилами. Тому потрібно говорити не про властивості алгоритму, а про правила побудови алгоритму, або про вимоги, що пред'являються до алгоритму.

Перше правило - при побудові алгоритму перш за все необхідно задати безліч об'єктів, з якими буде працювати алгоритм. Формалізоване (закодоване) представлення цих об'єктів носить назву даних. Алгоритм приступає до роботи з деяким набором даних, які називаються вхідними, і в результаті своєї роботи видає дані, які називаються вихідними. Таким

чином, алгоритм перетворює вхідні дані у вихідні. Це правило дозволяє відразу відокремити алгоритми від "методів" і "способів". Поки ми не маємо формалізованих вхідних даних, ми не можемо побудувати алгоритм.

Друге правило - для роботи алгоритму потрібно пам'ять. У пам'яті розміщуються вхідні дані, з якими алгоритм починає працювати, проміжні дані і вихідні дані, які є результатом роботи алгоритму. Пам'ять є дискретною, тобто що складається з окремих комірок. Іменована комірка пам'яті носить назву змінної. У теорії алгоритмів розміри пам'яті не обмежуються. Вважається, що ми можемо надати алгоритму будь-який необхідний для роботи обсяг пам'яті. У шкільній "теорії алгоритмів" ці два правила не розглядаються. У той же час практична робота з алгоритмами (програмування) починається саме з реалізації цих правил. У мовах програмування розподіл пам'яті здійснюється декларативними операторами (операторами опису змінних). У мові Бейсік не всі змінні описуються, зазвичай описуються тільки масиви. Але все одно при запуску програми транслятор мови аналізує всі ідентифікатори в тексті програми і відводить пам'ять під відповідні змінні.

Третє правило - дискретність. Алгоритм будується з окремих кроків (дій, операцій, команд). Безліч кроків, у тому числі складено алгоритм, звичайно. Четверте правило - детермінованість. Після кожного кроку необхідно вказувати, який крок виконується наступним, або давати команду зупинки. П'яте правило - збіжність (результативність). Алгоритм повинен завершувати роботу після кінцевого числа кроків. При цьому необхідно вказати, що вважати результатом роботи алгоритму.

При складанні алгоритму розглянутого об'єкта передбачається:

1. Встановити конкретні незалежні змінні для термодинамічного розрахунку об'єкта.

2. Скласти алгоритм термодинамічного розрахунку об'єкта, який повинен містити:

- імена і розмірності вихідних даних;

- основні кроки (етапи) даного розрахунку;
- для окремих кроків необхідні математичні співвідношення або посилання на відповідні формули термодинамічної моделі, виходячи з яких визначаються результати цих кроків.

отримані результати реалізації алгоритму.

3. Для кожного етапу курсивом виділити його коротку назву, яка в подальшому буде використана при побудові блок-схеми алгоритму.

Нижче наведено алгоритм термодинамічного розрахунку для складеної формалізованої схеми дросельного циклу з проміжним охолодженням і обраних вихідних даних, отриманих вище.

Він зводиться до послідовності здійснення наступних кроків:

1. *Введення вихідних даних.* Вводяться значення холодопродуктивності установки G_L , Вт; тиски p_0 , p_2 в МПа; температура навколишнього середовища T_{oc} в К; недорекуперації ΔT_{1-7} в К; теплоприпливи з навколишнього середовища Q_3 , в Вт; імена основного і допоміжного робочих тіл, закодовані їх хімічними формулами.

2. *Розрахунок парорідинної рівноваги.* За відомим значенням p_0 визначаються термодинамічні властивості в точці 0 з умови, що ця точка відповідає стану насиченої пари.

3. *Визначення тисків у всіх вузлових M-точках.* Для цього використовуються умови ізобарних процесів, наведені в термодинамічній моделі циклу.

4. *Визначення температур в окремих M-точках.* Для точок 1, 2, температури знаходяться з рівності

$$T_1 = T_2 = T_{нс}.$$

Для точок 4, 5 температури знаходяться з рівності

$$T_4 = T_5 = T_0.$$

Температури T_7 обчислюється зі співвідношення

$$T_7 = T_1 - \Delta T_{1-7},$$

5. *Розрахунок точок 1, 2, 7, 12.* Визначення термодинамічних функцій в цих точках проводиться за відомими значеннями температури і тисків.

6. *Визначення витрати газу через компресор.* Значення витрати газу через компресор G_K знаходиться з рівняння енергетичного балансу, складеного для контуру, що включає (В+ Др + Т).

7. *Розрахунок точки 4.* Відповідний розрахунок проводиться на підставі енергетичного балансу зріджувача З, з якого обчислюється ентальпія i_4 . Далі за відомими значеннями i_4 і p_4 знаходяться інші термодинамічні властивості в цій точці.

8. *Розрахунок точки 3.* Ентальпія i_5 визначається з рівняння процесу дроселювання. Далі за відомими значеннями i_3 і p_3 знаходяться інші термодинамічні властивості в цій точці.

9. *Розрахунок E-точок і енергетичних показників циклу.* Обчислення показників циклу здійснюється за формулами (3.27) - (3.31). Величини енергетичних потоків в E-точках знаходяться виходячи з енергетичних балансів елементів, з якими ці потоки пов'язані.

10. *Висновок отриманих результатів.* Отримані результати оформлюються у вигляді таблиці, рядки якої містять номер M-точки, набір термодинамічних функцій, витрата, ім'я робочого тіла, а також таблиці, що відбиває назву енергетичного показника, його величину і розмірність. Висновок здійснюється на екран, у файл даних і на принтер.

На основі запропонованого алгоритму складається його блок-схема (рис. 3.4). У ній відображені назви процедур розрахунку термодинамічних функцій в вузлових точках для програмного забезпечення, розробленого на кафедрі кріогенної техніки. У таблиці 3.1 представлена розшифровка

умовних позначень підпрограм, які обчислюють термодинамічні функції робочих тіл за рівнянням стану Редліха-Квонг-Вільсона (РКВ).

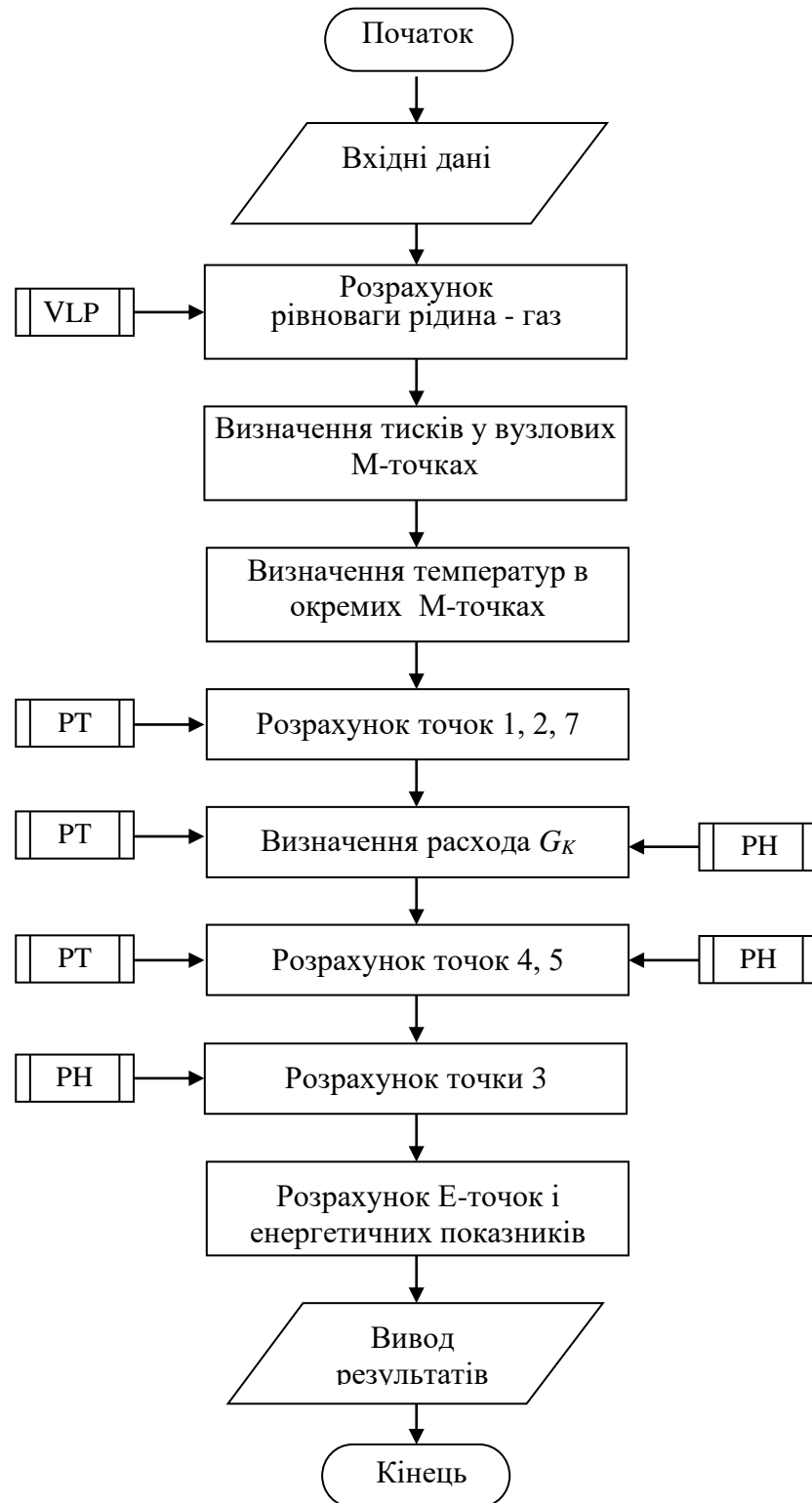


Рис. 3.4. Блок-схема алгоритму розрахунку циклу Линде у рефрижераторному режимі

Таблиця 3.1. Підпрограми розрахунку термодинамічних функцій чистих речовин.

ім'я підпрограми	незалежні змінні
PT	тиск, температура
PH	тиск, ентальпія
PS	тиск, ентропія
VLP	тиск або температура

Процедури PT, PH, PS призначені для розрахунку термодинамічних властивостей в однофазній області (газ або рідина), процедура VLP дозволяє розраховувати парорідинну рівновагу чистої речовини. Дані підпрограми містяться в модулі RKW.

4. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ГРАФІВ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ

4.1. Складання E-графа простого дросельного циклу в рефрижераторному режимі

В даний час комп'ютерне моделювання різко розширило межі свого застосування в різних областях знань. Це відноситься і до теорії графів - розділу прикладної математики. Неформально граф можна розглядати як сукупність точок і з'єднуючих ці точки ліній зі стрілками або без них. Першою роботою теорії графів як математичної дисципліни вважають статтю Ейлера (1736 г.), в якій розглядалася задача про Кенігсбергські мости. Ейлер показав, що не можна обійти сім міських мостів і повернутися у вихідну точку, пройшовши по кожному мосту рівно один раз. Наступний імпульс теорія графів одержала через майже 100 років з розвитком досліджень по електричним мережам.

Графи служать зручним засобом опису зв'язків між об'єктами як спосіб наочного подання кінцевих бінарних відносин. Методи теорії графів широко застосовуються в дискретній математиці. Графи є спосіб "візуалізації" зв'язків між певними об'єктами. Зв'язки ці можуть бути "спрямованими", як, наприклад, в генеалогічному дереві, або "ненаправленими" (мережа доріг з двостороннім рухом). Відповідно до цього в теорії графів виділяють два основних типи графів: орієнтовані (або спрямовані) і неорієнтовані. Побудова математичного визначення графа здійснюється шляхом формалізації та "об'єктів", і "зв'язків" як елементів деяких (як правило, кінцевих) множин.

Можливий спосіб представлення розрахункових схем енергетичних установок заснований на використанні теорії графів. Існує достатня кількість робіт, в яких досліджуються аспекти застосування графів при

аналізі і синтезі систем перетворення енергії. В даному розділі розглядаються особливості створення та математичного представлення графів в задачах створення термодинамічних моделей кріогенних систем. Відомо, що у вигляді графа можуть бути зображені зміни в установці багатьох фізичних величин. Для розробки термодинамічної моделі найбільший інтерес представляє *E*-граф, що відображає енергетичні потоки в даній системі.

Так як дані потоки мають напрямки, то *E*-граф є орієнтованим (орграфом). При побудові *E*-графа можливі варіанти з вибором його елементів: вершин і дуг. Для зручності складання енергетичних балансів доцільно вибирати, як буде показано далі, як вершин - елементи схеми, а в якості дуг - лінії, що з'єднують ці елементи. У такому випадку для побудови *E*-графа системи в цілому або її підсистеми в формалізовану розрахункову схему необхідно вводити додаткові елементи. Це обумовлено обов'язковою вимогою, щоб дуга починалася і закінчувалася в елементі.

Як приклад на мал. 4.1. відображені можливі варіанти представлення графа для дроселя, зображеного в схемі розглянутого циклу.

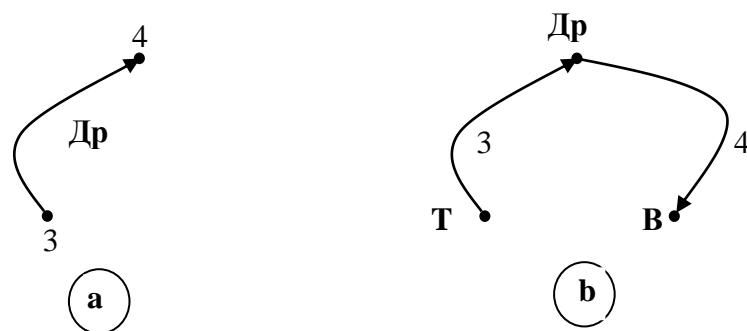


Рис. 4.1. Різні види графів для дроселя в циклі Лінде

На рис. 4.1а як вершин графа обрані вузлові *M*-точки, а дугою є сам елемент установки. У графі 4.1б вершини представлені елементами даної

кріогенної системи, а дуги - лініями, об'єднуючим ці елементи. Як видно, в останньому випадку в граф введені додаткові елементи Т, В.

Обов'язково для енергетичної системи при побудові E -графа ввести в розгляд елемент навколишнього середовища НС, що враховує взаємодію з даною системою. Тоді вузлові точки 8 - 12, представлені на мал. 3.2 отримають при створенні E -графа елемент НС як відсутню вершину. Можливо і доцільно більш детальне уявлення оточення енергетичної системи за допомогою додаткових елементів. Такими для кріогенної системи можуть бути споживачі виробляемого нею продукту П, елементи конструкцій підготовки робочого тіла (наприклад, теплоізовані цистерни для зберігання рідини, використовувані для проміжного охолодження основного робочого тіла) і інші.

Якість кожного з видів енергетичного потоку в кріогенній системі розраховується за своїм математичним співвідношенням [5]. Тому подібно формалізованій розрахунковій схемі доцільно виділити в E -графі три складових: M -, Q - та L - підграфи, відповідно, які описують потоки енергії маси, тепла і роботи. Таке виділення можливо здійснити за рахунок кольору дуг або типів їх ліній.

На рис. 4.2 представлений оргграф циклу високого тиску з двома додатковими елементами НС і П. На даному малюнку суцільними лініями представлений M -підграф, штриховими лініями - Q -підграф, а пунктирними лініями L -підграф. Як його вершин обрані елементи установки, а дугами - лінії, що з'єднують ці елементи. Позначення дуг визначається номером вузловий точки на рис. 3.2.

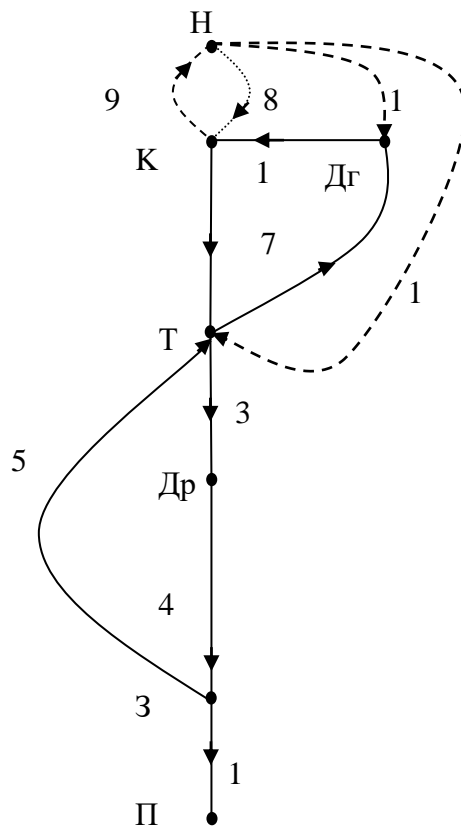


Рис. 4.2. *E*-граф дросельного циклу
Лінде в зріджувальному режимі

Як відомо з теорії, наведене зображення 4.2 є лише одним з можливих уявлень графа енергетичних потоків.

4.2. Математичне подання *E*-графа для дросельного циклу Лінде

Задати граф означає описати безлічі його вершин і ребер, а також відносини інцидентності між ними. Один з можливих способів його опису полягає в створенні матриці інцидентності, що складається з m рядків і n стовпців. Рядки є дуги, стовпці - вершини. Для орграфа елемент матриці визначається значенням наступної функції P

$$P = \begin{cases} -1, & \text{якщо вершина є початком дуги,} \\ 0, & \text{якщо вершина і дуга не інцидент,} \\ +1, & \text{якщо вершина є кінцем дуги.} \end{cases}$$

У таблиці 4.1 наведена дана матриця для графа, зображеного на рисунку 4.2.

Таблиця 4.1 Матриця інцидентності для E -графа дросельного циклу Лінда у рефрижераторному режимі.

	К	Дг	Т	Др	В	НС	З
1	+1	-1	0	0	0	0	0
2	-1	0	+1	0	0	0	0
3	0	0	-1	+1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	-1	+1	0	0
6	0	0	0	-1	+1	0	0
7	0	+1	0	0	-1	0	0
8	+1	0	0	0	0	-1	0
9	+1	0	0	0	0	-1	0
10	0	+1	0	0	0	-1	0
11	0	0	+1	0	0	-1	0
12	0	0	0	0	+1	0	-1

Необхідна умова контролю правильності заповнення даної матриці інцидентності виконується, так як кожен рядок містить один елемент зі значенням +1 і один елемент зі значенням -1.

На підставі отриманої E -матриці (матриці E -графа) можуть бути сформовані матриці зазначених раніше підграфів, позначені далі як M -

матриця (матриця M -підграфа), Q -матриця (матриця Q -підграфа), L -матриця (матриця L - підграфа). Звісно ж, що для використання апарату матричної алгебри необхідно при створенні E -матриці виходити з матриць підграфів. В цьому випадку E -матриця виходить з рівняння

$$E = M + Q + L$$

Однак, останнє рівняння може бути використане за умови, що всі його складові матриці мають однакову розмірність. Зокрема, M -матриця повинна мати вигляд, представлений в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 M -матриця дросельного циклу Лінде в рефрижераторному режимі

	К	Дг	Т	Др	В	П
1	+1	-1	0	0	0	0
2	-1	0	+1	0	0	0
3	0	0	-1	+1	0	0
4	0	0	0	-1	0	0
5	0	0	0	+1	+1	0
6	0	0	0	-1	+1	0
7	0	+1	-1	0	0	0

Дана матриця має самостійне значення, так як може бути використана для складання рівнянь балансів для матеріальних потоків.

Як приклад нижче в таблиці 4.3 представлена L -матриця. Її особистість полягає в тому, що вона має лише один рядок, що не містить тільки нульові значення елементів. Таким чином, з даних таблиць 4.2 і 4.3 випливає, що застосування матриць для математичного уявлення схем енергетичних установок передбачає наявність досить великого обсягу комп'ютерної пам'яті. Однак для сучасної обчислювальної техніки це не є проблемою.

Таблиця 4.3 L-матриця дросельного циклу Лінде в зріджувальному режимі.

	К	Дг	Т	Др	В	П
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	+1	-1

За допомогою E -матриці інцидентності можна сформулювати вектор B , за допомогою елементів якого формально складається енергетичний баланс для будь-якої сукупності елементів криогенної системи. Число елементів вектора визначається кількістю дуг в матриці інцидентності для всієї системи.

Для визначення елементів необхідно підсумовувати відповідні значення P -функцій в виділених елементах криогенної системи. Наприклад, для контуру включає $(K + T + ДГ)$ вектор-рядок $B = (b_1, b_2, \dots, b_{12})$, як це впливає з таблиці 4.2, має вигляд

$$B=(0, 0, -1, 0, 0, 0, +1, +1, +1, +1, +1, 0). \quad (4.1)$$

Як видно з наведеної вище записи, елементами вектора B можуть бути тільки значення P -функції.

Виходячи із запису (4.1) формальне вираження для енергетичного балансу розглянутого контуру може бути представлено як

$$-E_3 + E_7 + E_8 + E_9 + E_{10} + E_{11} = 0 \quad (4.2)$$

Вектор В, може бути використаний не тільки для формального встановлення енергетичних потоків, які входять до виділеного контуру, і які виходять з нього, а й для виявлення числа незалежних змінних у відповідному рівнянні енергетичного балансу.

Ще одним поширеним способом завдання графа є складання списку його ребер. Цей список являє собою таблицю, одні з стовпців якої містять імена ребер, а інші - інцидентні їм дві вершини. Для орграфа в шпальтах вершин на першому місці стоять імена, що відповідають початку дуги, на другому - її кінцю.

Нижче в таблиці 4.4, наведено приклад списку ребер, побудованого на підставі матриці інцидентності.

Таблиця 4.4 Список ребер для графа дросельного циклу Лінде в зріджувальному режимі.

Ребра	Вершини	Ребра	Вершини
1	Дг, К	8	НС, К
2	К, Т	9	К, ОС
3	Т, Др	10	НС, Дг
4	Др, В	11	НС, Т
5	В, Т	12	П, З
6	В, Т		
7	Т, Дг		

Наступним розвитком застосування графів при моделюванні цієї схеми пов'язана з термодинамічним аналізом криогенної установки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система законодавства, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувальних заходів щодо методикі засобів забезпечення безпеки, збереження здоров'я роботи людини в процесі.

За словами Сніпа І -90-81 «Промислові виробничі корпуси Предприятия» всі виробництва діляться на наступні шість категорій рівня:

А Б - вибухонебезпечний вогонь;

В, Г, Д - схильні до пожежі;

Е - вибухонебезпечний.

Для більшості процесів ВК встановлюється категорією п з теплової безпеки В (у виробництві обробляються тверді горючі речовини і матеріальні).

5.1 Електробезпека

Враховуючи, що людям безпечно мати струм від 0,5 до 1,5 мА, приходять до висновку, що найбезпечнішим для людини є напруга від 8 до 12 В. Джерелами можуть бути батареї, понижувальний трансформатор.

Батарея є джерелом постійного струму, досить пі надійним, але має наступні *under-the-tatki*:

1. потреба у висококваліфікованому обслуговувому персоналі,
2. нездатність з'єднати користувачів є великою справою.

Опущення трансформатора є надійним пристроєм, а відсутність його-потужність переходу струму від первинного обмотування до вторинного.

З метою забезпечення безпеки людини насипаються або нав'язуються перші та вторинні обмотування.

Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

Вимоги до електрообладнання багато в чому залежать від приміщень, в яких воно експлуатується. Всі кімнати діляться за ступенем про звалтуваннялюдей ураженням електричним струмом на три класи:

1. Без підвищеної небезпеки;
2. Високий ризик;
3. Особливо небезпечно.

Приміщення машино-моторного приміщення, ВК віднесено до приміщення без підвищеної небезпеки щодості.

Приміщення без підвищеної небезпеки - це сухе, без пилу приміщення з нормальною температурою повітря та ізоляційними (наприклад, дерев'яними) підлогами, тобто немає умов, притаманних приміщенням з підвищеною небезпекою і особливо небезпечними.

Обсяг і зміст організаційної технічної діяльності, а також необхідність технічних засобів визначаються виходячи з напруги електроустановки, даних про робоче середовище і категорію робіт. Класифікація по суті визначає різницю в комплексі заходів та засобів.

Розрахунок заземлювача:

$$t_0 = 0,5;$$

$$d = 0,035 \text{ м};$$

$$l'/l = 2;$$

$$l = 2,5;$$

$$\rho_{\text{черн}} = 30 \text{ Ом*м};$$

$\psi = 1,1$ - кліматичний фактор, який враховує сезонні перепади ґрунту;

$$t = t_0 + l/2;$$

Визначення розрахункового значення опору землі:

$$R_{\text{расч}} = \rho_{\text{грунта}} \psi;$$

$$R = 30 * 1,1 = 33 \text{ Ом}$$

Визначення опору одного вертикального заземлювача:

$$R_0 = (P_{\text{расч}}/2\pi l) * (\ln 2l/d + 1/2 \ln((4t+1)/(4t-1)));$$

$$R_0 = (33/2 * 3,14 * 2,5) * (\ln(2 * 2,5/0,035) + 1/2 * \ln((4 * 1,75 + 2,5)/(4 * 1,75 - 2,5))) = 11,2 \text{ Ом};$$

Визначення числа вертикальних заземлювачів:

$$n = R_0 / R_{\text{тр}};$$

$$n = 11,2/4 = 2,8 \text{ шт};$$

Отримана кількість вертикальних заземлювачів округлюється до найближчого великого стандарту $n' = 4$ шт;

Визначення опору вертикальної системи заземлення :

$$R_{\text{СВ}} = R_0 / n' * \eta_{\text{в}};$$

$\eta_{\text{в}} = 0,83$ - Вертикальна швидкість використання заземлювача (ссылка):

$$R_{\text{СВ}} = 11,2/4 * 0,83 = 2,3 \text{ Ом};$$

Визначення довжини горизонтального заземлювача:

$$L = (n' - 1) * l';$$

$$L = (4 - 1) * 5 = 15 \text{ м};$$

Визначення опору горизонтального заземлювача:

$$R_{\text{Г}} = (P_{\text{расч}}/2\pi * L * \eta_{\text{Г}}) * \ln(L^2/t_0 * d);$$

$\eta_{\text{Г}} = 0,89$ - Коефіцієнт використання горизонтальної землі ітелиці(ланка);

$$R_{\text{Г}} = (33/2 * 3,14 * 15 * 0,89) * \ln(15^2/0,5 * 0,035) = 3,7 \text{ Ом};$$

Визначаємо опір системи заземлення:

$$R_{\text{СИС}} = R_{\text{СВ}} * R_{\text{Г}} / (R_{\text{СВ}} + R_{\text{Г}});$$

$$R_{\text{СИС}} = 2,3 * 3,7 / (2,3 + 3,7) = 1,42 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{СИС}} = 1,42 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

В електричних системах опір системи заземлення не повинен робитися системою заземлення.

Вимоги до електробезпеки для роботи комп'ютера ЕВТ.

Електромережа виконує окрему, групову, тривідвідмовну мережу за фазою нульової робочої і нульової захисної проводів.

Нульовий захисний дріт використовується тільки для заповнення електроприймачів. Використання нульової роботи в якості нульового захисного заборонено. Площа секції нульового дроту в трифазних чотирисхильних мережах повинна бути не менше 50% фазової секції. Площа ділянки нульового робочого і нульового захисного в однофазних тривідвільних мережах повинна бути не менше площі ділянки однофазного провідника.

У приміщеннях, де одночасно обслуговуються більше п'яти персональних комп'ютерів, встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю живити приміщення, крім системи освітлення.

Неприпустимо підключати комп'ютер до звичайної мережі, в тому числі за допомогою перехідних пристроїв.

5.2 Протипожежна профілактика

Протипожежна профілактика – це комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, недопущення оздоровлення, обмеження його поширення, створення умов для успішного загоряння.

Часті пожежі передбачають наступну профілактику і дії:

1. Періодичні перевірки та технічні послуги необхідні в живих мережах;
2. І, періодичне прибирання контактів, заборона суглобів;
3. Використання гвинтових, клепних і зварних з'єднань;
4. Використання стандартних абажурів;
5. профілактична робота вимикачів і розеток.

Причини пожеж в електроустановках

За статистикою, 45% пожеж викликані короткими відключеннями, 35% від електричних опалювальних приладів, 15% від заторів електромереж, 5% великих переходів.

1. Перевантаження.

Використання проводів, призначених для меншої потужності споживачами, зможе їх обігріти і розтопити при згорянні.

2. Коротке замикання.

Короткі замикання виникають в електричних мережах, коли точки різних фаз з'єднуються через невеликий опір і як наслідок - миттєво збільшується струм і відбувається швидке вивільнення великої кількості тепла. Причиною короткого замка можуть бути: несправна ізоляція проводів; вплив проводки провідних деталей; зволоження теплоізоляцію; пил, вологість і т.д.

3. Великий перехідний опір.

Слабкий контакт може викликати окислення і вигорання, що призводить до підвищеної резистентності між двома терміналами. Підвищення резистентності призводить до великої кількості тепла, яка є джерелом ризику.

Пожежна автоматична сигналізація

Пристрої протипожежної автоматизації призначені для виявлення, оповіщення про пожежу та захисту людей від небезпек. До них відносяться автоматичні протипожежні системи (АПС) і сигнатури пожежно-рятувальних систем (ОПЗ), автоматичні протипожежні установки (АПС), протидияжні системи і більш високі поверхи та інші.

Системи АПС призначені для виявлення пожеж на початкових стадіях і оповіщення пожежної служби про час і місце пожежі. Крім того, вони утворюють сигнали для включення аварійної вентиляції, диму та інших пристроїв.

Системи APS складаються з пожежних детекторів, ліній зв'язку та приймальних залів на ріві (станції пожежної сигналізації).

Пожежники перетворюють неенергетичні фізичні значення (тепло- і легка енергія, рух частинок диму) в електричні, які у вигляді сигналу певної форми відправляються проводами в приймальне приміщення.

Лінії зв'язку між системами АПС забезпечують зв'язок між детекторами і прийомом 100 п тсії і побудовані за сяючим принципом. круглосуточное дежурство. Основные функции приемных станций: прием сигналов от пожарных извещателей с индикацией номера луча, от которого поступил сигнал; непрерывный контроль состояния лучей по всей длине с автоматическим Визначення характеру збитку; Світлові та звукові сигнали тривоги про вхідні сигнали тривоги або пошкодження; Перехід на резервне живлення, коли базова потужність втрачається за допомогою будильника.

Деякі ВК-об'єкти крім АПС повинні бути оснащені установками мистецтва і національної автоматичної пожежогасіння. Наприклад, кабельні лінії електроживлення зазвичай розташовані під технологічними поверхами, в непрохідних тунелях, коммоканіонних валах, тобто в місцях, які практично недоступні для гасіння ріву первинними засобами або мобільними засобами протипожежного захисту.

Найбільш підходящим є використання на ВК установках газового пожежогасіння, ефект від яких заснований найвидкому наповненні приміщення газовою речовиною пожежогасіння зі зменшенням вмісту кисню в повітрі.

Первинне протипожежне обладнання, призначене для локалізації не великихпожеж, включає пожежні стволи, внутрішні протипожежні труби, вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри тощо для гасіння пожеж на початковому етапі їх виникнення широко використовуваних вогнегасників.

5.3 Виробнича санітарія

Система організаційної діяльності та технічних засобів, що запобігає або зменшує вплив на працівників шкідливого виробництва, факторів.

Створення робочих місць, оснащених відео терміналами, повинно бути:

1. Належні умови освітлення приміщень і робочого місця, відсутність не світить;

2. оптимальні параметри мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху, рівень іонізації повітря);

3. Відповідні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця;

і врахувати наступні небезпечні і шкідливі фактори:

4. Шум і вібрація

5. м'які рентгенівські промені;

6. Електромагнітне випромінювання;

7. Ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання;

8. Електростатичне поле між екраном і оператором;

9. наявність озонового пилу, оксидів азоту повітроплавання.

Розрахунок вентиляції приміщення

$A \times B \times H = 10 \times 6 \times 5$ - параметри приміщення

$N_{\text{ком}} = 6$;

$N_{\text{люд}} = 6$;

$S_{\text{пом}} = 10 \times 6 = 60 \text{ м}^2$;

$$\Sigma Q = Q_{\text{ос}} + Q_{\text{пк}} + Q_{\text{л}};$$

$$Q_{\text{ос}} = V_{\text{пом}} \times 20;$$

$$Q_{\text{пк}} = q_{\text{пк}} \times N_{\text{ком}};$$

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{ч}} \times N_{\text{люд}};$$

$$\sum Q = Q_{OC} + Q_{ПК} + Q_{Л} = 10 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 20 + 400 \cdot 6 + 170 \cdot 6 = 9420 \text{ Вт.}$$

Виробнича система вентиляції визначається:

$$L = \sum Q / c_{пов} \cdot \rho_{пов} (t_{уд} - t_{приточ});$$

$c_{пов} = 1000 \text{ Дж/кг} \cdot \text{C}^0$ - теплопровідність повітря;

$\rho_{пов} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ - густина повітря;

$t_{уд} = 24 \text{ C}^0$;

$$t_{приточ} = t_{уд-\Delta} t_p = 24 - 4 = 20 \text{ C}^0;$$

$$L = 9420 / 1000 \cdot 1,2 (24 - 20) = 1,96 \text{ м}^3/\text{с} = 7065 \text{ м}^3/\text{год};$$

Виберіть вентилятор і визначте потужність електродвигуна для вентилятора:

$$N = K \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6} / (3,6 \cdot \eta_{вент} \cdot \eta_{пер}), \text{ кВт}$$

K - коефіцієнт запаса;

H - аеродинамічний опір, Па

$H = 200 - 500$, Па

$\eta_{вент} = 0,6 - 0,8$ – КПД вентилятора;

$\eta_{пер} = 0,95 - 1$ - КПД передачі.

$$N = 1,3 \cdot 7065 \cdot 200 \cdot 10^{-6} / (3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95) = 0,77 \text{ кВт} = 770 \text{ Вт}$$

Підбираємо електродвигун для вентилятора потужністю 0,77 кВт.

Розрахунок освітлення приміщення

$A_q 10,6$, м²

$H_{п} = 5$, м

Для забезпечення рівномірного освітлення необхідно, щоб взаємозв'язок міжстоячим центром і лампою до висоти їх підвіски над робочою поверхнею дорівнювала певному числу, характерному для типу обраного стільника.

$L_{к/к.с.} = 1,4$;

К.с. - Н -ч.

К.с. q 5-0.8/4.2 м

Л_к- Еп- 1,4;

Л_к-4.2-1.4-5.88;

Попередньо визначте кількість світильників:

$$N = A * B / L_{до}^2;$$

$$N = 10 * 6 / 5.88^2 = 1.74 \approx 2$$

Щоб визначити коефіцієнт потоку світла, потрібно розрахувати індекс приміщення:

$$i = A * B / \pi(A + B);$$

$$i = 10 * 6 / 4.2(10 + 6) = 0.89;$$

Для вибору коефіцієнта використання світлового потоку (η) використовуємо коефіцієнт відображення стелі 50% і коефіцієнт відбиття стіни 30%. Посилання 0

Для визначення світлового потоку однієї лампи використовуйте залежність:

$$\Phi_c = E_n * K * Z * S * 100 / (N * \eta),$$

Де E_n 300-500 люксів раціональне освітлення; $E_n \eta$ 400 suites;

Співвідношення до запасу;

від=1,1 – коефіцієнт рівномірності освітлення;

$$F_c 400 \text{ q } 1.4 \text{ q } 1,1 / 60 / 100 / 2 \text{ q } 44 / 42000 \text{ лм}$$

$$F_c 42000 / 10 / 4200 \text{ лм}$$

Для освітлення цього приміщення вибирайте світильник LD-80 зі світловим потоком 4070 літрів.

Визначте відхилення потоку світла:

$$\Delta = \frac{4200 - 4070}{4070} * 100\% = 3,2\%$$

Визначте потужність системи освітлення:

$$P = P_1 * n * N,$$

$$P = 10 * 2 * 80 = 1600 \text{ Вт},$$

Де n - кількість світильників в лампі;

N - кількість світильників.

Вимоги до виробничих потужностей для експлуатації такого комп'ютера EWT

1. Розміщення комп'ютерних робочих місць EWDТ в підвалах і нацокольних поверхах заборонено.

2. Мінімальна площа на робоче місце - 6^m ², мінімальний об'єм на робочкове місце - $20\ m^3$.

3. Приміщення з комп'ютером EWT повинно мати природне і штучнеосвітлення.

4. Природне світло слід проводити через світлові ліхтарі, абоконцентрувати в основному на північно-північному сході.

5. Природний фактор світла не повинен бути 1,5% КЕО.

6. Рівень шуму та вібрації повинен відповідати стандартам.

7. Номери з EWT COMPUTERS повинні бути обладнані системами опалення і т.д.і високоточним витяжнимвентиляцією ікондиціонером.

8. Віконний аус повинен бути обладнаний захиснимипристроями (жалити,штори, козирки, карнизи).

9. Для внутрішнього оздоблення приміщення необхідно використовувати дифузійно-світловідбиваючіматеріали зі співвідношенняммі відбиття:

а) Стеля -0,7-0,8;

б) стіни-0,5-0,6;

в) Секс-0.2-0.3;

Поверхня підлоги повинна бути рівною, не слизькою, з антистатичними покриттями.

10. Забороняється використовувати матеріали, які виділяють шкідливі випаровування в повітря для внутрішнього оздоблення.

11. Меблі дозволені в приміщенні, але з урахуванням обсягу робочого місця, а також наявності аптечки.

Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень з комп'ютером EWT

Таблиця 5.1 Мікроклімат

Сезон	Категорія Працює	Температура С ⁰	Відносна вологість	Швидкість повітря в зоні робіт м/с
Холодне	Легка 1а	22-24	40-60	0,1
Холодне	Легка 1б	21-23	40-60	0,1
Тепле	Легка 1а	23-25	40-60	0,1
Тепле	Легка 1б	22-24	40-60	0,2

Світло 1а - це сидяча робота, яка не вимагає багато фізичних навантажень.

Light 1b - це робота, виконана сидячи або пов'язана з невеликими змінами і не вимагає великих фізичних витрат.

Таблиця 5.2 Рівні іонізації повітря

Рівні	Число іонів в см ³ повітря	
	n ⁺	n ⁻
Мінімально необхідне	400	600
Оптимальне	1500-3000	3000-5000
Максимально доступний	50000	50000

Гігієнічні вимоги до організації та обладнання робочих місць за допомогою комп'ютера EWT

Відстань між бічними стінками ФТС повинна бути не менше 1,2 м.

Поверхня клавіатури повинна бути матовою, з коефіцієнтом близько 0,4.

Вимоги до режимів роботи та відпочинку з ДТ комп'ютерами

У випадку, якщо робота за комп'ютером займає не менше 50% робочого часу, вона класифікується як робота з VDT комп'ютером.

1. Розробники програмного забезпечення - 15 хвилин після кожної години роботи;
2. Комп'ютерні оператори - 15 хвилин кожні 2 години роботи;
3. Оператори комп'ютерного набору - 10 хвилин щогодини роботи.

Якщо тривалість робочого дня збільшується, то перші вісім годин витрачаються і перерви за вищевказаним графіком, а решта часу перерва становить 15 хвилин в кожному годину незалежно від групи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ РОБОТИ

1. Розглянуті особливості звичайного та формалізованого підходів до створення розрахункових схем криогенних установок. Ці особливості продемонстровані на прикладі системи, що працює за циклом Лінде у зріджувальному режимі.
2. Розроблена термодинамічна модель формалізованої схеми циклу Лінде, для якої визначені кількість незалежних змінних і можливий їх вибір для конкретного розрахунку зріджувача криогенної речовини.
3. Представлено розроблений алгоритм термодинамічного розрахунку зріджувача для обраного набору незалежних змінних.
4. Для математичної моделі циклу у вигляді графів доведена необхідність застосування додаткових елементів, таких як навколишнє середовище та споживача рідини.
5. На основі теорії графів побудований граф енергетичних потоків у вигляді роботи, тепла та енергії, що переноситься потоком маси робочого тіла. На основі цього графа створена матриця інцидентності.
6. Показано застосування матриці інцидентності для створення енергетичних балансів довільних контурів схеми установки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Alsultanny Y. A., Al-Shammari N. N. Oxygen Specific Power Consumption Comparison for Air Separation Units // Engineering Journal. —2014. —Vol. 18 (2). —P. 68–80.
2. Дем'яненко Ю.І. Охорона праці під час роботи на установках розділення повітря. Навчальний посібник. – 2006.
3. І.Г. Чумак. Д.Г Нікульшин Холодильні установки. Проектування: Навчальний посібник для вузів. – К.: Вища шк., 1988. – 280с.
4. Хмельнюк М.Г., Кочетов В.П., Форсюк А.В., Жихарева Н.В. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки. – Одеса: Бондаренко М.О., 2018. – 228 с.
5. Явнель Б.К. Курсове та дипломне проектування холодильних установок та систем кондиціонування повітря. - 3-тє вид., перероб. та дод. - М.: Агропромиздат, 1989. - 233 с.; іл. – (Підручники та навчальний посібник для технікумів).
6. Т.В. Морозюк, «Теорія холодильних машин та теплових насосів». – Одеса: студія «Негоціант», 2007 -712 с. (З додатком).
7. Гоголін А.А. Оптимальні перепади температур у випарниках та конденсаторах холодильних машин // Холодильна техніка. – 1986. – №4. – С. 18–21.
8. Чумак І. Г., Лагутін А. Є., Кочетов В. П. Холодильна техніка та технологія: стан та перспективи розвитку // Вісник міжнародної академії холоду, №4, 1999, С. 47-50.
9. О. В. Остапенко, О. В. Зімін, І. О. Подмазко, М. Г. Хмельнюк. Шляхи підвищення енергоефективності холодильної установки підприємства харчової промисловості // Холодильна техніка та технологія. – 2016. – Т. 52, № 6. – С.4-10.
10. Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Підвищення ефективності системи охолодження плодоовочесховищ // Вісник міжнародної академії холоду. – 2013. – Вип. 4. – С. 16-20.