**2. Удосконалення існуючих методів розрахунку витрат електроенергії на виробництво та транспортування тепла**

**2.1 Загальні положення проведення розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво і транспортування тепла**

Як вже було зазначено у попередній частині, існує Порядок розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії, який затверджено Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України 02.02.2009 №12 [ААА]. Проте, даний порядок має свої суттєві недоліки, які не дозволяють остаточно спиратися на отримані при аналітичних розрахунках дані.

Згідно порядку визначення нормативних витрат електроенергії на потреби ПТ повинно проводитися в такій послідовності. Першим кроком є розрахунок індивідуальних нормативних витрат електроенергії по кожній котельні та приєднаних до неї ЦТП. Розрахунки виконуються за такими вихідними даними:

* приєднані теплові навантаження (максимальні теплові потужності систем опалення, вентиляції, середні або максимальні потужності систем гарячого водопостачання та режими споживання);
* схеми теплопостачання;
* температурні графіки регулювання систем теплопостачання;
* розрахункові температури зовнішнього повітря згідно СНиП 2.01.01–82 "Строительная климатология и геофизика";
* термін роботи систем та обладнання;
* вид палива та його питома витрата на виробництво теплової енергії кожним котлом;
* тип, марка, встановлена електрична потужність технологічного обладнання;
* паспортні або експлуатаційні аеродинамічні або гідравлічні характеристики обладнання.

Розраховані індивідуальні нормативні витрати слід порівнювати з фактичними витратами (за даними приладів обліку за попередні роки). Важливо при великих відхиленнях (більше 10%) розрахункових нормативних витрат від фактичних слід робити аналіз причин, що викликають ці відхилення, та вживати організаційно-технічні заходи щодо їх усунення.

На базі індивідуальних нормативних витрат розраховуються групові нормативні витрати по району котельних та теплових мереж та ПТ в цілому.

Індивідуальні нормативні витрати енергії по кожній котельній, є основою для розрахунку індивідуальних питомих норм для цих котельних та групових норм питомої витрати електроенергії по району котельних та теплових мереж та ПТ в цілому.

Нормативні витрати електроенергії (індивідуальні та групові)розраховуються, виходячи з метеорологічних умов, усереднених за відповідні періоди.

Нормативні витрати електроенергії на потреби ПТ визначаються за формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
| *Wзаг=Wвир+Wтр+Wрозп+ΔW+Wдод*, | (2.1) |

де *Wвир*– нормативні витрати електроенергії на технологічні процеси виробництва теплової енергії, кВт∙год;

*Wтр*– нормативні витрати електроенергії обладнанням, що транспортує теплоносій від котельної до ЦТП або до ІТП споживачів, кВт∙год;

*Wрозп*– нормативні витрати електроенергії обладнанням ЦТП або ІТП , кВт∙год;

*ΔW*– нормативні втрати електроенергії при її транспортуванні і трансформації, кВт∙год;

*Wдод*– нормативні витрати електроенергії на загальновиробничі потреби,кВт∙год .

Індивідуальні нормативні витрати електроенергії на потреби і–ї котельної за розрахунковий період визначаються за формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
| *Wі = ΣWij* , | (2.2) |

де *Wij*– нормативні витрати електроенергії j-м типом (одиницею) обладнання і-ї котельні за відповідний період, кВт∙год.

Нормативні витрати електроенергії j–м типом обладнання і–ї котельні за розрахунковий період визначаються за загальною формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
| *Wij = PijTij*, | (2.3) |

де *Pij*– середня споживна електрична потужність j–го типу обладнання, яке працює в межах дії і– ї котельної, кВт;

*Tij*– тривалість роботи цього обладнання протягом розрахункового періоду, год.

Групова нормативна витрата електроенергії по ПТ за розрахунковий період визначається за наступною формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |

де*m*– кількість котелень, що входять до складу ПТ.

Індивідуальна норма питомої витрати електроенергії на потреби і-ї котельної розраховується окремо на виробництво та відпуск теплової енергії та визначається за формулами, кВт∙год/Гкал:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | (2.5) | |
|  | | (2.6) | |

де *Qвир.і*, *Qвідп.і*– кількість відповідно виробленої і відпущеної теплової енергії і-ю котельною, Гкал., яка розраховується згідно КТМ 204 України 246–99 «Галузева методика нормування витрат палива на виробництво та відпуск теплової енергії котельнями теплового господарства» [ААА].

Групова норма питомої витрати електроенергії по ПТ встановлюється на базі групових нормативних витрат електроенергії по ПТ, окремо на виробництво та відпуск теплової енергії та визначається за формулами, кВт∙год/Гкал:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | (2.7) | |
|  | | (2.8) | |

У загальному випадку залежність електричної потужності,що споживається електродвигуном відцентрового нагнітача (насоса, вентилятора, димососа), від робочих значень його технічних параметрів виражається формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.9) |

де *L*– продуктивність нагнітача, м3/год.;

*H*– тиск нагнітача, м в.ст;

*k*– коефіцієнт, який враховує одиниці вимірювання технічних параметрів;

*ηн–* коефіцієнт корисної дії на валу нагнітача;

*ηе*– коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

*ηм*– коефіцієнт корисної дії механічної передачі.

При регулюванні роботи нагнітача дроселюванням повний тиск, ККД або споживану потужність на валу нагнітача визначають за його гідравлічною або аеродинамічною характеристикою для заданої розрахункової продуктивності, за відсутності цієї характеристики необхідний тиск приймається як розрахунковий для даної гідравлічної або аеродинамічної системи.

При паралельній роботі на одну систему продуктивність кожного з нагнітачів становить:

– для двох однакових нагнітачів – 0,5 загальної продуктивності;

– для трьох однакових нагнітачів – 0,34 загальної продуктивності;

– для різних нагнітачів – визначається за графіком їх сумісної роботи.

ККД асинхронного електродвигуна в залежності від його завантаження визначається за відповідною таблицею Порядку.

**2.2 Методичні основи створення спеціального програмного продукту для розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво і транспортування тепла**

**2.2.1 Існуючі недоліки традиційної методики розрахунку**

Недоліки та неточності існуючої методології були визначені та опрацьовані у магістерській дисертації [AAA]. У своїй роботі вона приводить низку недоліків порядку та визначає методологію за якою можливе вирішення існуючих проблем розрахунку та отримання більш достовірних даних при аналітичному визначені втрат електроенергії на підприємстві. До таких недоліків можна віднести:

1. В процесі розрахунку практично всіх показників, зокрема, середньої продуктивності тяго-дуттьового та насосного обладнання котельних, середньої електричної потужності, що споживається цим обладнанням тощо, виникає потреба у виборі нечітко визначених числових значень багатьох нормативно-довідкових величин.
2. Посилання на аеродинамічні та гідравлічні характеристики обладнання і, навіть, рекомендації щодо необхідності визначення потрібних для розрахунку вихідних даних, перш за все, саме за такими характеристиками містяться майже в усіх підрозділах Порядку. Що розглядається. Однак при виконанні практичних розрахунків нормативних витрат електроенергії на котельних здебільшого намагаються не застосовувати аеродинамічні та гідравлічні характеристики обладнання, а здійснювати всі розрахунки в умовах їх відсутності, тим більше, що Порядок таку можливість передбачає.
3. Фактичні (експлуатаційні) умови роботи димососів та вентиляторів, зокрема температура димових газів та «холодного» повітря, а також барометричний тиск у відповідній місцевості, можуть суттєво відрізнятись від паспортних умов, для яких були побудовані аеродинамічні характеристики. Отже, перш ніж використовувати «паспортні» характеристики тяго-дуттьового обладнання, їх потрібно привести до фактичних умов експлуатації цих нагнітачів, тобто відповідним чином скоригувати. Порядок, що розглядається, не містить жодних методичних рекомендацій щодо такого коригування.
4. Виникають певні сумніви також щодо коректності визначення середньої споживаної потужності тяго-дуттьового обладнання за умови відсутності його аеродинамічних характеристик.
5. Для одержання обґрунтованих величин споживання електроенергії тривалість роботи також має бути «нормативною». Однак у Порядку, що розглядається, числові значення цих показників певною мірою також приймаються без належного обґрунтування.
6. Порядок розрахунку нормативних витрат електричної енергії підприємствами теплоенергетики фактично не містить жодних методичних рекомендацій щодо проведення контролю виконання встановлених норм питомої витрати електроенергії, зокрема, на котельних.

Усі наведені вище пункти були використані при розрахунках у дисертації, для подальшого визначення можливості вдосконалення існуючої методики. Тому при побудові алгоритмів розрахунку будемо спиратись на запропоновані у роботі дані для відтворення точного та достовірного розрахунку.

**2.2.2 Проблема нечіткого характеру величин**

Зважаючи на те, що більшість зазначених проблем була вирішена при аналітичному способі розрахунку, проблема вибору числових значень багатьох нормативно-довідкових величин залишається невирішеною. У довідкових даних надається великий перелік таких значень та надаються рекомендації що до їх використання, проте усі значення з цього списку мають дуже великий діапазон розбіжностей та є суттєво суб’єктивними при виборі та аналізі, що ставить під сумнів точність отриманих даних. Наведений у Порядку перелік можна побачити у Таблиці 1. Очевидним стає той факт, що при коливанні значень у таких діапазонах, не є можливим зазначити, що розрахункові значення є точними, а висновки зроблені на підставі цих розрахунків обгрунтованими.

Треба також відмітити, що електроспоживання виробничих об’єктів має випадковий характер, а електробаланси складаються в умовах невизначеності певних вихідних даних, можливість поліпшення результатів побудови електробалансів виробничих об’єктів необхідно шукати в напрямку подальшого удосконалення та розвитку ймовірнісно-статистичний підходу.

Даний підхід має під собою ідею, що побудова більш достовірних, обґрунтованих балансів споживання електроенергії ґрунтується на обробці наявних статистичних даних обліку електроспоживання та виробництва продукції з використанням відповідних експертних методів, методів теорії ймовірності та математичної статистики.

Застосування даного методу дозволяє скласти більш повну та вдосконалену картину побудови витратної частини побудови енергобалансу на підприємстві, беручи до уваги ймовірнісний характер певних величин та суб’єктивний характер отримання цих величин.

**2.3 Можливий підхід до вирішення існуючої проблеми**

**2.3.1 Основні положення застосування ймовірнісно-статистичного підходу до побудови електробалансу**

Через те що електроспоживання виробничих об’єктів має випадковий характер через наявність нечітких виробничих параметрів, а їх електробаланси складаються в умовах невизначеності вихідних даних, то можливим рішенням є поліпшення результатів побудови електробалансів через застосування, удосконалення та подальшого розвитку ймовірнісно-статистичний підходу.

Ідея даного підходу полягає в тому, що побудова більш достовірних, обґрунтованих балансів споживання електроенергії ґрунтується на обробці наявних статистичних даних обліку електроспоживання та виробництва продукції з використанням відповідних експертних методів, методів теорії ймовірності та математичної статистики.[AAA]

Через те що метод спирається на експертний метод, це потребує проведення опитування фахівців-експертів, компетентних у відповідній сфері діяльності. На підставі обробки результатів експертного опитування визначаються найбільш ймовірні інтервали значень відповідних вихідних величин. Побудова обґрунтованого та достовірного електробалансу є процесом знаходження найбільш ймовірних значень нечітких вихідних параметрів.

Однак даний підхід має свої недоліки. Підхід не враховує зв’язки між нечітко заданими параметрами обладнання, обсягами виробництва продукції та споживання енергії, що не дозволяє вважати одержані баланси достатньо обґрунтованими.

Таким чином, для підвищення обґрунтованості побудови достовірних балансів електроспоживання з застосуванням ймовірнісно-статистичного підходу є необхідним знаходження та використання існуючих аналітичних або емпіричних залежностей між обсягами виробництва продукції, параметрами технологічних процесів та споживанням електричної енергії. Для окремих виробничо-господарських та технологічних об’єктів такі залежності існують і є достатньо об’єктивними, зокрема, це стосується таких об’єктів як котельні [ААА].

Найбільш повно результати розрахунку витратної частини котельної можна побачити у магістерській дисертації, де був проведений повний опис та аналіз використання ймовірнісно-статистичного методу на котельних.[AAA]

**2.4.Підхід до вирішення поставленої задачі через використання прототипу програмного продукту для розрахунку витрат електричної енергії ймовірнісно-статистичним методом на прикладі котельної**

Згідно з поставленою задачею стає очевидним, що при розрахунках доцільним є використання новітніх технологічних досягнень в області комп’ютерних обчислень, через те що задача поставлена перед дослідниками завжди ускладнюється і проведення розрахунків без спеціалізованих технічних та інформаційних засобів не є вірним з точки зору точності та швидкості розрахунків. При розрахунках, які потребують тисячі, а іноді навіть мільйони ітерацій найкращим рішенням є використання програмного продукту для:

* спрощення розрахунків;
* отримання більш точних результатів;
* зменшення часу, використаного на певний розрахунок та на моделювання певної ситуації.

Проте, деякі ситуації вимагають від користувача знання певних програмних ресурсів та певних програмних рішень, що також не є дуже доцільним та коректним при роботі з певними алгоритмами та моделями. Такі алгоритми можуть вимагати від користувача використання багатьох інших програм для деталізованого розрахунку та для вирішення певних проблем, з якими основна обрана програма не змогла впоротись, що може призвести до плутанини у незв’язаних між собою програмних продуктах та ускладнити розрахунок. Рішенням подібної проблеми може стати пошук спеціалізованих програмних продуктів, які здатні виконати усі необхідні задачі розрахунку та аналізу даних, що були поставлені у задачі дослідження. Проте, ймовірність знаходження подібної програми може доволі складною, тому що дуже небагато програм розробляються для специфічних задач або, навіть якщо вони розробляються, не всі компанії дозволяють відкрито користуватись такою програмою, або навіть отримати інформацію про неї.

Можливим фундаментальним рішенням такої проблеми може стати розробка спеціалізованого програмного продукту, який:

* чітко відповідає поставленим розрахунковим вимогам
* достатньо гнучкий для легкого маніпулювання програмою та конфігурації при змінах у деталях поставленої задачі
* універсальний з точки зору роботи на різних комп’ютерних операційних системах та пристроях

Такий комп’ютерний продукт має відповідати усім нормам, як з боку комп’ютерного забезпечення, так і з боку прикладної задачі поставленої перед програмою. В даному випадку, програмний продукт повинен чітко та послідовно виконувати алгоритми, використані при розрахунку витратної частини електричного балансу котельної.

**2.4.1 Спеціальні комп’ютерні засоби використані для побудови розрахункової системи на базі існуючого алгоритму**

Для створення програмного продукту, потрібно використовувати спеціальну мову програмування та відповідні до неї інструменти для відтворення необхідної роботи алгоритму та розробки певної комп’ютерної моделі. У даному випадку необхідно побудувати комп’ютерну модель на базі приведених вище алгоритмів, з точки зору розрахунку витратної частини котельної, отримати відповідні дані при введені необхідних вхідних даних та проаналізувати отриманні дані за допомогою побудованої системи.

Спираючись на перелік існуючих комп’ютерних систем та мов програмування було обрано мову JavaScript. Більш детальне пояснення усіх використаних технологій зведене у таблицю 7

Таблиця 7.

|  |  |
| --- | --- |
| Використана технологія | Детальне пояснення |
| **JavaScript** | Однопотокова асинхронна мова програмування, призначена та розроблена для створення програм та веб інтерфейсів. Набула широке поширення у браузерних системах та при розробці інтернет систем. На даний момент гнучкість мови дає можливість використання її у мобільних системах, комп’ютерних системах та серверних системах |
| **Angular** | Система побудована на базі мови програмування JavaScript та архітектури проектування MVVM (Model-View-View-Model) для швидкої та гнучкої розробки інтерфейсу користувача |

**Продовження таблиці 7**

|  |  |
| --- | --- |
| **Webpack** | Програмний засіб, який використовується для безперервної розробки програмних продуктів та автоматичного збору файлів та виконання комп’ютерних команд |
| **Jasmine** | Система перевірки та тестування коректного виконання програмою розроблених методів та алгоритмів |
| **Karma** | Додаткова платформа розробки для проведення тестування розробленого програмного продукту |
| **NodeJS** | Платформа побудована на системі V8 для використання мови JavaScript у різних середовищах, таких як комп’ютерні системи та серверні технології. |
| **Express** | Система, розроблена для швидкої, спрощеної та гнучкої розробки серверних програм та побудови REST архітектури |
| **npm** | Додаткова до NodeJS програма, для швидкого використання доступних пакетів програм для розширення функціональності програми що розроблюється |
| **MongoDB** | Нереляційна база даних, що дозволяє зберігати та отримувати дані, що були оброблені та відповідно маніпулювати цими даними при змінах, чи видаленні даних |

**2.4.2 Використання платформи NodeJS при розробці програмного продукту**

Для розробки визначеного програмного продукту використана платформа NodeJS, яка булла обрана спираючись на такі фактори як:

* кроссплатформеність (можливість працювати на різних пристроях)
* гнучкість (можливість швидкої інтеграції та внесення змін)
* мультізадачність (можливість використовуватися при вирішенні різних задач)
* простота мови програмування

NodeJS – це платформа виконання мови JavaScript, що побудована на базі системи V8, що дозволяє платформі мати не блоковану, подієву модель, що робить її легкою та ефективною.

Для розробки програмного продукту на базі цієї платформи, спочатку необхідно налагодити програмне середовище, яке дозволить швидко маніпулювати пакетами даних, що необхідні для створення різних блоків програми.

Перш за все необхідно встановити платформу NodeJS на свій пристрій, що можна зробити, якщо перейти на головний сайт програмного забезпечення [AAA].

Після того як програму буде встановлено, необхідно перевірити наявність та працездатність програми. Для цього потрібно відкрити консоль комп’ютера та ввести команду «***node –v»***, для перевірки встановленої версії програми та «***npm –v»*** для перевірки встановлення пакетного менеджеру, який ми будемо використовувати для подальшої розробки. Результат зображено на рисуноку РРР

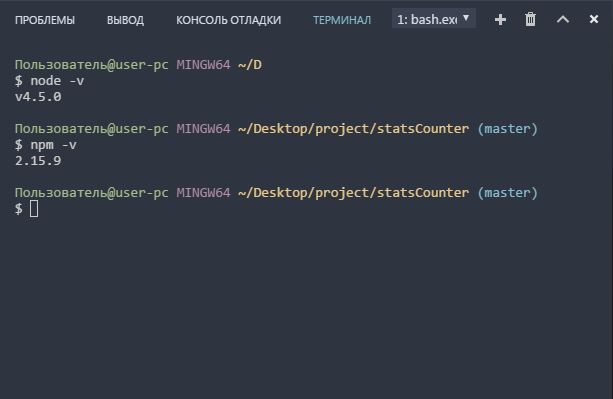


Рисунок РРР Перевірка працездатності програмних інструментів

Наступним кроком треба встановити усі необхідні пакети даних, які будуть використовуватися у роботі. Такі пакети повинні спростити процес розробки та зробити процес встановлення кінцевого продукту легким та швидким. Для цієї роботи знадобляться модулі, які використовуються при розробці серверного та клієнтського продукту.

Необхідно створити новий проект, для чого потрібно ввести команду «***npm init»*** та відповісти на питання, що будуть відображатися у консолі для побудови проекту. Ці питання стосуються назви, автора, версії та можливого ресурсу збереження проекту. Після закінчення необхідно вийти з процесу ініціалізації проекту.

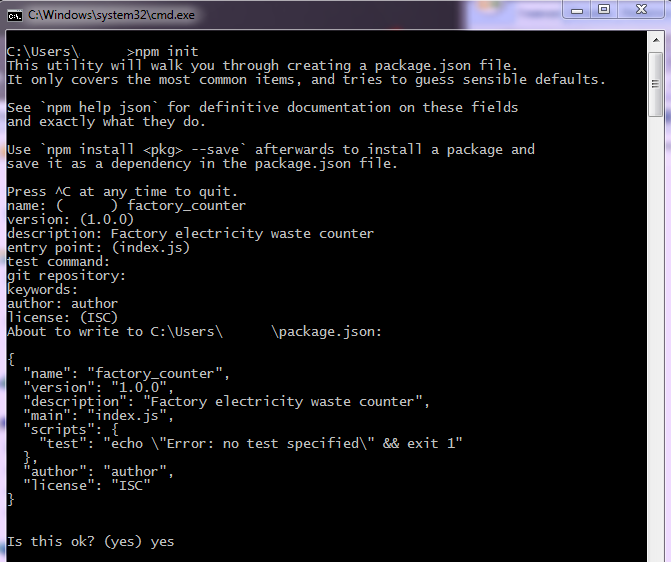


Рисунок РРР – Ініціалізація нового проекту

На даному етапі ми створили окремий файл, під назвою «***package.json»***, який містить всю інформацію про наш створений проект. Необхідно додати у цей файл перелік модулів, які будуть використані у подальшій розробці. Існує можливість встановлення модулів окремо, тобто встановлювати кожен окремий модуль послідовно, проте, заздалегідь було обрано певні пакети що мають бути встановлені, отже, після додавання необхідних даних до зазначеного вище файлу, необхідно ввести команду «***npm install».***

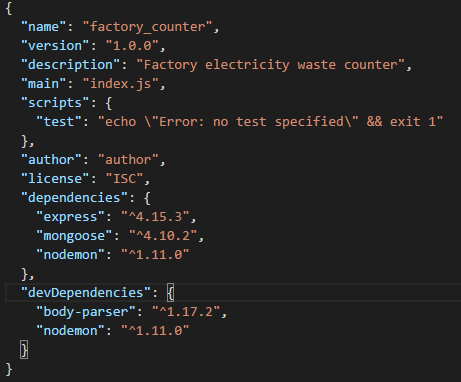
******

Рисунок РРР – Необхідні для встановлення програмні модулі

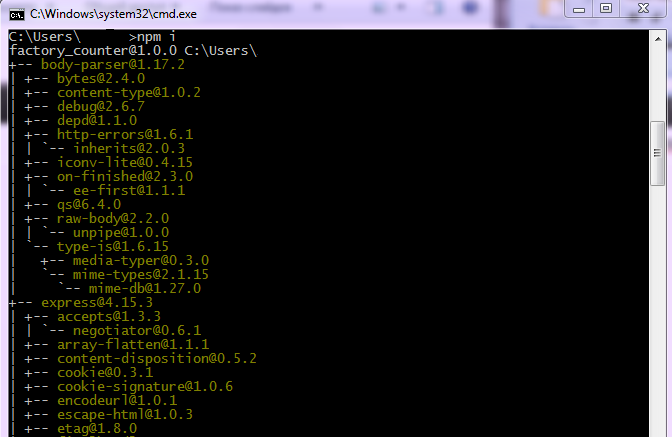


Рисунок РРР – Встановлені пакетні модулі

При повністю налагодженій середі розробки можна починати реалізацію прототипу програмного продукту. Для цього, створивши необхідну файлову структуру, реалізуємо алгоритм. Через те, що наведені алгоритми розрахунку витратної частини електричного балансу котельної поділені за існуючим обладнанням, є логічним розбиття програми на окремі модулі, для зручного створення програми та можливості відтворювати різні розрахунки за потребою.

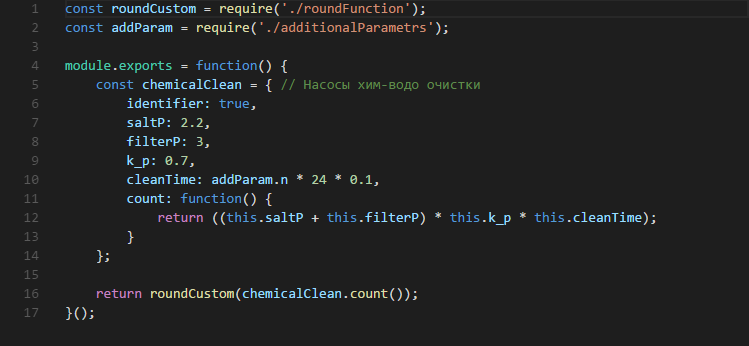


Рисунок РРР – Приклад створення окремого модуля для розрахунку витрат електроенергії насосом хімводообробки

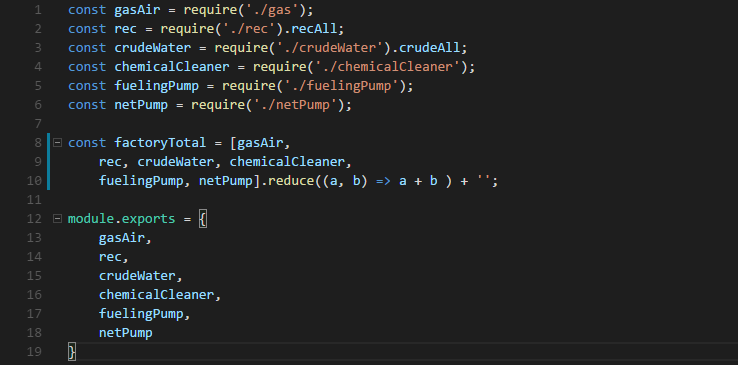


Рисунок РРР – Використання створених модулів

Після програмування алгоритму розрахунку витратної частини балансу котельної, необхідно відтворити алгоритм послідовного розрахунку ймовірнісно-статистичним методом, для отримання комп’ютерною програмою найбільш точних результатів. Розрахунок ймовірнісно-статистичним методом робиться окремим модулем, для того, щоб можна було використовувати окремо, або усю розроблену систему для проведення розрахунку з використанням ймовірнісно-статистичного методу, або лише частину аналітичного розрахунку витрат електроенергії на котельній.

Остаточним кроком є перевірка коректності роботи програми та її працездатність в цілому. Для цього необхідно запустити програму, командою, яка виконується у програмній середі NodeJS, використовуючи вхідний файл, вказаний при ініціалізації проекту, для запуску усього розрахунку.

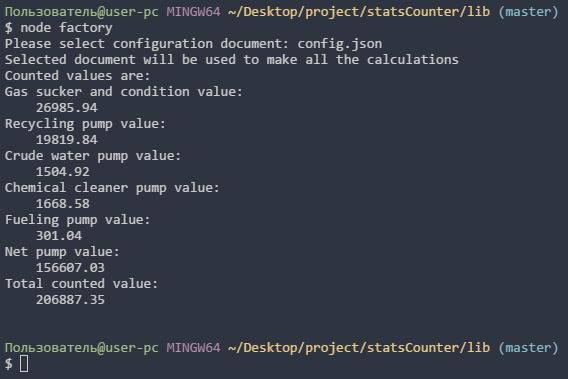


Рисунок РРР – Приклад виконання програмою побудованих алгоритмів

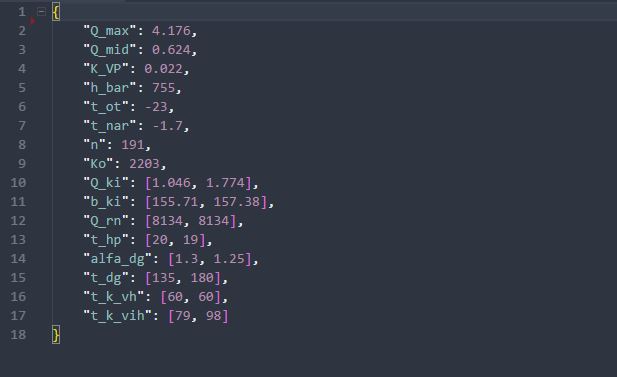


Рисунок РРР – Приклад документу вхідних даних

**2.5 Загальний алгоритм побудови електробалансів котельних на основі ймовірнісно-статистичного підходу із застосуванням методів програмування**

На рисунку 2.6 представлений загальний алгоритм побудови електробалансів котельних застосуванням ймовірнісно-статистичного підходу.

Застосування експертних методів для визначення найбільш ймовірного діапазону значень нечітких технічних параметрів і ймовірності появи окремих значень.

Визначення найбільш достовірного

( ймовірного) електробалансу

Імітаційне моделювання параметрів технологічного процесу (Монте-Карло)

Перевірка реальності побудови електробалансів

Побудова розрахункових моделей електроспоживання

Генерування можливих комбінацій значень технологічних параметрів

Рисунок 2.6– Загальний алгоритм побудови електробалансів котельних

На вході алгоритму присутні всі необхідні для розрахунку параметри технологічного процесу, в тому числі нечіткі дані, які будуть уточнюватися в процесі побудови балансу.

Алгоритм містить шість основних кроків, кожен з яких відіграє важливу роль у побудові електробалансів та виконується в конкретній послідовності.

На виході алгоритму отримуємо технічно та технологічно обґрунтований, достовірний баланс електроспоживання котельної, структура витратної частини якого є найбільш ймовірною [ААА].

**2.5.1 Методичні положення та алгоритм експертного опитування**

**2.5.1.1 Основні положення**

Першим етапом побудови електробалансів котельних з застосуванням ймовірнісно-статистичного підходу є проведення експертного опитування. З цією метою серед інженерно-технічних працівників, експлуатаційного персоналу визначається група спеціалістів, робота яких безпосередньо пов’язана з обладнанням, яке необхідно приймати до уваги при побудові відповідного електробалансу.

Головним завданням експертного опитування є встановлення інтервалів можливих значень кожного з нечітких вихідних параметрів, які у подальшому необхідно використовувати при побудові електробалансу, а також оцінка ймовірності знаходження окремих їх значень у відповідних інтервалах.

Перед тим, як приступити до опитування експертів необхідно попередньо визначити діапазони теоретично можливих числових значень нечітких технічних та технологічних параметрів, які будуть максимально близькими до реальних їх значень за конкретних умов виробництва. Встановити зазначені діапазони значень нечітких параметрів можна на підставі відповідної методичної та довідкової літератури, зокрема для котельних, - [15].

Опитування спеціалістів здійснюється за допомогою анкети, в якій наведено діапазони теоретично можливих значень всіх нечітких технологічних та інших виробничих параметрів, що розглядаються. Кожен з зазначених діапазонів значень нечітких вихідних параметрів має бути розділений на декілька інтервалів, на межі яких знаходяться можливі рівні числових значень наведених в анкеті нечітких показників.[AAA]

**2.5.1.2 Алгоритм обробки результатів опитування експертів**

Виконання обробки результатів опитування експертів може бути ускладнено кількістю вхідних параметрів, які необхідно використати при розрахунках та які мають нечіткий характер визначення. Алгоритм обробки отриманих результатів експертного опитування наведено на рисунку 2.222222

2. Розподілення даних за типом

1. Введення отриманих результатів

3. Приведення даних до виду:

значення / вірогідність

4. Формування бази даних пар значень

(ключ / значення)

**Рисунок 2.222222 Алгоритм обробки результатів експертного опитування**

**2.5.1.3 Програмна реалізація алгоритму**

Для спрощення процесу розрахунку, після проведення експертного опитування, необхідно ввести усі отримані дані, класифіковані за параметрами, які визначені для певної моделі. Після збереження оперативних даних, програма починає обробку цих даних. Згідно наведеній вірогідності виникнення різних значень, отримані дані зберігаються у базу даних у вигляді значення параметра та вірогідності його виникнення, що потім дає можливість користуватися цими даними доки не виникне потреба у додаванні окремого параметра, або у зміні діючого діапазону значень.

**2.5.2 Генерування можливих значень нечітких виробничих параметрів**

**2.5.2.1 Основні положення**

Коректне застосування для побудови балансів споживання електричної енергії методів математичної статистики та теорії ймовірності потребує наявності досить великої кількості статистичних даних про обсяги енергоспоживання, про числові значення технологічних та інших виробничих параметрів, які отримати на реальному підприємстві в умовах обмеженої кількості ресурсів і часу практично неможливо. Іншим, більш перспективним шляхом вирішення цієї задачі є використання псевдо реальних статистичних даних, отриманих на основі експертного опитування та використанні методів імітаційного моделювання.

Другим етапом побудови електробалансів котельних з використанням ймовірнісно-статистичного підходу є формування псевдо реальних статистичних даних про числові значення нечітких вихідних параметрів, необхідних для вирішення цієї задачі.

На основі побудованих за результатами експертного опитування полігонів частот можливої появи значень всіх нечітких технологічних та інших виробничих параметрів, що розглядаються, здійснюється генерування псевдо реальних значень цих параметрів.

Очевидно, що при формуванні вибірок таких псевдо реальних даних про величини відповідних нечітких параметрів необхідно враховувати визначені в ході експертного опитування суб’єктивні ймовірності, з якими реальні середні величини цих параметрів можуть знаходитись в межах тих чи інших інтервалів можливих їх значень.

Тому в процесі генерування зазначених псевдо реальних даних з кожного інтервалу, в якому може знаходитись фактичне значення невизначеного вихідного параметру випадковим чином вибирається певна кількість псевдо реальних величин, пропорційна відповідній ймовірності їх появи.

Таким чином, результатом другого етапу побудови електробалансів котельних з використанням ймовірнісно-статистичного підходу є формування достатньо великих за обсягом вибірок псевдо реальних значень всіх нечітких виробничих параметрів, які у подальшому будуть використані для розрахунку нормативних витрат електричної енергії як окремими видами обладнання, так і на котельній в цілому.[AAA]

**2.5.2.2 Алгоритм генерування можливих значень нечітких виробничих параметрів**

Генерування можливих значень нечітких виробничих параметрів базується на діапазонах у яких ці значення можуть коливатися. Для створення імітаційної моделі виробничого процесу із визначеним значенням, необхідно згенерувати необхідні значення для проведення розрахунків. Алгоритм генерування значень нечітких виробничих параметрів наведено на рисунку 999999999

3.

1.

4.

2.

Рисунок 99999999 - Алгоритм генерування **можливих значень нечітких виробничих параметрів**

Алгоритм складається з наступних пунктів:

1. Перевірка кількості згенерованих значень
2. Якщо не всі значення згенеровані, виконується процес створення значення за умови існуючого діапазону.
3. Коли усі значення отримані, виконується перевірка на існування схожої моделі у попередніх розрахунках, якщо така модель буда знайдена, повторюються кроки 1 та 2.
4. Якщо модель відповідає усім поставленим вимогам, загальний алгоритм виконання розрахунку продовжується.

**2.5.2.3 Програмна реалізація алгоритму**

З точки зору програмного процесу, реалізація вказаного алгоритму складається з декількох частин. По-перше, обираються потрібні значення, згідно з необхідним для розрахунку виробничим параметром. Далі, відбувається генерування псевдо-випадкового значення виробничого параметра. Останнім кроком йде перевірка, якщо створена модель не має повторень при попередніх ітераціях, виконується наступний крок загального алгоритму програми, у іншому випадку, генеруються нові значення.

**2.5.3 Комбінування та побудова розрахункових моделей електроспоживання**

**2.5.3.1 Основні положення**

Третій етап представляє собою формування розрахункових моделей електроспоживання, тобто, деякої, відносно великої кількості псевдо-реальних балансів електроспоживання.

Процес формування розрахункової моделі складає з себе серію ітеративних методів. Для виконання даної процедури необхідна побудована раніше вибірка псевдо-реальних величин нечітких технологічних параметрів, на базі яких відбувається генерування можливих комбінацій числових значень

Комбінації створюються довільним чином, проте їх варіації не повторюються.

Загальна кількість таких комбінацій визначається за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.10) |

де *k –* кількість нечітких вихідних даних;

*n –* загальна кількість псевдо реальних значень всіх нечітких технологічних параметрів.

Кожна з одержаних таким чином комбінацій нечітких виробничих параметрів являє собою окремий набір чітко визначених вихідних даних, за якими може бути побудована одна з можливих розрахункових моделей електроспоживання котельної.

Кожна модель, одержана з використанням зазначених алгоритмів являє собою один з можливих варіантів витратної частини балансу споживання електроенергії, для кожного з яких має бути визначено відповідний загальний обсяг витрати електричної енергії на котельній *(W).* Приклад таблиці результатів визначення загального обсягу електроспоживання котельної за окремими розрахунковими моделями, які відповідають певним комбінаціям значень нечітких вихідних параметрів, представлено у вигляді таблиці 2.3.

Кожному з вибіркових значень будь-якого з нечітких виробничих показників відповідає певна, визначена експертним шляхом ймовірність їх появи. Спираючись на ці «індивідуальні» ймовірності появи окремих величин нечітких вихідних параметрів може бути розрахована «сумарна» ймовірність появи кожної з можливих комбінацій значень всіх виробничих параметрів. Результати розрахунку зазначеної «сумарної» ймовірності для окремих комбінацій значень нечітких виробничих параметрів також записуються в таблицю, приклад якої наведено у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № комбінації | W, кВт∙год | P |
| 1 | W1 | P1 |
| 2 | W2 | P2 |
| 3 | W3 | P3 |
| … | … | … |
| n | Wn | Pn |

**2.5.3.2 Алгоритм побудови розрахункових моделей електроспоживання**

Після отримання необхідних для розрахунків даних, потрібно виконати послідовність дій, що приведе до отримання кінцевого значення витратної частини електричного балансу підприємства, використовуючи отриману модель.

3.

1.

2.

Рисунок 444444 – Алгоритм **побудови розрахункових моделей електроспоживання**

Алгоритм виконується у наступній послідовності:

1. Виконується перевірка, чи всі дані були задіяні
2. Якщо ні, то виконуються розрахунки, відповідні до значення, яке використовується при розрахунках на даному етапі ітерації
3. Якщо усі розрахунки закінчились, використовується значення, отримане при розрахунку даної моделі споживання електроенергії

**2.5.3.3 Програмна реалізація алгоритму**

У програмній реалізації даного етапу алгоритму, виконується розрахунок кожного окремого модуля, який відповідає кожному окремому згенерованому значенню отриманої моделі. Так при отриманні програмою параметру, відповідного до розрахунку рециркуляційного насосу, програма використає модуль, який відповідає цьому параметру та збереже отримане значення для подальшої реалізації алгоритму.

**2.5.4 Перевірка правдоподібності побудови розрахункових моделей та визначення найбільш ймовірного електробалансу котельної**

**2.5.4.1 Основні положення**

Кожен з одержаних варіантів електробалансу котельної необхідно перевірити з точки зору його правдоподібності. З цією метою загальний розрахунковий обсяг споживання електроенергії на котельній, який відповідає тому чи іншому варіанту її електробалансу, порівнюється з фактичними даними обліку витрат електроенергії на котельній за відповідний період і перевіряється, чи знаходиться різниця між цими величинами у межах певної, заздалегідь прийнятої припустимої похибки. Наприклад, якщо припустима похибка приймається рівною 5%, то загальний розрахунковий обсяг споживання електроенергії на котельній *W* повинен знаходитись в наступних межах :

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.11) |

де *Wл*− фактичні дані обліку витрат електроенергії, кВт.

Якщо умова не виконується, то одержаний варіант електробалансу котельної не приймається тому що є неправдоподібним. Якщо ж зазначена умова виконується, то можна вважати, що побудований варіант електробалансу є правдоподібним і може використовуватись для подальшого аналізу.

Отже, результатом виконання кожної ітерації процедури формування розрахункових моделей споживання електричної енергії на котельній є один із можливих і правдоподібних варіантів витратної частини її електробалансу. Кожен з таких варіантів розрахункового електробалансу відповідає конкретній комбінації можливих значень нечітких виробничих параметрів

Наведена процедура побудови розрахункових моделей електроспоживання повторюється, починаючи з генерування нових можливих комбінацій числових значень нечітких виробничих параметрів, і продовжується, доки не буде отримана необхідна, достатньо велика кількість правдоподібних варіантів балансів споживання електроенергії на котельній.

Таким чином, останнім етапом застосування ймовірнісно-статистичного підходу до побудови балансів споживання електричної енергії на котельних є порівняння всіх одержаних на попередньому етапі правдоподібних варіантів цих електробалансів за величиною «сумарної» ймовірності появи кожного з них. При цьому найбільш достовірним слід вважати той варіант витратної частини балансу споживання електроенергії, ймовірність появи якого є найбільшою.

**2.5.4.2 Алгоритм перевірки правдоподібності побудови розрахункових моделей**

Останнім етапом розрахунку є перевірка правдоподібності побудованої моделі. На цьому етапі необхідне використання значення, яке буде виконувати порівняльний характер. Алгоритм складається з наступних етапів:

1. Порівняння значення із зазначеними межами
2. Якщо значення пройшло перевірку, воно записується до бази даних для подальшого аналізу
3. Якщо значення не входить до можливого діапазону, воно ігнорується і видаляється
4. Після проведення усіх перевірок обирається найбільш ймовірне значення за серед усіх збережених до бази даних

1.

3.

2.

3.

Рисунок 222222222 Алгоритм перевірки правдоподібності побудови розрахункових моделей

**2.5.4.3 Програмна реалізація алгоритму**

При програмній обробці отриманої моделі, об’єкту необхідне додаткове введення значення споживання об’єктом електроенергії для порівняння його із розрахованим і збереження результатів моделювання лише у тому випадку, якщо розраховане значення відповідає наведеним вище вимогам.

**2.6 Необхідність розробки та використання спеціального програмного продукту для проведення розрахунку витратної частини підприємства з використання ймовірнісно-статистичного методу**

Розрахунок з використанням ймовірнісно-статистичного методу потребує великої кількості розрахунків та використання певних алгоритмів, що може бути дуже складно у відтворенні та може потребувати додаткового обладнання або додаткових програмних продуктів для досягнення встановленої мети. При використанні певних програмних продуктів стає необхідним відтворення алгоритмів розрахунку та побудова математичної моделі розрахункового об’єкта. При проведенні розрахунків на достатньо великій кількості об’єктів стає очевидним той факт, що алгоритм виконання дій для відтворення розрахункової моделі повторюється, що не є доцільним для людини, яка виконує розрахунок, повторювати виконані ним дії кожного разу на підприємствах з однаковою структурою та способом розрахунку витратної частини балансу.

Можливим є спосіб відтворення однакових алгоритмів за допомогою конкретних комп’ютерних продуктів, проте, такі продукти не мають спеціалізованого призначення для подібного використання, не дуже зручні у подальшому використанні.

Ця робота має під собою мету запропонувати рішення, що полягає у створенні спеціального програмного продукту, який би повністю відповідав поставленим вимогам з точки зору достовірності розрахунку витратної частини підприємства, коректного використання наведених вище алгоритмів, таких як: метод розрахунку витратної частини балансу підприємства, наведений у нормативній документації з усіма корегуваннями та виправленнями та метод побудови електробалансів підприємства за допомогою ймовірнісно-статистичного методу.

Подібна програма повинна відтворювати запрограмовану модель підприємства, на якому вона використовується, спираючись на вхідні дані, які є підставою для розрахунків, отримання моделей та складання балансів.

Суттєво така програма повинна відрізнятися від використання спеціальних програмних продуктів тим, що вона має відповідати конкретним цілям розрахунку конкретним методом, буде доцільною у використанні при проведенні розрахунків, буде створена спираючись на нормативні документи, що можна буде використовувати для більш вірогідної та достовірної оцінки результатів.

Програмний продукт, розроблений на використання у конкретних умовах може бути використаний необхідну кількість разів, не втрачаючи час на перебудову моделі виробничого об’єкту, а досягати однаково якісного результату, змінюючи вхідні дані.

При детальному розгляданні наведеного вище алгоритму розрахунку, стає очевидним той факт, що при збільшенні розрахункових параметрів, відповідна кількість ітерацій, необхідних для отримання бажаного результату зростає експоненціально, що робить майже неможливим своєчасний контроль та моніторинг витратної частини балансу електричної енергії. Проте, програмний продукт, створений та розроблений для цих потреб здатен полегшити дану задачу, звести усі необхідні розрахунки до мінімуму та має потенціал використання у системах автоматизації моніторингу витратної частини балансу підприємства для покращення енерговикористання підприємства.

**2.7 Створення алгоритму програмного продукту для розрахунку витратної частини балансу електричної енергії на виробничому об’єкті**

При розробці та використанні програмного продукту будемо спиратися на розрахунок витратної частини балансу котельної, як приклад використання існуючого алгоритму розрахунку з використанням методології наведеної у Порядку та ймовірнісно-статистичного методу, для отримання найбільш повних та достовірних результатів.

Розробка програмного продукту завжди базується на певному алгоритмі, який відображає логіку та структуру продукту та найбільш детально розкриває суть розрахунків.

Алгоритм даної програми складається з декількох етапів, які певною мірою пов’язані між собою та потребують ітеративного повторення, що в свою чергу потребує певної кількості програмних ресурсів, тому що значною мірою кількість операцій, необхідна для проведення розрахунків залежить від продуктивності комп’ютерної машини, яка може бути задіяна.

Виконання алгоритму програмою зводиться до ітеративного виконання розрахунку наведеного у Порядку з наведеними вдосконаленнями для знаходження шуканого значення споживання електричної енергії розробленою моделлю. Після цього, виконання приведених вище дій повторюється, проте при нових змодельованих даних, що ілюструє псевдо-реальну унікальну ситуацію, яка розглядається на окремому об’єкті. Така кількість ітерацій повторюється необхідну кількість разів, яка залежить від кількості обраних параметрів та, відповідно, кількості комбінацій, які можна скласти з ними. Після проведення усіх ітерацій ми отримуємо певну вибірку з отриманих значень споживання електричної енергії, які були отримані певними моделями об’єктів з ймовірнісно-випадковими значеннями нечітких виробничих параметрів, взятих на основі вибірки даних експертного оцінювання. Також ми отримуємо вірогідність випадання найбільш достовірних значень розрахованих можливих значень витратної частини електричного балансу, на основі яких ми можемо визначити найбільш вірогідну подію, яка відповідає найбільш вірогідному значенню витрати електричної енергії на об’єкті який розглядається.

**2.7.1 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії тяго-дуттьовим обладнанням**

Кожна котельна установка продуктивністю вище ніж 1,5 Гкал/год обладнана індивідуальним тяго–дуттьовим обладнанням з регулюванням продуктивності направляючими апаратами та дроселюванням шиберами.

Споживана електродвигуном димососу або дуттьового вентилятора потужність розраховується за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.12) |

де *k*– коефіцієнт запасу (для димососів – 1,2;для вентиляторів – 1,1);

*V*– середня за розрахунковий період продуктивність тяго–дуттьового обладнання, м3/год.;

*Нр*– повний тиск, який створює тяго–дуттьове обладнання при середній за розрахунковий період продуктивності,кг/м2;

*ηн*– експлуатаційний коефіцієнт корисної дії на валу нагнітача (димососа або вентилятора);

*ηм–* коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати у підшипниках;

*ηе–* коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Середня продуктивність тяго–дуттьового обладнання визначається за наступними формулами.

Середня продуктивність вентилятора розраховується по формулі, м3/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.13) |

Середня продуктивність димососа розраховується по формулі,м3/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.14) |

де *bk.i*– норма питомої витрати палива на виробництво теплової енергії для і–го котла при плановому навантаженні, кг у.п./Гкал (приймається за режимними картами або розраховується згідно КТМ 204 України 246–99 "Галузева методика нормування витрат палива на виробництво та відпуск теплової енергії котельнями теплового господарства"[16]);

*Qki*– плановий обсяг виробництва теплової енергії котлом за розрахунковий період, Гкал;

*αх.п*– коефіцієнт надлишку повітря в топці;

*αд.г*. – коефіцієнт надлишку повітря в димових газах (середні значення цих коефіцієнтів визначаються згідно відповідних таблиць Порядку);

*kе*– тепловий еквівалент перерахування натурального палива в умовне визначається за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.15) |

де *Qр.н.*– нижча теплота згорання робочого складу палива, ккал/кг;

*V1*– теоретичний питомий об'єм повітря, необхідного для згорання розрахункової одиниці натурального палива, нкуб.м/кг;

*V2*– теоретичний питомий об'єм димових газів, що утворюються при згоранні розрахункової одиниці натурального палива, нкуб.м/кг;

*Т*– тривалість роботи тяго–дуттьового обладнання протягом розрахункового періоду, год;

*tх.п*. – температура "холодного" повітря,°С;

*tд.г*. – температура димових газів, °С.

Повний розрахунковий тиск нагнітача для певного режиму роботи котла визначається за даними аеродинамічних розрахунків або випробувань котельного агрегату.

Експлуатаційний коефіцієнт корисної дії на валу нагнітача визначається за паспортною аеродинамічною характеристикою тяго–дуттьового обладнання для розрахованої продуктивності та для розрахункового тиску, приведеного до "паспортних" умов складання характеристики. Приведений тиск визначається за формулою, кг/ м2:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.16) |

де *Kρ*– коефіцієнт приведення, який розраховується за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.15) |

де *tр*– розрахункова температура повітря або димових газів, °C;

*tпасп.*– температура, за якої складена паспортна характеристик анагнітача, °C;

*ρ0*– густина димових газів або повітря за "нормальних" умов, кг/нкуб.м.

За відсутності аеродинамічних характеристик обладнання споживана потужність електродвигуна тяго–дуттьового обладнання (за наявності направляючого апарата) може бути визначена як частка від номінальної потужності з урахуванням експлуатаційних коефіцієнтів корисної дії за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.17) |

де *Рпасп.ном*. – номінальна паспортна потужність нагнітача, кВт, яка розраховується за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.18) |

де *Нпасп.ном*– паспортний номінальний тиск нагнітача,кгс/кв.м;

*Vпасп.ном* – паспортна номінальна продуктивність нагнітача, куб.м/год;

*ηпасп.ном*– паспортний номінальний коефіцієнт корисної дії нагнітача;

*Kексп*– експлуатаційний коефіцієнт, який визначається залежно від відношення розрахункової продуктивності нагнітача до номінальної. Експлуатаційний коефіцієнт визначається згідно відповідної таблиці Порядку.

Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії тяго-дуттьовим обладнанням котельної можна представити у вигляді блок-схеми, яка зображена на рисунку 2.1.

Згідно наведеного алгоритму розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Програма отримує дані, необхідні для розрахунку, згідно моделей обладнання, яке використовується з бази даних.
2. Згідно з кількістю експлуатаційних об’єктів, генерується відповідна кількість програмних об’єктів, які використовуються для подальших розрахунків
3. Виконується розрахунок продуктивності обладнання *(Vд,Vв)* за формулами (2.13-2.14) та усі допоміжні розрахунки для знаходження значень продуктивності обладнання.
4. Отримання згенерованих даних обладнання *(V, Н, ɳ*Розрахунок паспортної номінальної потужності обладнання *(Рпасп.ном)* здійснюється за формулою (2.18).
5. За формулою (2.17) виконується розрахунок середньої електричної потужності димососа/вентилятора.
6. Виконується визначення нормативної витрати електроенергії *(W)* усіма створеними програмою обладнаннями даного типу

Вихідні дані

2.

1.

3.Vд,Vв

4.V, Н, ɳ

5.Рпасп.ном

6.Р

7.W

Рисунок 2.1−Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії тяго-дуттьовим обладнанням котельної.

**2.7.2 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами**

Обсяг споживання електроенергії двигуном насоса будь-якого призначення визначається за загальною формулою (2.3).

Середня потужність, що споживається електродвигуном насоса визначається за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.19) |

де *G*– середня продуктивність насоса, т/год;

*H*– повний тиск насоса за гідравлічною характеристикою для даної продуктивності, м в.ст;

*ηн*– ККД на валу насоса (визначається за гідравлічною паспортною або експлуатаційною характеристикою);

*ηе*– ККД електродвигуна;

*ηм*– коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати в підшипниках.

ККД у режимах, близьких до номінальних, визначений за паспортною характеристикою, коригується за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
| *ηн = ηпасп. – ηкр. – ηнапр**.,* | (2.20) |

де *ηпасп.* – паспортний ККД насоса, %;

*ηкр*– критичне значення ККД насоса, %;

*ηнапр.*– зниження ККД внаслідок тривалої експлуатації, %.Визначається за відповідним графіком.

Необхідна кількість капремонтів визначається залежно від терміну напрацювання насоса за рік:

8000 год/рік – міжремонтний термін 2 роки;

5000 год/рік – міжремонтний термін 3 роки;

4000 год/рік – міжремонтний термін 4 роки.

Для електродвигуна, обладнаного частотним регулятором, враховується ККД регулятора та втрати електроенергії при зміні частоти струму за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.21) |

де *G1*– продуктивність в мережі при зміненому навантаженні мережі, т/год;

*H1* – тиск в мережі при зміненому навантаженні мережі, м в.ст;

*ηн*– номінальний ККД насоса;

*ηе*– номінальний ККД двигуна.

**2.7.2.1 Алгоритм розрахунку нормативних витрат енергії рециркуляційними насосами**

Витрата електроенергії рециркуляційним насосом розраховується за формулами (2.3) та (2.19).

Середня загальна продуктивність рециркуляційних насосів котельної визначається за формулою, т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.22) |

Де *Gм*– витрата мережевої води, т/год.;

*tк.min* – мінімальна допустима температура води на вході в сталевий котел за умови недопущення корозії, °С;

*τ1, τ2*– середня за розрахунковий період роботи котлатемпература відповідно в подавальному та зворотному трубопроводах теплової мережі, °С;

*t к*– температура води на виході з котла, °С.

Середнє теплове навантаження на опалення розраховується по формулі, Гкал/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.23) |

де  – середнє теплове навантаження котельні, Гкал/год;

 – середнє теплове навантаження на ГВП, Гкал/год;

 – нормативні витрати тепла на власні потреби котельні;

Тиск та ККД насоса визначаються за гідравлічною характеристикою відповідно до продуктивності.

При відсутності гідравлічної характеристики насоса величина тиску орієнтовно становить 15 – 25 м в.ст. – для котлів продуктивністю до 10 Гкал/год і 25– 35 м в.ст.– для котлів продуктивністю від 10 до 50 Гкал/год.

На рисунку 2.2 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії рециркуляційними насосами у вигляді блок-схеми.

Вихідні дані

1.

2.

3.

4.

5.

6.Нр, ɳн

7

ні

так

8.

9.Рi

12.Wсум

11. Pдв

10.ɳдв

Рисунок 2.2− Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії рециркуляційними насосами

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Виконується генерування необхідних значень відповідно до кількості робочих рециркуляційних насосів та відповідного обладнання
2. Величина середньої за розрахунковий період роботи котла температури в подавальному трубопроводі теплової мережі розраховується по наступній формулі, °С:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.24) |

1. Розрахунок витрати мережевої води для котельної.
2. Розподіл витрат мережевої води між котлами визначається по формулі, т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.25) |

1. Розрахунок продуктивності рециркуляційного насоса *(Gрец)* кожного з котлів здійснюється за формулою (2.22).
2. Отримання згенерованих даних обладнання*(V, Н, ɳ).*
3. Виконується перевірка ступеню наближення режиму роботи насоса до номінального.
4. Коригування експлуатаційного ККД насосів.
5. Розрахунок середньої електричної потужності насосів*(Pi).*
6. Величина ККД електродвигуна насоса знаходиться зі співвідношенні:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.26) |

1. Розрахунок середньої потужності, що споживається електродвигуном кожного насосу виконується по наступній формулі, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.27) |

1. Загальні нормативні витрати електричної енергії рециркуляційними насосами визначаються, як сума нормативних витрат електроенергії кожним рециркуляційним насосом *(Wсум)*.

**2.7.2.2 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами сирої води**

Нормативні витрати електроенергії для насосів сирої води визначаються за формулами (2.3) та (2.19).

Для розрахункової продуктивності за гідравлічною характеристикою визначаються загальний тиск та ККД насоса.

Величину тиску насоса приймають в межах 25–30 м в.ст. (що в даному випадку являє собою нечітко задану величину, яка має бути згенерована при наступній фазі алгоритму), ККД насоса приймається рівним 0,7.

Середня продуктивність насоса сирої води для котелень зі сталевими водогрійними котлами визначається за наступною формулою,т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
| *Gс.в. = 1,2(Gпідж + k Gт.м)**,* | (2.28) |

де *1,2* – коефіцієнт, який враховує втрати води на технічні потреби ХВО;

*Gт.м* – витрати мережевої води, т/год;

*k* – коефіцієнт, який враховує втрати сирої води на внутрішні потреби, k=1– 2%.

Середня продуктивність підживлення рівна:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.29) |

де  – коефіцієнт, що визначає втрати води в тепловій мережі;

 – загальний об’єм трубопроводів зовнішньої та внутрішньої мережі теплопостачання, м3;

 – густина води при середній температурі у прямому та зворотному трубопроводах,т/м3.

На рисунку 2.3 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами сирої води у вигляді блок-схеми.

1.

Вихідні дані

2.

3.Нр, ɳн

4.

5.

6.Рсер

9.W

8. Рдв

7.ɳдв

Рисунок 2.3 − Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосом сирої води

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Отримання необхідних значень з бази даних та значення витрати мережевої води після закінчення розрахунку рециркуляційним насосом.
2. Розрахунок продуктивності насоса *(Gс.в)* виконується за формулою (2.28).
3. Отримання згенерованих даних обладнання*(V, Н, ɳ).*
4. Виконується перевірка ступеню наближення режиму роботи насоса до номінального.
5. Коригування ККД насосу.
6. Визначення середньої потужності, що споживається насосом *(Р).*
7. Розрахунок ККД електродвигуна*(ɳдв)* насоса виконується по формулі (2.26).
8. Розрахунок середньої потужності, що споживається електродвигуном *(Рдв)* насоса виконується по формулі (2.27).
9. Розрахунок нормативних витрат електроенергії насосом сирої води*(W)*.

**2.7.2.3 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електричної енергії для підживлюючих насосів**

Нормативні витрати електроенергії для підживлюючи насосів визначаються за формулами (2.3) та (2.19).

Витрата води на підживлення мережі за опалювальний сезон розраховується по формулі, т/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.30) |

де  – тривалість опалювального сезону, год.

Тривалість роботи підживлюючого насоса розраховується по наступній формулі, год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.31) |

де ** – номінальна продуктивність насоса, т/год.

На рисунку 2.4 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії підживлюючими насосами у вигляді блок-схеми.

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Отримання необхідних значень з бази даних та значення витрати мережевої води після закінчення розрахунку рециркуляційним насосом та насосом сирої води.
2. Розрахунок необхідної кількості води () для підживлення мережі протягом сезону визначається по формулі(2.30).
3. Розрахунок тривалості безперервної роботи насосу *(Тсез)* протягом року визначається по формулі (2.31).
4. Отримання згенерованих даних обладнання*(Н, ɳ).*

6. Коригування ККД насосу.

7. Розрахунок середньої потужності, що споживається насосом *(Рн).*

8. Розрахунок ККД електродвигуна насоса *(ɳдв)* виконується по формулі (2.26).

9. Розрахунок середньої потужності, що споживається електродвигуном насоса *(Рдв)*виконується по формулі (2.27).

10. Розрахунок нормативних витрат електричної енергії *(W)* підживлюючим насосом.

Вихідні дані

1.

2.

3.

4.Нр, ɳн

6.

10.W

9.Рдв

8. ɳ дв

7.Рн

Рисунок 2.4 − Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії підживлюючими насосами

**2.7.2.4 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електричної енергії мережевими насосами**

Нормативні витрати електроенергії для мережевих насосів визначаються за формулами (2.3) та (2.18).

Середня продуктивність мережевих насосів розраховується по формулі, т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.32) |

де  – витрата мережевої води, т/год;

 – середня продуктивність підживлення теплової мережі, т/год.

Кількість мережевих насосів визначається наступним чином:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.33) |

Середня продуктивність одного мережевого насоса розраховується по формулі, т/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.34) |

На рисунку 2.5 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії мережевими насосами у вигляді блок-схеми.

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Отримання розрахункових значень з бази даних відповідного до визначеного обладнання, отримання розрахованих даних усіх наведених насосів.

2. Розрахунок загальної кількості *(N)* мережевих насосів визначається по формулі (2.33).

3. Розрахунок середньої продуктивності кожного мережевого насосу  виконується по формулі (2.42).

4. Розрахунок середньої продуктивності мережевих насосів визначається по формулі (2.32).

1. Отримання згенерованих даних обладнання*(Н, ɳ).*.

6. Перевірка ступеню наближення режиму роботи кожного насоса до номінального.

7. Коригування ККД.

8. Визначення середньої електричної потужності, що споживається кожним мережевим насосом *(Рі).*

9. Розрахунок ККД електродвигуна насоса *(ɳдв)*виконується по формулі (2.25).

10. Розрахунок потужності, що споживається електродвигуном мережевого насоса *(Рдв)* виконується по формулі (2.26).

11. Розрахунок нормативних витрат електричної енергії *(W)*насосами.

Вихідні дані

1.

2.

4.

3.

5.Нр, ɳн

7.

6.

8.Рі

11.W

10.Рдв

9.ɳдв

Рисунок 2.5 − Алгоритм розрахунку нормативних витрат електричної енергії мережевими насосами

**2.7.2.5 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами хімводообробки, іншими дрібними нагнітачами та допоміжним обладнанням котельних**

Для розрахунку споживання електроенергії насосами ХВО, іншими дрібними нагнітачами та допоміжним обладнанням котельних використовується формула, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.35) |

де *Pуст* – установлена потужність (паспортна) електроприймача, кВт;

*Kn* – коефіцієнт використання електричної потужності, визначається згідно за відповідною таблицею Порядку;

*Tm*– кількість годин використання максимуму потужності за даними експлуатаційних підрозділів підприємства, год;

*n*– кількість енергоприймачів.

**Висновки до розділу:**

1. Один із способів вдосконалення існуючої методики розрахунку витратної частини електричного балансу є використання алгоритму розрахунку, який базується на використанні ймовірнісно-статистичного методу для подолання недоліків, зв'язаних із наявністю нечітко визначених виробничих параметрів та підвищення точності отриманого кінцевого результату.
2. Виконання розрахунку витратної частини електричного балансу котельної можна звести до чітко структурованого алгоритму, який може бути використаний для побудови на його базі математичної моделі для імітування роботи котельної
3. Створення прототипу програмного продукту, який дозволить здійснювати розрахунок витратної частини електричного балансу спираючись на алгоритм розрахунку витрат електроенергії на котельній та побудований на цій базі алгоритм розрахунку ймовірнісно-статистичним методом дозволить скоротити час на імітування моделі котельної та підвищити точність розрахунків, виключаючи людський фактор.