

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему «Аналіз заходів зниження споживання енергоресурсів технологічним
обладнанням на металургійному виробництві»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1412-дн
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Касьянов Р.А.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Єрофєєва А.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент д.т.н., проф. Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко
« _____ » _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Касьянов Роман Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Аналіз заходів зниження споживання енергоресурсів технологічним обладнанням на металургійному виробництві»

керівник роботи Єрофєєва Аліна Анатоліївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 639 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 березня 2024 р.

3 Вихідні дані до роботи : загальна потужність вертикально-фрезерного верстату з хрестовим столом 654Ф3 21 кВт; потужність двигуна головного руху 15кВт; загальна потужність фрезерно-свердлильно-розточного верстату ФП17МН - 30 кВт; потужність двигуна головного руху 22 кВт, встановлена потужність системи внутрішнього освітлення цеху 31,8 кВт.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Характеристика об'єкта дослідження 2) Аналіз енергоспоживання підприємством. 3) Енергоаудит фрезерувального цеху підприємства. 4) Аналіз заходів зниження споживання електричної енергії технологічним обладнанням цеху.

Перелік графічного матеріалу 1)Аналіз помісячного споживання електричної енергії підприємством. 2) Аналіз споживання енергоресурсів обладнанням підприємства та цеху. 3) Схема розташування технологічного обладнання

4) Схема підключення мережі цеху. 5) Технічні характеристики існуючих металургійних верстатів у цеху фрезерування. 6) Технічні характеристики запропонованого високоефективного обладнання. 7) Діаграми потужності та моменту моторшпинделей. 8) Модернізація внутрішньоцехової системи освітлення фрезерувального цеху. 9) Результати впровадження запропонованих заходів. 10) Висновки.

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>ЕА</i>	<i>ЕА</i>
Розділ 2	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>ЕА</i>	<i>ЕА</i>
Розділ 3	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>ЕА</i>	<i>ЕА</i>
Розділ 4	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>ЕА</i>	<i>ЕА</i>

6 Дата видачі завдання 10.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта дослідження	09.10.2023	
2	Аналіз енергоспоживання підприємством	23.11.2023	
3	Енергоаудит фрезерувального цеху підприємства	24.12.2023	
4	Аналіз заходів зниження споживання електричної енергії технологічним обладнанням цеху	26.02.2024	

Студент *Діур*
(підпис)

Касьянов Р.А.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи *ЕА*
(підпис)

Єрофєєва А.А.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *Трес*
(підпис)

Башлій С.В.
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Р.А.Касьянов. Аналіз заходів зниження споживання енергоресурсів технологічним обладнанням на металургійному виробництві.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник А.А.Єрофєєва. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена рішенням проблеми розробки заходів зниження споживання енергоресурсів технологічним обладнанням на металургійному виробництві.

В результаті проведеного аналізу основного технологічного обладнання цеху підприємства визначено енерговитратні місця в роботі обладнання цеху і запропоновано технічні рішення, щодо зниження обсягів електроспоживання.

В якості основних технічних заходів щодо зменшення обсягів електроспоживання запропоновано заміну фрезерувальних верстатів на новітні енергоефективні оброблювальні центри з системою ЧПК-керування. Доцільність та ефективність запропонованих рішень зі скорочення обсягів споживання електричної енергії фрезерувальним цехом підтверджено відповідними техніко-економічними розрахунками.

Ключові слова: числове програмне керування, енергоресурси, технологічне обладнання, електроспоживання, фрезерувальний верстат, мотор-шпиндель, оброблювальний центр, електрична енергія.

ABSTRACT

R.A. Kasyanov. Analysis of measures to reduce the consumption of energy resources by technological equipment in metallurgical production.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree in the specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics, supervisor A.A. Yerofieieva. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2024.

The master's qualification work is devoted to solving the problem of developing measures to reduce the consumption of energy resources by technological equipment in metallurgical production.

As a result of the analysis of the main technological equipment of the company's shop, energy-consuming places in the operation of the shop's equipment were determined and technical solutions were proposed to reduce the amount of electricity consumption.

As the main technical measures to reduce electricity consumption, we propose replacing milling machines with the latest energy-efficient machining centers with a CNC control system. The feasibility and effectiveness of the proposed solutions to reduce electricity consumption by the milling shop is confirmed by the relevant technical and economic calculations.

Keywords: numerical control, energy resources, technological equipment, power consumption, milling machine, motor spindle, machining center, electric power.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні питання відповідності роботи енергетичній стратегії України до 2035 року.....	9
1.2 Історія підприємства АТ «Мотор Січ».....	12
1.3 Перелік галузевих та регіональних програм енергозбереження підприємством АТ «Мотор Січ».....	13
2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ	16
2.1 Аналіз споживання теплової енергії підприємством АТ «Мотор Січ»	16
2.2 Характеристика електричного живлення підприємства АТ «Мотор Січ	17
3 ЕНЕРГОАУДИТ ФРЕЗЕРУВАЛЬНОГО ЦЕХУ ПІДПРИЄМСТВА	22
3.1 Технологічна характеристика фрезерувального цеху підприємства	22
3.2 Характер споживання електричної енергії на потреби виробництва фрезерувальним цехом підприємства	39
4 АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ЗНИЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ ЦЕХУ	45
4.1 Загальні положення заходу щодо скорочення обсягів споживання електроенергії фрезерувальним цехом підприємства	45
4.2 Розрахунок річної економії витрат електроенергії запропонованим обладнанням у порівнянні з металообробними верстатами 654Ф3	46
4.3 Розрахунок річної економії витрат електроенергії запропонованим обладнанням у порівнянні з металообробними верстатами ФП 17 МН	54
4.4 Розрахунок економії споживання електроенергії після модернізації внутрішньої системи освітлення	62
4.5 Характеристика економічної доцільності заходів зі скорочення обсягів споживання електроенергії фрезерувальним цехом	63
ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68

ВСТУП

Актуальність роботи. Енергозбереження – це напрямок, а нині галузь, з ефективного використання енергії в різних сферах діяльності людини. Як свідчить міжнародний досвід, енергозбереження є не тільки визначальним, але й найбільш дешевим фактором задоволення потреб економіки будь-якої країни у різних видах первинних та вторинних енергоресурсів. Обумовлено це тим, що питомі капіталовкладення в енергозбереження являються набагато нижчими, ніж еквівалентне збільшення добутку палива та виробництво використовуваних у побуті та промисловості енергоносіїв.

З рівнем енергозбереження та його ефективності можна отримати уявлення про стан країни, її місце у світовій економіці. Розвинені країни світу вже давно приділяють увагу цьому актуальному питанню, постійно слідкують за енергоємністю виробництва та створюють відповідні механізми вирішення проблем енергоефективності.

Мета роботи - рішення проблеми розробки заходів зниження споживання енергоресурсів технологічним обладнанням на металургійному виробництві, збільшення обсягів виробництва та випуск нових модифікацій конкурентоспроможної продукції шляхом створення нового виробництва з впровадженням удосконаленого обладнання, яке забезпечує більш раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі задачі:

- аналіз об'єкта дослідження;
- аналіз споживання енергоресурсів підприємством;
- енергоаудит фрезерувального цеху підприємства;
- розрахунок річної економії витрат електроенергії запропонованим обладнанням у порівнянні з існуючими металообробними верстатами;

- розрахунок річної економії витрат електроенергії запропонованим обладнанням у порівнянні з металообробними верстатами ФП 17 МН;
- розрахунок економії споживання електроенергії після модернізації внутрішньої системи освітлення;
- характеристика економічної доцільності заходів зі скорочення обсягів споживання електроенергії фрезерувальним цехом.

Апробація роботи. Єрофєєва А. А., Касьянов Р. А. Підвищення енергетичної ефективності пічного обладнання промислового підприємства. МАТЕРІАЛИ ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ» Запоріжжя: ЗНУ, 2023. С. с. 45-47.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні питання відповідності роботи енергетичній стратегії України до 2035 року

Висока енергоємність ВВП в Україні є наслідком суттєвого технологічного відставання більшості галузей економіки від рівня розвинутих країн, незадовільної галузевої структури національної економіки, негативного впливу «тіньового» сектора, зокрема, імпортно-експортних операцій, що об'єктивно обмежує конкурентоспроможність національного виробництва та лягає важким тягарем на економіку – особливо за умов її зовнішньої енергетичної залежності [1].

На відміну від промислово розвинених країн, де енергозбереження є елементом економічної та екологічної доцільності, для України це питання виживання в ринкових умовах та входження в європейські та світові ринки.

Найбільшим споживачем електричної енергії серед галузей економіки України залишатиметься промисловість. На рисунку 1.2. показана структура споживання електричної енергії в Україні у натуральному вираженні у 2022 році.



Рисунок 1.1 – Структура споживання електричної енергії в Україні у натуральному вираженні у 2022 році

Як видно з діаграми, на промисловість приходить 41,1 % загально споживання електричної енергії.

Фактор енергозбереження є одним із визначальних для енергетичної стратегії України. Від його рівня залежить ефективне функціонування національної економіки [1]. Машинобудівна ж промисловість в Україні є стратегічно важливою галуззю для підтримки обороноздатності країни, її технологічного та інноваційного розвитку, долучення до глобальних ланцюгів створення продукції.

Технічний фактор відображає вплив технологічного стану та рівня устаткування та обладнання на обсяги споживання енергоресурсів при виробництві продукції (послуг).

Реалізація «Енергетичної стратегії України» [1] для умов базового сценарію розвитку економіки гарантує виконання завдань та вирішення проблем паливно-енергетичного комплексу головними з яких є:

– забезпечення в необхідних обсягах надійного та якісного постачання економіки та населення країни енергетичними продуктами, підвищення економічної ефективності та екологічної безпеки завдяки впровадженню новітніх технологій під час модернізації, реконструкції та нового будівництва енергооб'єктів;

– зниження енергоємності ВВП за рахунок структурного та технологічного енергозбереження (рисунок 1.2)

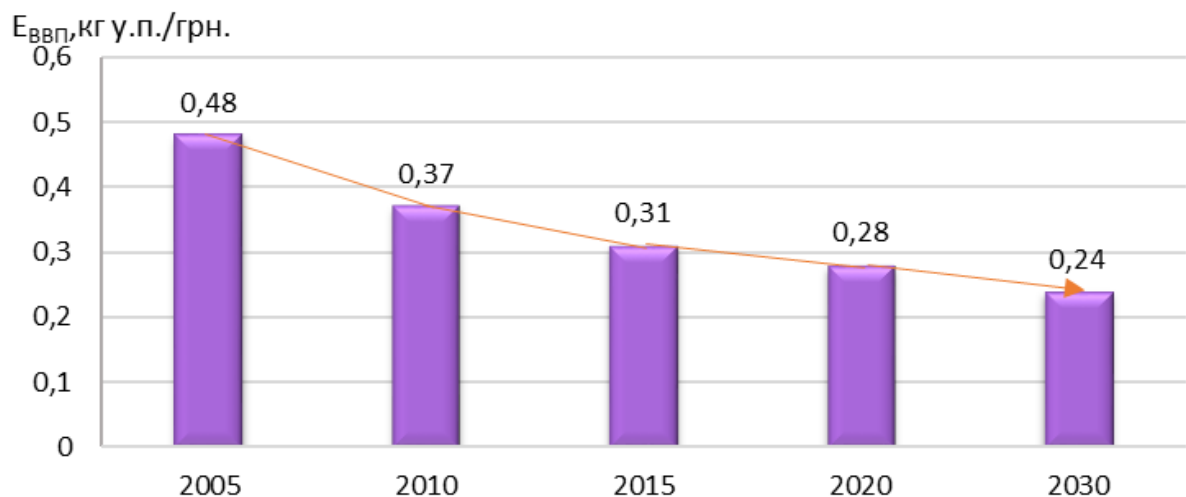


Рисунок 1.2 – Динаміка енергоємності ВВП України

Одним із найбільш ефективних та масштабних напрямів енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) фактора, що суттєво впливає на рівень енергоспоживання, є впровадження галузевого енергозбереження за такими основними напрямками:

- впровадження нових енергозберігаючих технологій та обладнання;
- удосконалення існуючих технологій та обладнання.

В таблиці 1.1 та рисунку 1.3 представлена динаміка економічно доцільного енергозбереження.

Таблиця 1.1 – Потенціали галузевого економічно доцільного енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) фактора в машинобудуванні

Назва	Одиниці виміру	Рік			
		2010	2015	2020	2030
Паливо	млн. т у.п.	0,4	0,7	1,1	1,9
Електроенергія	млрд кВт·год	0,9	2,1	2,0	4,9
Теплоенергія	млн. Гкал	1,6	3,8	5,2	12,0

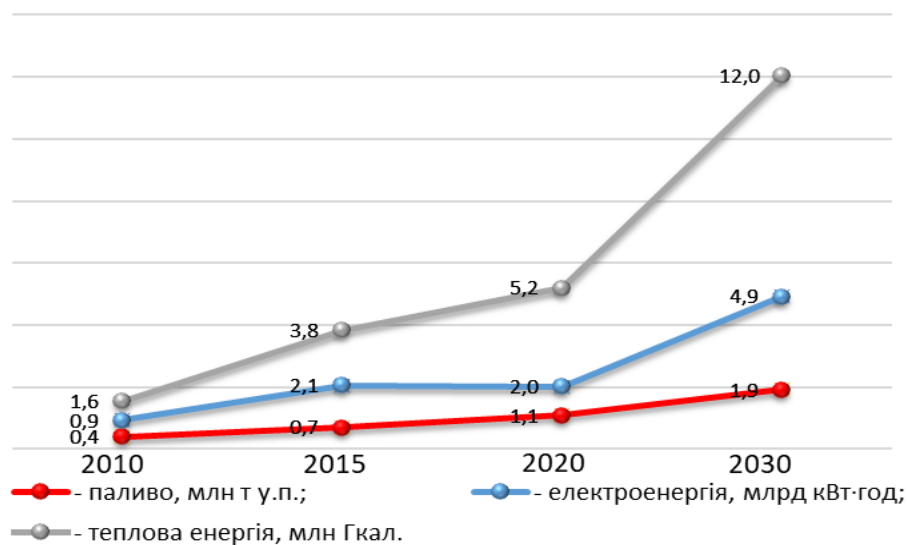


Рисунок 1.3 – Динаміка галузевого економічно доцільного енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) фактора в машинобудуванні

Керуючись загальнодержавними стратегічними напрямками енергозбереження розроблено інвестиційну програму створення нового виробництва з використанням енергозберігаючих (енергоефективних) технологій.

Метою роботи є збільшення обсягів виробництва та випуск нових модифікацій конкурентоспроможної продукції шляхом створення нового виробництва з впровадженням удосконаленого обладнання, яке забезпечує більш раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів.

1.2 Історія підприємства АТ «Мотор Січ»

Випуск у листопаді 1916 року першого зразка вертикального однорядного шестициліндрового двигуна з водяним охолодженням «Дека» М-100 є початком історії Запорізького машинобудівного заводу.

До 1930 року в серійному виробництві освоєний зіркоподібний дев'ятициліндровий двигун повітряного охолодження М-22 потужністю 570 к.с., виробництво якого тривало до 1935 року. Було виготовлено більше 8000 двигунів, які встановлювалися на 25-ти типах літаків військової та цивільної авіації.

У кінці 1947 року завод розпочав підготовку до виробництва семициліндрового АІ-26ГР. Злітна потужність 500 к.с. Двигун АІ-26ГР встановлювався на гвинтокрили.

1950-1960 р.р. – початок ери газотурбінних двигунів. В 1953 році запущений у виробництво двигун РД-45Ф з тягою 2270 кг/с. Виробництво двигуна тривало до 1958 року.

В 1961 році завод приступив до серійного виробництва ТВД АІ-24. Злітна потужність двигуна 2400 к.с. Результатом його модифікації став АІ-24ВТ зі злітною потужністю 2820 к.с. та АІ-24Т потужністю 2550 к.с.

В 1967 році завод почав освоювати серійне виробництво двоконтурного двигуна AI-25 з тягою 1500 кг/с., якому притаманні переваги турбогвинтових та турбореактивних двигунів.

В 1997 році розпочате виробництво модифікації AI-25ТЛК для літака УТС ДО-85 HOUNDU (Китай).

У цей час створена модифікація AI-25ТЛШ, що має збільшену до 1850 кг/с тягу, у два рази зменшений час приємності та поліпшені експлуатаційні характеристики, що значно підвищує безпеку виконання навчальних та бойових польотів, особливо на малих висотах, дозволяє продовжити ефективну експлуатацію літаків L-39 ще на 10 - 15 років.

На даний час АТ «МОТОР СІЧ» займається виробництвом багатьох модифікацій двигунів різного призначення та товарів народного споживання для використання їх на внутрішньому ринку виробництва, а також займається експортом власної продукції [10].

1.3 Перелік галузевих та регіональних програм енергозбереження підприємством АТ «Мотор Січ»

Стратегія розвитку вітчизняної авіаційної промисловості визначає кроки зі створення конкурентоспроможного на глобальному рівні комплексу українського авіабудування [10].

Авіаційне машинобудування в Україні, як і в усьому світі, належить до матеріало - та енергоємних виробництв.

Основою проведення енергозберігаючої політики в нашій країні є «Комплексна державна програма енергозбереження України (КДПЕ)». Стратегічна мета програми – виведення України з енергетичної та економічної кризи та вихід на рівень передових країн в енергоспоживанні.

Технологічне перебудування економіки країни передбачає вивід з роботи морально застарілого та фізично зношеного обладнання, припинення випуску енергетично неефективної продукції та впровадження новітніх технологій, обладнання, облікових пристроїв та систем.

Основні напрямки [10]:

- впровадження нових енергозберігаючих технологій;
- впровадження новітнього енергоекономічного обладнання;
- вдосконалення обладнання, що використовує електроенергію;
- підвищення якості продукції, вдосконалення сировини та матеріалів;
- заміна та вибір більш ефективних енергоносіїв;
- зменшення витрат сировини та матеріалів;
- скорочення витрат енергоресурсів.

Результатом реалізації програми стане підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів, скорочення питомих витрат енергоресурсів без обмеження населення та промислових підприємств. Виконання заходів програми передбачає суттєвий позитивний соціальний ефект, створює умови для покращення економічних показників діяльності підприємств та енергоємних галузей, збільшить надійність їх енергозабезпечення, зниження собівартості продукції.

Впровадження новітніх технологій з одночасним вдосконаленням організації технологічних процесів спрямовано на посилення ефективного використання енергетичних ресурсів, що сприяє покращенню використання енергоресурсів та оптимізації енергетичних потоків, подолання енергоємності виробництва продукції, що прогресує.

Підприємство впроваджує проєкт [10], спрямований на створення нового виробництва двигунів, метою якого є досягнення синергетичного ефекту за рахунок:

- зниження споживання електроенергії в основному виробництві;

– збільшення обсягів продаж за рахунок підвищення конкурентоздатності продукції.

У даній кваліфікаційній роботі передбачається модернізація технологічного обладнання металургійного виробництва, з використанням передових інноваційних технологій. При цьому досягається енергоефективність виробництва, що відповідає державній політиці енергозбереження.

2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

2.1 Аналіз споживання теплової енергії підприємством АТ «Мотор Січ»

АТ «Мотор Січ» здійснює тепlopостачання промислової площадки заводу та абонентів комунально-побутової, господарчо-розрахункової та бюджетної груп. Джерелом теплової енергії являється котельня №2 підприємства: система тепlopостачання – відкрита; теплоносій – вода з температурою згідно з температурним графіком водяної системи тепlopостачання, а саме 110/70°C [10].

Споживачі теплової енергії поділені на три категорії:

- а) населення;
- б) бюджетні організації;
- в) інші споживачі (виробництво, господарчо-розрахункові, відомчі).

Теплові мережі підприємства виконано як в надземній, так і в підземній прокладці в непрохідних каналах та тунелях.

Загальний об'єм теплової мережі магістральних, розподільчих та внутрішньодомових систем промайданчика та при заводських жилих масивів складає 5600 м³.

В зимовий період загальний об'єм магістральних трубопроводів промайданчика та при заводських жилих масивів складає 3778,1 м³.

В літній період гаряча вода подається по зворотному трубопроводу, загальний об'єм зворотного трубопроводу складає 1805,5 м³.

Загальна встановлена потужність котельні – 209,4 Гкал/год, з яких:

- а) парова частина – 59,4 Гкал/год;
- б) водогрійна частина – 150 Гкал/год.

Загальне приєднане розрахункове навантаження – 143,6 Гкал/год, в тому числі по категорії споживачів населення – 42,138 Гкал/год .

В таблиці 2.1 наведено розподіл споживання теплової енергії цехом фрезерування на потреби ГВП за напрямками споживання [10].

Таблиця 2.1 – Розподіл споживання теплової енергії на ГВП фрезерувальним цехом за типом споживача

Тип споживача	Одиниці виміру	Робітники, осіб	Службовці, осіб	Душові сітки, од.	Вологе прибирання, м ²	Всього
Чисельність	-	100	49	14	6027,5	-
Норма витрат на добу	л/добу	11	7	270	0,2	288,2
Планова споживата тепла енергія	Гкал	1,2	0,4	4,3	1,4	7,3
Теплова навантаження ГВП	Гкал/год	0,00371974	0,00115988	0,01278239	0,0040765	0,0217

2.2 Характеристика електричного живлення підприємства АТ «Мотор Січ»

Електропостачання підприємства АТ «Мотор Січ» здійснюється від підстанції №43 ВАТ «Запоріжжяобленерго» 28 фідерами. Напруга живлячих ліній 6 кВ. Споживачі підприємства належать до I, II та III категорій за надійністю електропостачання [10].

Енергетична система заводу обслуговується трансформаторними підстанціями з трансформаторами потужністю 160/4000 кВА загальною кількістю 146 одиниць.

Компенсація реактивної потужності здійснюється компенсуючими пристроями загальною потужністю 47 024 кВАр:

– автоматичним регулюванням:

1) до 1 кВ – 30 879 кВАр,

2) понад 1 кВ – 5 812 кВАр;

– з ручним регулюванням:

1) до 1 кВ – 1 200 кВАр;

2) понад 1 кВ – 9 133 кВАр.

Комерційний облік здійснюється лічильниками:

– активної електроенергії типу: САЗУ ЦЕ 6805В (28 од.) (рисунок 2.1).

Технічні характеристики:

– вимірювання та облік в двох напрямках;

– клас точності: 0,5S;

– номінальна фазна (лінійна) напруга: 57,7 (100) В; 220 (380) В;

– номінальний струм: 1А; 5А;

– телеметричний канал.



Рисунок 2.1 – Лічильник електроенергії трифазний ЦЕ 6805

– реактивної електроенергії лічильниками типу: ЦЕ 6811 (28 од.) (рисунок 2.2).

Технічні характеристики:

– вимірювання та облік в одному або двох напрямках;

– клас точності: 1,0;

– номінальна фазна (лінійна) напруга: 57,7 (100) В; 127 (220) В; 220 (380) В;

– номінальний струм: 1А; 5А;

– телеметричний канал.



Рисунок 2.2 – Лічильник електроенергії трифазний ЦЕ 6811

Технологічний облік здійснюється лічильниками:

– активної електроенергії типів:

- 1) СА4У-И672 (368 од.);
- 2) СА3У-И672 (123 од.) (рисунок 2.3);

Технічні характеристики:

- клас точності: 2,0;
- номінальна напруга: 380 В;
- номінальний струм та максимальний струми: 5 (10) А.



Рисунок 2.3 – Лічильник електроенергії СА4(3)У-И672

– реактивної електроенергії типу: СР4-11673 (123 од.) (рисунок 2.4).

Технічні характеристики:

- клас точності: 2,0;
- максимальний струм: 30 А;
- повний номенклатурний ряд за номінальним/максимальним струмом, напругам та схемам підключення.



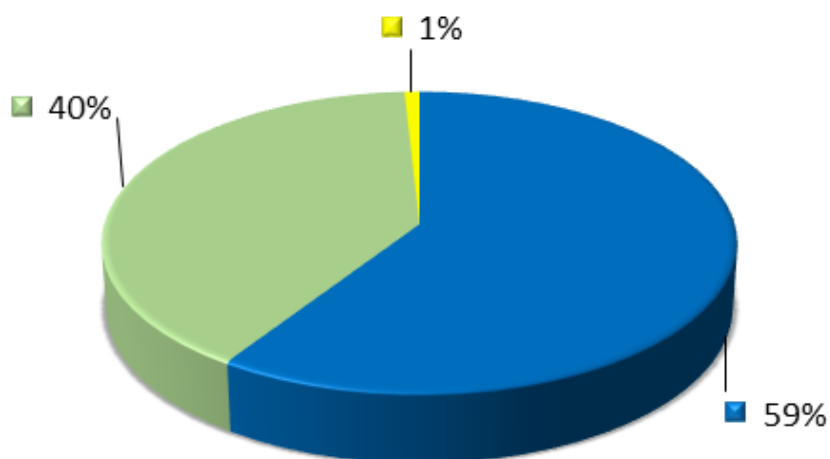
Рисунок 2.4 – Лічильник електроенергії CP4-11673

В таблиці 2.2 представлено розподіл потужності електрообладнання за типом споживання.

Таблиці 2.2 – Розподіл потужності електрообладнання за типом споживача

Тип споживача	Потужність, кВт
Електродвигуни	188 200
Електроапарати для технологічних процесів	126 500
Система освітлення	2 700
Всього	317 400

На рисунку 2.5 представлено розподіл потужності електрообладнання за типом споживання



- - електродвигуни;
- - електроапарати для технологічних процесів;
- - система освітлення.

Рисунок 2.5 – Розподіл потужності електрообладнання за типом споживача

До електродвигунів відносяться: двигуни встановлені безпосередньо у виробничому обладнанні, двигуни насосів та систем вентиляції, двигуни ліфтового господарства.

До електроапаратів технологічних процесів: печі опору, індукційні печі, сушарні печі, вакуумні печі, пресове обладнання, зварювальне тощо.

3 ЕНЕРГОАУДИТ ФРЕЗЕРУВАЛЬНОГО ЦЕХУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Технологічна характеристика фрезерувального цеху підприємства

Цех фрезерування знаходиться безпосередньо на території АТ «Мотор Січ» та забезпечує основне виробництво допоміжного оснащення.

Виробнича територія цеху з основним технологічним обладнанням розташована в окремій будівлі (рисунок 3.1). Фрезерувальний цех умовно розділений на чотири групи [10]:

а) група №1 спеціалізується на виготовленні великогабаритних пристосувань: складально-зварювальні, протяжні, гідрогальма, поворотні столи;

б) група №2 спеціалізується на виготовленні малогабаритних пристосувань: штампи, кондуктори, сопла, різцьові блоки, захоплювачі для вальцювання, фрезерні оправки;

в) група №3 спеціалізується на виготовленні пристроїв та вимірювальних пристосувань: балансувальні оправки, люльки, контрольно-вимірювальні прилади, калібри;

г) група №4 спеціалізується на виготовленні нормалізованих деталей та вузлів: гайки, болти, шайби, штіфти, універсально-складальні пристосування.

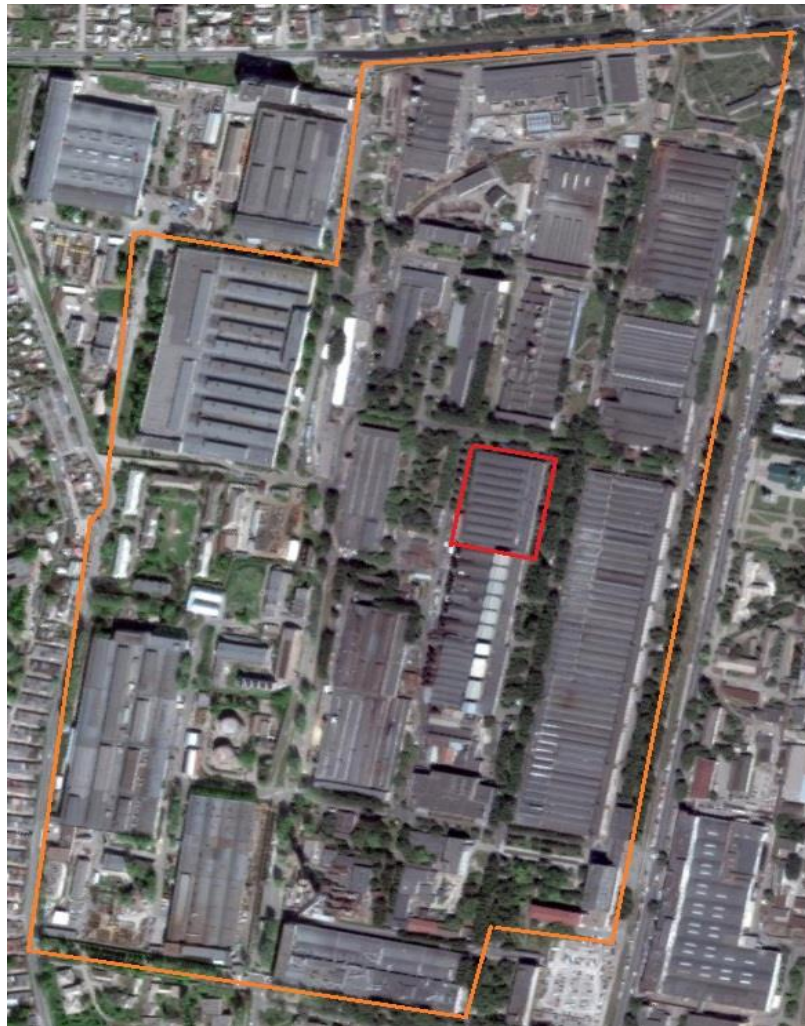


Рисунок 3.1 – Територія підприємства АТ «Мотор Січ»
(вигляд з супутника)

На даний момент, виробництво комплектуючих деталей здійснюється наявним парком обладнання, який представлений фрезерувальними верстатами 654Ф3 (рисунок 3.2; таблиця 3.1), ФП17МН (рисунок 3.3; таблиця 3.2), оброблювальними центрами ИР 800ПМФ4 (рисунок 3.4; таблиця 3.3), ИС 800 ПМФ4 (рисунок 3.5; таблиця 3.4), К2Х15 (рисунок 3.6; таблиця 3.5), тощо.

Наявний верстатний парк представлений низькопродуктивним, енерговитратним, низькоефективним обладнанням, що вже не випускається промисловістю, а капітальний ремонт якого є економічно недоцільним.

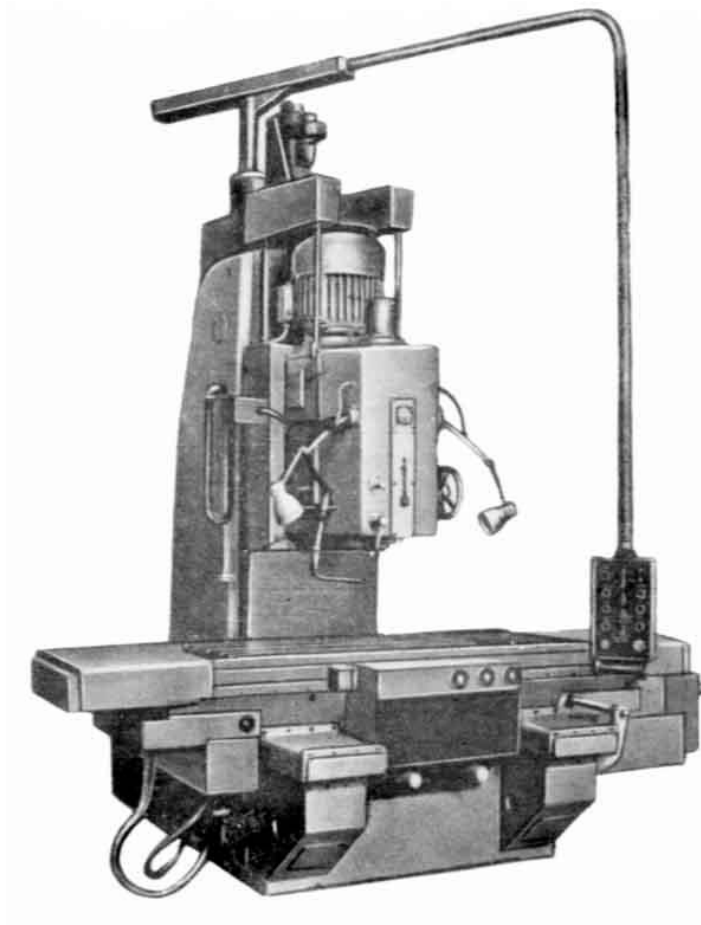


Рисунок 3.2 – Верстат вертикально-фрезерний з хрестовим столом 654Ф3

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики верстату 654Ф3

Найменування	Од. вим.	Значення
Клас точності верстату згідно ГОСТ 8-82, (Н,П,В,А,С)	-	Н
Довжина робочої поверхні стола	мм	1600
Ширина стола	мм	630
Кількість інструментів у магазині	од.	24
Переміщення стола (X, Y, Z)	мм	1250/630/775
Межа частоти обертання шпинделя (min)	об/хв	25
Межа частоти обертання шпинделя (max)	об/хв	1250
Потужність двигуна	кВт	15
Габарити верстату (довжина/ширина/висота)	мм	3316/3276/3570
Маса	кг	10600

Для обробки складних плоских і об'ємних поверхонь деталей [10].



Рисунок 3.3 – Верстат фрезерно-свердлильно-розточний ФП17МН

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики верстату ФП17МН

Найменування	Од. вим.	Значення
Довжина робочої поверхні стола	мм	1600
Ширина стола	мм	500
Кількість інструментів у магазині	од.	8
Переміщення стола (X,Y,Z)	мм	1600/700/310
Межа частоти обертання шпинделя (min)	об/хв	15
Межа частоти обертання шпинделя (max)	об/хв	2500
Загальна потужність	кВт	30
Потужність двигуна головного привода	кВт	22
Габарити верстату (довжина/ширина/висота)	мм	5190/4565/3895
Маса	кг	18000

Верстат призначений для обробки деталей, обмежених плоскими поверхнями або фасонними контурами з постійним кутом нахилу, типу балок, нервюр, лонжеронів, кронштейнів та інших. На верстатах можуть бути оброблені опуклі і увігнуті поверхні подвійної кривизни за допомогою фасонних фрез з кульковим кінцем [5].



Рисунок 3.4 – Верстат багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточний
ИР 800 ПМФ4

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики верстату ИР 800 ПМФ4

Найменування	Од. вим.	Значення
Клас точності верстату згідно ГОСТ 8-82, (Н,П,В,А,С)	-	П
Довжина робочої поверхні стола	мм	800
Ширина стола	мм	800
Кількість інструментів у магазині	од.	30
Переміщення стола (X, Y, Z)	мм	1000/710/800
Межа частоти обертання шпинделя (min)	об/хв	21,2
Межа частоти обертання шпинделя (max)	об/хв	3000
Загальна потужність	кВт	43,2
Потужність двигуна головного привода	кВт	18
Габарити верстату (довжина/ширина/висота)	мм	5388/4635/3455
Маса	кг	10050

Оброблювальний центр з контурною системою програмного керування, автоматичною зміною інструменту і столів-супутників призначений для високопродуктивної обробки корпусних деталей з різних матеріалів [4].



Рисунок 3.5 – Оброблювальний центр фрезерний горизонтальний
ИС 800ПМФ4

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики верстату ИС 800 ПМФ4

Найменування	Од. вим.	Значення
Клас точності верстату згідно ГОСТ 8-82, (Н,П,В,А,С)	-	П
Довжина робочої поверхні стола	мм	800
Ширина стола	мм	800
Кількість інструментів у магазині	шт.	64
Переміщення стола (X, Y, Z)	мм	1000/1000/800
Межа частоти обертання шпинделя (min)	об/хв	8
Межа частоти обертання шпинделя (max)	об/хв	4000
Загальна потужність	кВт	72,8
Потужність двигуна головного привода	кВт	22
Габарити верстату (довжина/ширина/висота)	мм	6150/4750/4000
Маса	кг	17000

Обробний центр з призначений для високопродуктивної обробки особливо складних корпусних деталей з будь-яких конструкційних матеріалів в різних галузях промисловості, в тому числі для виробництва складних прес-форм [8].



Рисунок 3.6 – Токарно-лобовий верстат K2X15 (MC1110-K-Sin840)

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики верстату K2X15 (MC1110-K-Sin840)

Найменування	Од. вим.	Значення
Довжина робочої поверхні стола	мм	1200
Ширина стола	мм	600
Кількість інструментів у магазині	од.	24
Переміщення стола (X,Y,Z)	мм	1020/610/610
Межа частоти обертання шпинделя (min)	об/хв	10
Межа частоти обертання шпинделя (max)	об/хв	8000
Потужність двигуна головного привода	кВт	11
Габарити верстату (довжина/ширина/висота)	мм	6150/4750/4000
Маса	кг	6000

Використовуються для обробки заготовок, у яких діаметр значно перевищує довжину, наприклад для виготовлення шківів, маховиків, зубчастих коліс [7].

На рисунку 3.7 представлений фрагмент плану розташування обладнання цеху

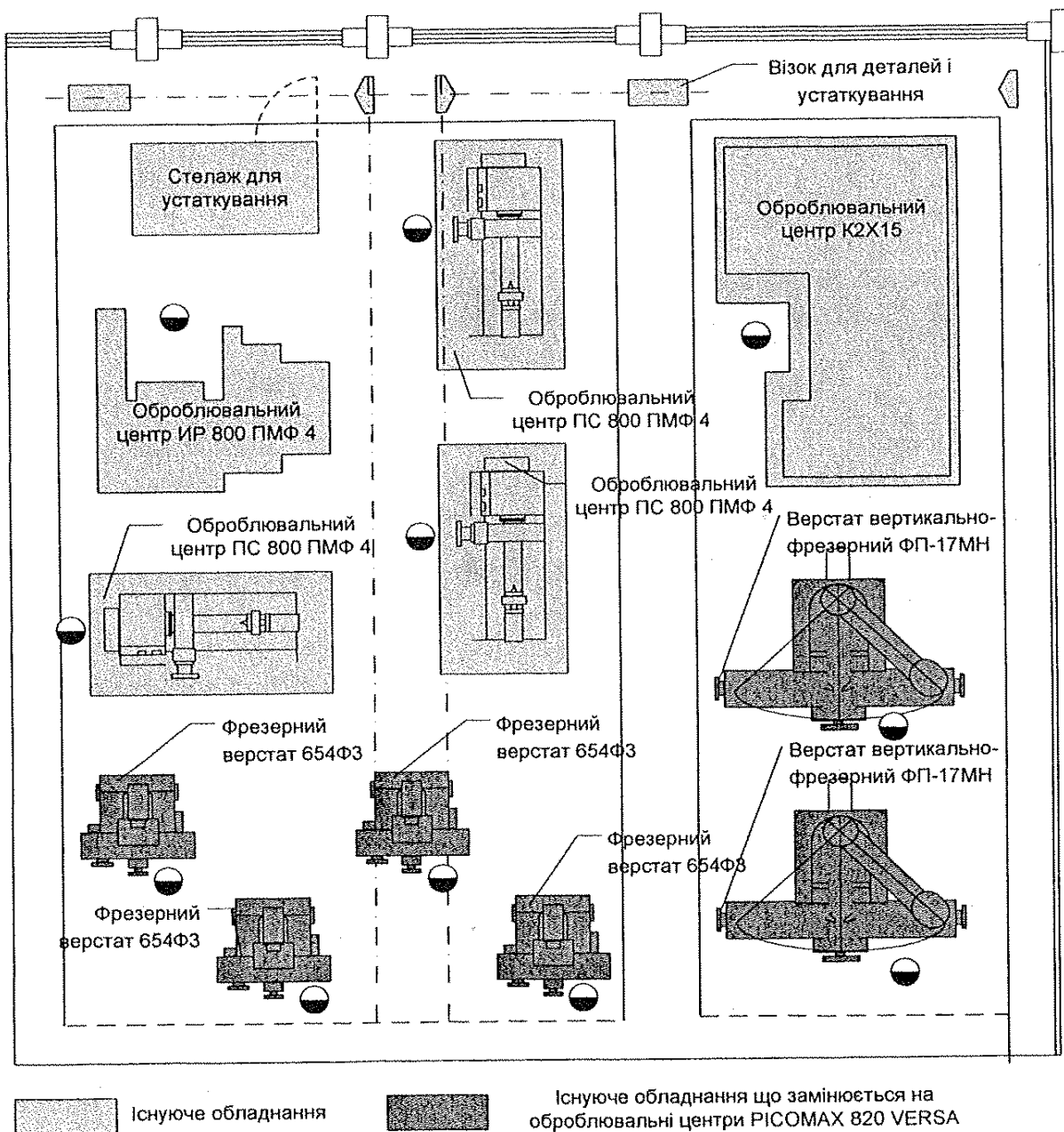


Рисунок 3.7 – План розташування обладнання за старою технологією

Згідно з темою роботи, для удосконалення технологічного процесу виробництва фрезерувальним цехом АТ «Мотор Січ» [10], скорочення верстато-годинної норми та зниження споживання електричної пропонується переобладнання оброблювальними центрами компанії FEHLMANN PICOMAX 820 VERSA.

Оброблювальні центри PICOMAX 820 VERSA (рисунки 3.8 та 3.9) є новітнім високотехнологічним обладнанням [6]. Особлива увага приділена робочій ергономіці, так як оброблювальний центр повинен забезпечувати однаково зручний доступ для ручної та автоматичної подачі заготовок за допомогою робота-маніпулятора. Тому, наприклад, зсувні двері робочої зони, консоль з ЧПК-керуванням Heidenhain iTNC 530, а також пристрій автоматичної зміни інструмента розташовані поруч з робочим місцем оператора.



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд верстату PICOMAX 820 VERSA

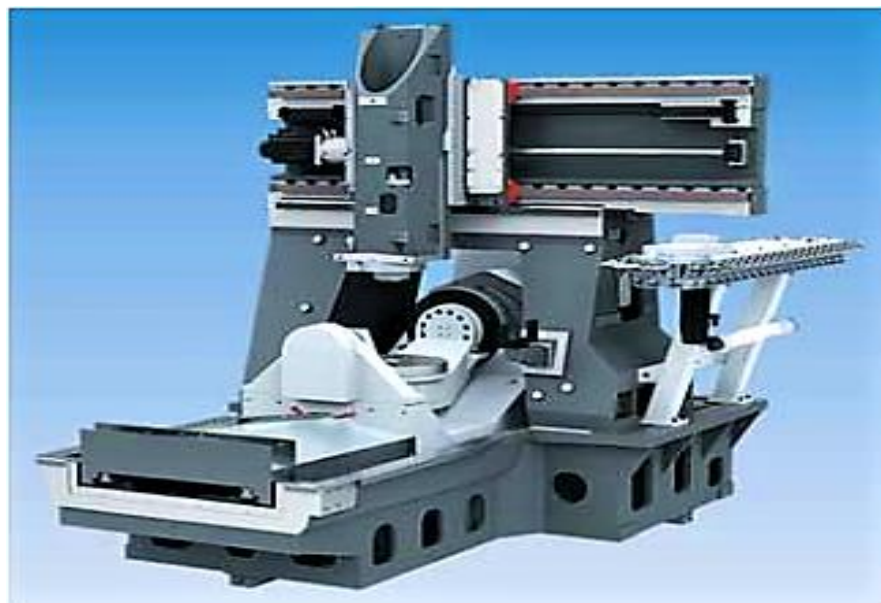


Рисунок 3.9 – Внутрішній вигляд устаткування верстату PICOMAX 820
VERSA

Для підтримки чистоти та збільшення строку служби зона обробки облицьована листами з нержавіючої сталі.

Оброблювальний центр має поворотно-похилий стіл з трьома салазками на одну направляючу, що здатен витримати навантаження до 350 кілограмів. Розмір палетів 400×400 мм, а діаметр заготовок до 560 мм.

В стандартній комплектації пристрій зміни інструментів із ланцюговим магазином дозволяє розмістити до 44 інструменти розміром до Ø130 мм. В якості додаткового оснащення доступні магазини до 346 інструментів [2].

Металообробка виконується сухим методом (з мінімальним об'ємом мастила) або із застосування емульсії (масло; мастильно-охолоджуючі рідини). Видалення стружки та мастильного матеріалу здійснюється за допомогою двох спіральних контейнерів, розташованих праворуч та ліворуч від стола.

Передбачена термічно збалансована конструкція верстату та застосовані засоби додаткового підвищення точності, включаючи температурну компенсацію та корекцію положення основного шпинделя з використанням прямих вимірювальних систем. Таким чином, деталі та вузли, що нагріваються, активно охолоджуються, а внутрішнє облицювання робочої зони (в тому числі з нержавіючої сталі) виключає пряму передачу тепла від стружки та охолоджуючої рідини до станини верстату[6].

Основною частиною PICOMAX 820 VERSA являється мотор-шпиндель FEHLMANN HSC (рисунок 3.10) [3]. Не важливо яка модель встановлена: HSK-A63 з частотою обертання 14 000, 20 000 або 24 000 обертів за хвилину; або HSK-E50 з частотою обертання 30 000 обертів за хвилину, всі моделі мають низький рівень вібрації, прецизійну співвісність для точної обробки поверхні та максимального збільшення строку служби інструментів.

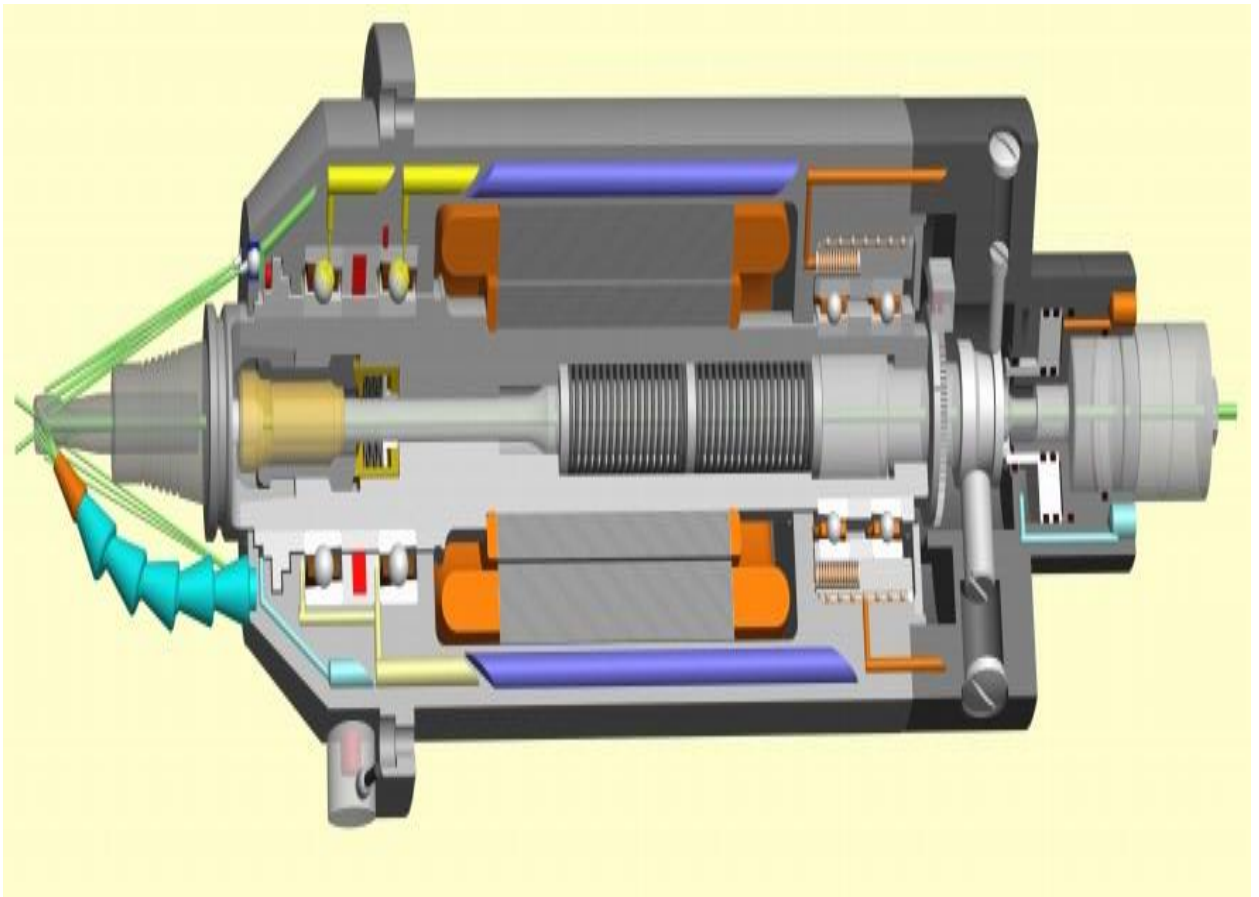


Рисунок 3.10 – HF-моторшпиндель з оснащенням «Condition Monitoring» (датчиками та виконавчими елементами для контролю процесу високошвидкісної обробки)

Мотор інтегровано в корпус шпинделя, що забезпечує можливість високих швидкостей обертання без обмежень, обумовлених ремінними і зубчастими передачами. Моторшпиндель складається з встановленого на підшипниках шпиндельного валу, двигуна і системи затиску інструменту.

Мастило підшипників: перманентне на весь термін служби або повітряно-масляне. Повітряно-масляне мастило дозволяє досягти більш високої (на 20 % і вище) швидкості обертання [3].

На рисунку 3.11 зображення подача повітряно-масляного мастила до підшипника.

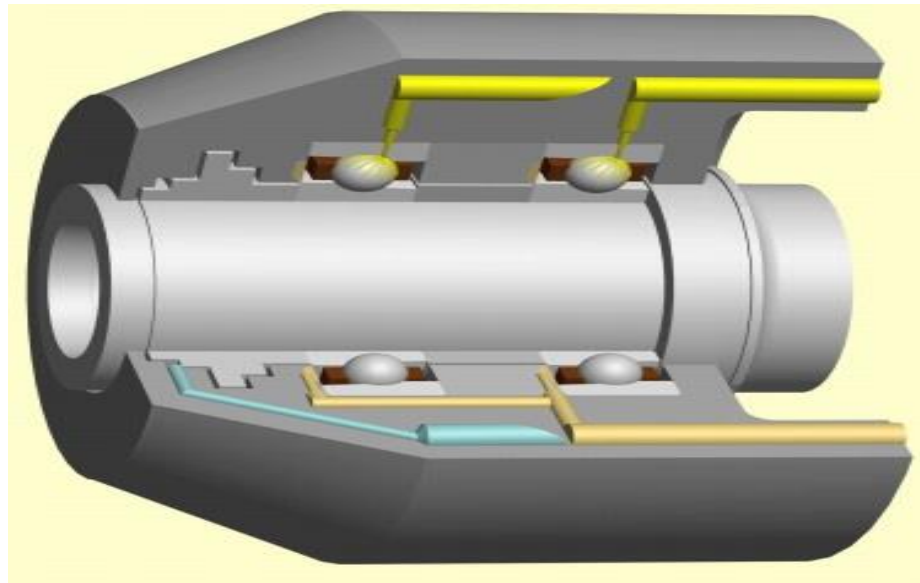


Рисунок 3.11 – Подача повітряно-масляного мастила до місця контактування кульки з кільцем підшипника

Найбільш ефективним мастилом підшипників шпинделів є повітряно-масляне мастило. Точно розрахована кількість масла і повітря подається під тиском у спеціальний механічний змішувач, звідки повітряно-масляна суміш по трубках надходить до підшипників шпинделя. Мінімальна кількість масла подається через отвори малих розмірів безпосередньо до місця контакту кульки з кільцем підшипника. Цим оптимізується мастило підшипників і знижується їх нагрівання [3].

Потужність електрошпинделя визначається потужністю мотора. Вибір шпинделя для конкретного додатку визначається вимогами верстата. В кінцевому підсумку повинен бути зроблений вибір оптимальної комбінації швидкості обертання, потужності, жорсткості і здатності навантаження.

Для моторшпинделей розміри і потужність мотора жорстко обмежені розміром шпинделя. Розміри валу ротора мотора визначають вибір розмірів підшипників. Останні, в свою чергу, визначають навантажувальну здатність, жорсткість та максимальну швидкість шпинделя, тож характеристики мотора повинні бути узгоджені з можливостями підшипників.

Для високошвидкісних шпинделів найчастіше використовуються асинхронні двигуни АС. У таких конструкціях ротор з'єднаний із шпиндельним

валом за допомогою клеючого матеріалу або за допомогою термічної усадки. Ротор і статор зазвичай поставляються виробниками моторів і приводів.

Шпindelний вал займає центральне місце в конструкції шпindelя, тому що по ньому передається потужність від мотора до ріжучого інструменту. Важливо враховувати характеристику пружності шпindelного валу, яка проявляється на високих швидкостях обертання. Частота згинальних коливань залежить від діаметру і довжини шпindelного валу. Конструкція шпindelя з довгим шпindelним валом має ряд переваг – збільшення навантажувальної здатності шпindelя і можливість установки мотора більшої потужності. Однак необхідно враховувати, що збільшення довжини шпindelя може привести до того, що частота згинальних коливань може наблизитися до робочих частот в зоні різання. В цьому випадку потрібно або збільшити діаметр шпindelного валу, або зменшити його довжину.

Діаграми потужності і крутного моменту (рисунк 3.12) АС мотора визначаються дизайном намоток. Однак потужність залежить від швидкості, що пояснюється обмеженням обсягу мотора і відцентровими силами, що діють на ротор, який складається з окремих пластин [3].

Мотори, що використовуються в моторшпindelях, характеризуються постійним крутним моментом до досягнення базової швидкості і постійною потужністю після її досягнення. Так як потужність є функцією добутку швидкості і моменту, наведені діаграми є типовими. Для нормальних шпindelів величина моменту збільшується за рахунок шківів і зубчастих передач.

У моторшпindelей потужність і швидкість, які необхідні для виконання всіх видів обробки, визначаються тільки характеристиками мотора. Моторшпindelі проектуються таким чином, щоб максимальна потужність досягалася на близькій до максимальної швидкості обертання.

Вбудовані асинхронні АС двигуни зазвичай є трифазними і приводяться в дію спеціальними електроприводами – частотними перетворювачами типу HF (high frequency).

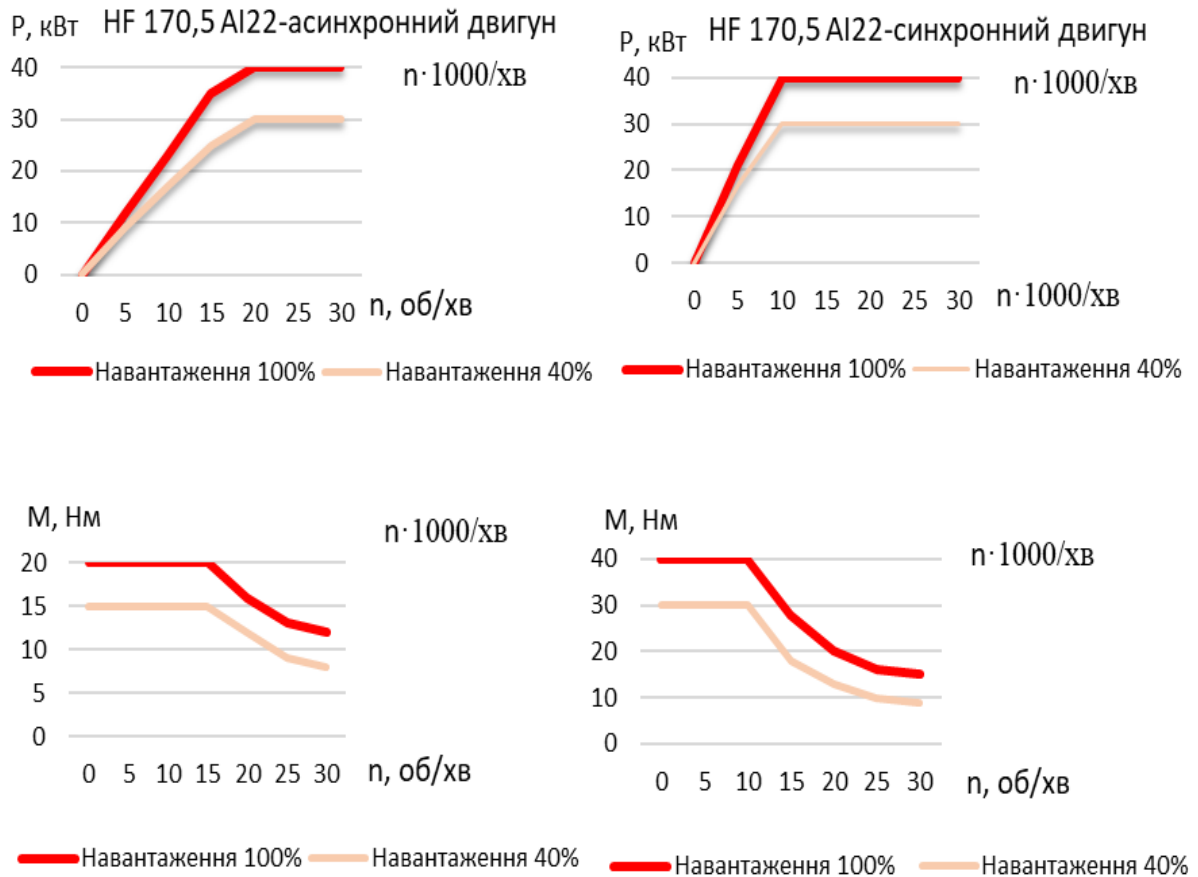


Рисунок 3.12 – Діаграми потужності та моменту моторшпинделей

Основні переваги оброблювальних центрів PICOMAX 820 VERSA [6] в порівнянні з фрезерними верстатами 654Ф3 та вертикально-фрезерними верстатами ФП-17 МН:

- PICOMAX 820 VERSA дозволяє проводити операції фрезерування, свердління, зенкування тощо, поверхонь під різними кутами нахилу поверхні обробки щодо інструменту за п'ятьма (X,Y,Z,A,C) осями. Це дозволяє проводити обробку деталей складної форми;

- діапазон кочення столу навколо осі X (вісь A) складає +/- 115°, а навколо осі Z (вісь C) – 360°, що дозволяє об'єднати декілька операцій в одну;

- висока частота обертання шпинделя і подач дозволяють виробляти високошвидкісне фрезерування, що значно зменшує час обробки;
- сучасна система охолодження підшипникових опор, шпинделя і інструменту збільшує довговічність вузлів верстата і зводить вплив теплових деформацій до мінімуму. Стружка не знаходиться у прямому контакті з чавунною конструкцією та відводиться за допомогою шнека;
- висока точність позиціонування дозволяє оброблювати деталі з високою точністю;
- верстат обладнаний магазином інструменту на 44 позиції, який дозволяє виробляти багато інструментальне налагодження на серію деталей або на декілька різноманітних деталей, що виключає необхідність ручної заміни інструменту в процесі обробки;
- вимірювання інструменту проводиться високоточним лазером;
- занулення заготовок проводиться щупом, який дозволяє досягти точності занулення до одного мікрона;
- верстат обладнаний транспортером для відводу стружки;
- система охолодження шафи керування;
- можливість візуалізації керуючої програми на стойці верстата;
- ідеальний доступ оператора до деталі, системи управління та магазину інструментів.

Два оброблювальні центри PICOMAX 820 VERSA, за рахунок продуктивності замінюють собою чотири фрезерних верстата 654Ф3 та два вертикально-фрезерних верстата ФП17 МН, при цьому розмір виробничої площі, що вивільнюється, становить 180м² [10].

На рисунку 3.13 представлений фрагмент плану розташування обладнання цеху після заміни наявного парку обладнання сучасними оброблювальними центрами PICOMAX 820 VERSA, на рисунку 3.14 повна схема розташування технологічного обладнання.

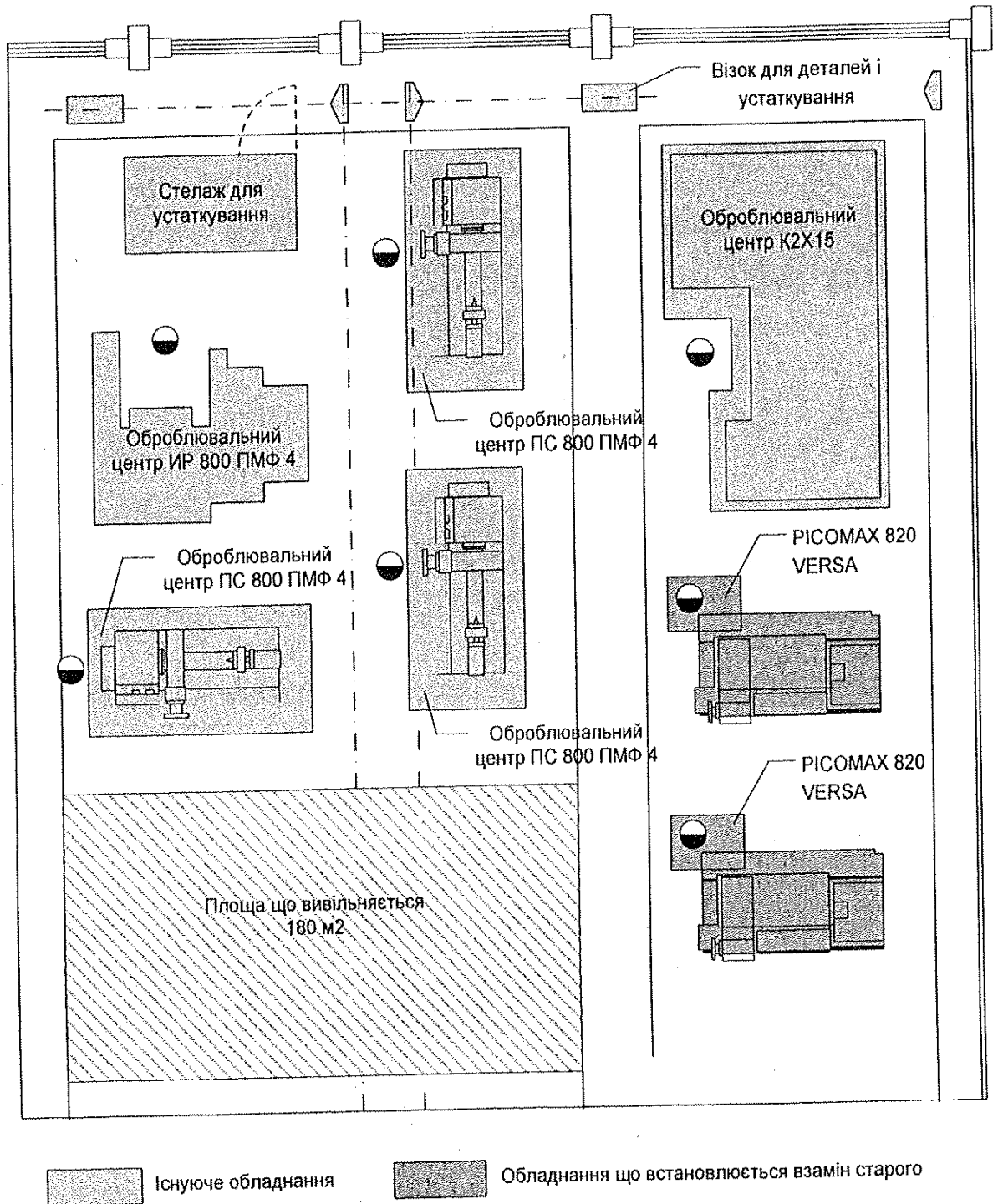
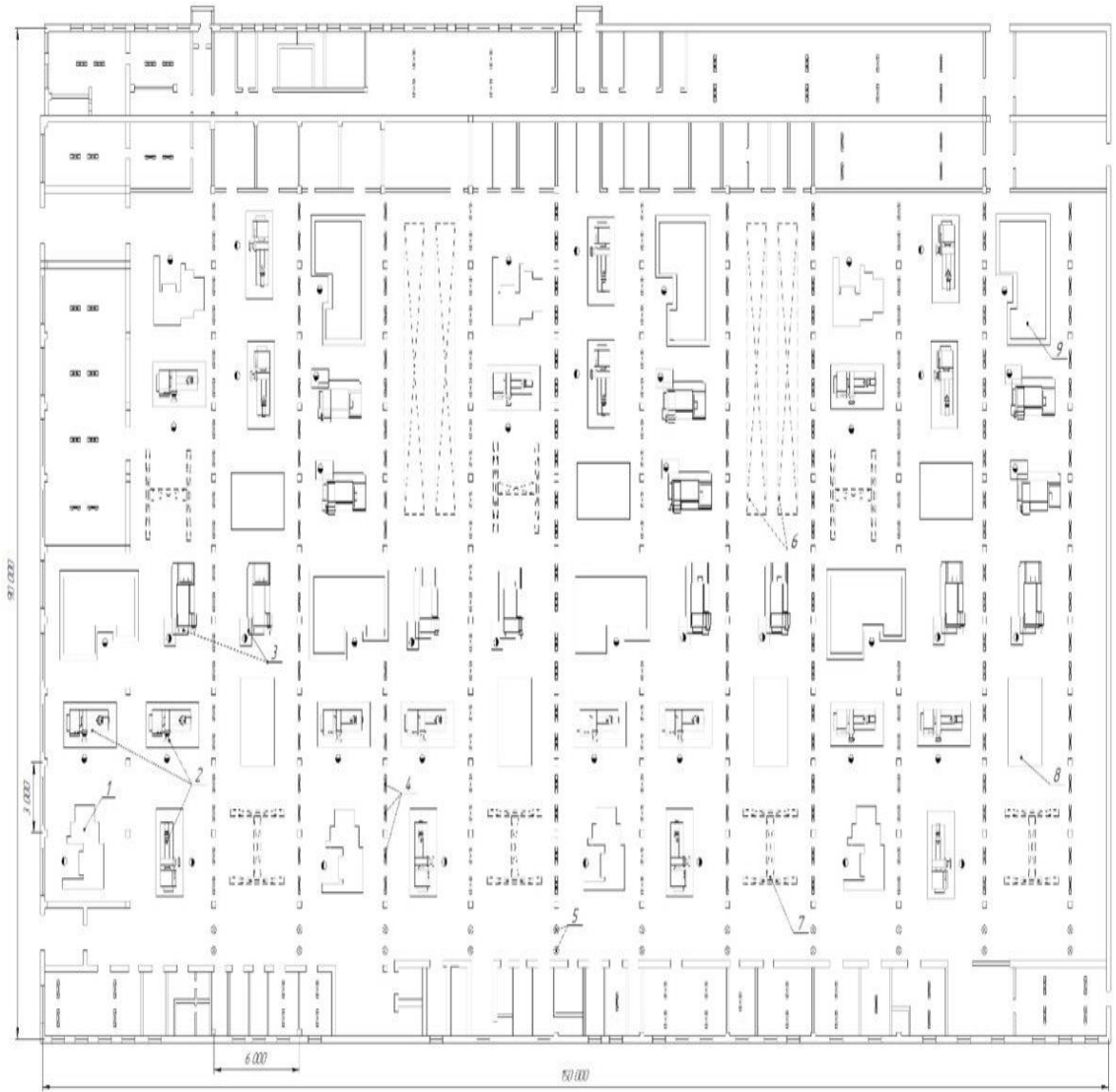


Рисунок 3.13 – План розташування обладнання за новою технологією



- 1- верстат багатопільовий свердильно-фрезерно-розточний IP 800 ПМФ4;
 2 - оброблювальний центр фрезерний горизонтальний IC 800ПМФ4; 3 -
 оброблювальний центр PICOMAX 820 VERSA; 4 - світильник лінійний G13;
 5 - світильник плафоновий E27; 6 - стелаж для готових виробів; 7- стелаж
 інструментальний; 8 - стіл для заготовок ; 9 - токарно-лобовий верстат
 K2X15 (MC1110-K-Sin840)

Рисунок 3.14 – Схема розташування технологічного обладнання

Внутрішня система освітлення фрезерувального цеху не відповідає нормам освітленості згідно ДБН В.2.5-28-20XX [10], та представлена 267 лінійними світильниками на дві лампи Osram T8 L58W/765/54 G13 (1500мм),

що підвішені до прольотних колон та 22 цокольними світильниками на одну лампу EQS-04 38Вт 6400К E27, що знаходяться у службових приміщеннях та вздовж головного проходу цеху. Технічний стан системи освітлення – не задовільний, деякі лампи у світильниках відсутні або знаходяться у непрацездатному стані. Також загальна світловіддача, через фізичну зношеність, знизилась.

На рисунку 3.15 представлено систему ЧПК-керування Heidenhain iTNC 530

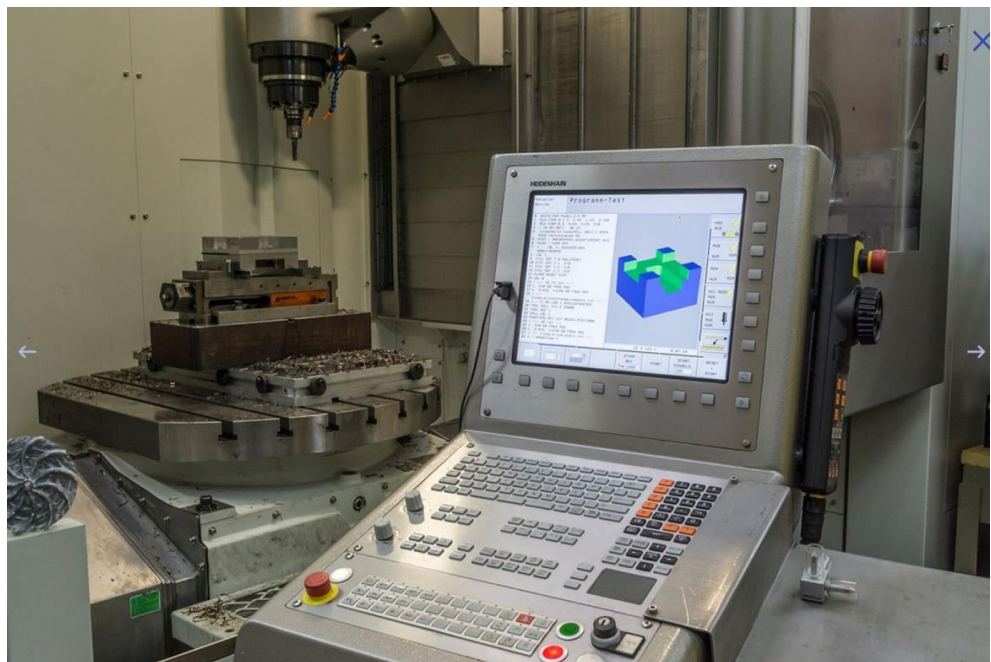


Рисунок 3.15 – Система ЧПК-керування Heidenhain iTNC 530

3.2 Характер споживання електричної енергії на потреби виробництва фрезерувальним цехом підприємства

У будівлі фрезерувального цеху була наявна система вентиляції опалення системою трубопроводів з використанням калориферів та електричним приводом подачі теплого повітря, але близько десяти років

тому було виконано переобладнання на центральну систему опалення [10].
Більш детальна інформація у пункті 2.1.

Основним енергетичним ресурсом, від якого залежить технологічний процес цеху, являється електрична енергія. Обладнання цеху представлено електричними верстатами, основним приводом яких являються електричні двигуни. Двигуни встановлені в наявному парку верстатів характеризуються значними втратами та перевитратами електроенергії через морально та фізичну зношеність.

В таблиці 3.6 представлено споживання електричної енергії фрезерувальним цехом та заводом загалом, в таблиці 3.7 представлений розподіл споживання електроенергії до модернізації

Таблиця 3.6 – Помісячне споживання електроенергії фрезерувальним цехом та заводом загалом

Місяць	Фрезерувальний цех тис. кВт·год	Всього по заводу, тис. кВт·год
Січень	155,7	3 237,7
Лютий	157,2	3 251,5
Березень	154,6	3 199,9
Квітень	133,8	2 551,4
Травень	145,8	2 432,0
Червень	150,7	2 691,2
Липень	159,5	2 845,6
Серпень	166,1	2 958,2
Вересень	150,2	2 692,8
Жовтень	154,9	2 834,0
Листопад	156,1	3 298,3
Грудень	159,7	3 289,7
Всього	1 844,0	35 282,2

На рисунках 3.16 та 3.17 представлено споживання електричної енергії фрезерувальним цехом та заводом загалом

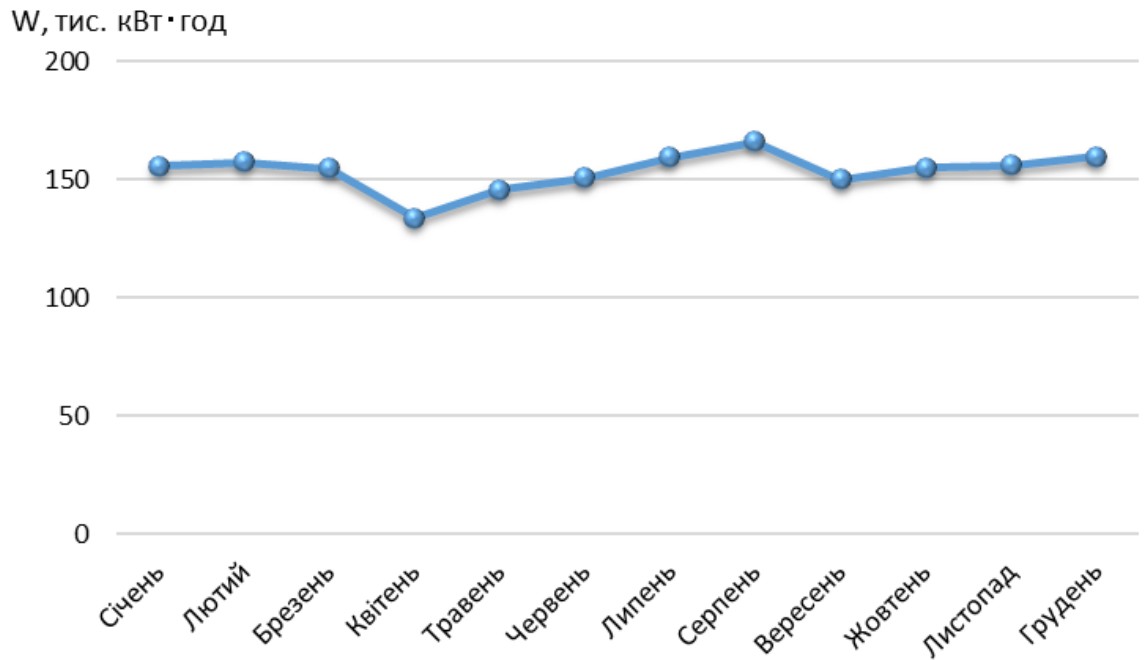


Рисунок 3.16 – Помісячне споживання електричної енергії цехом фрезерування

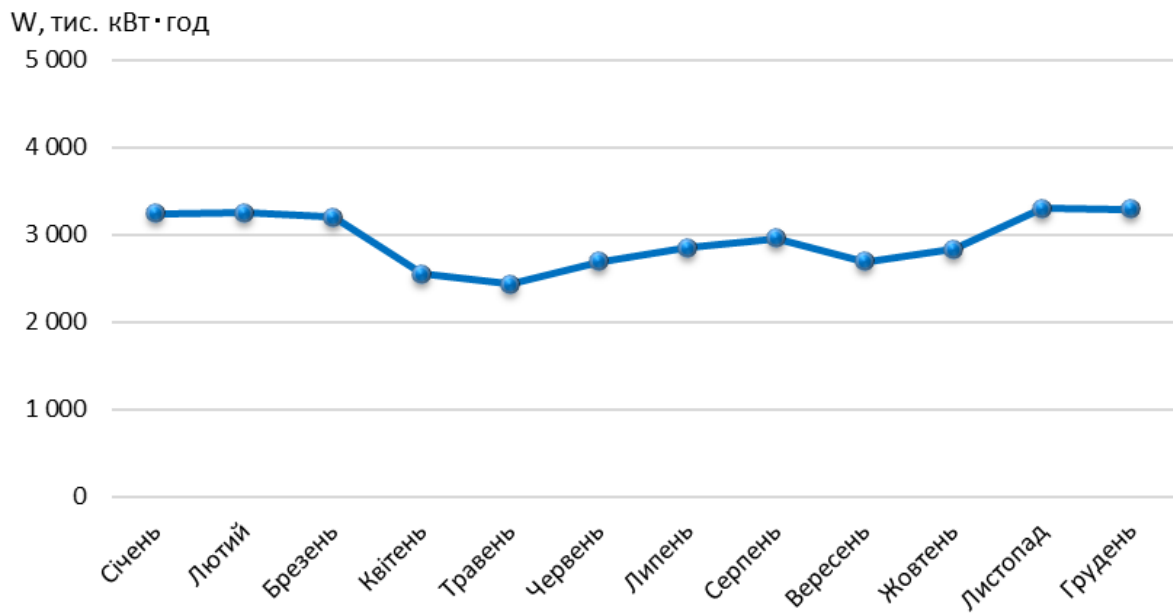


Рисунок 3.17 – Помісячне споживання електричної енергії підприємством

Діаграма розподілу споживання електроенергії фрезерувальним цехом наведена на рис. 3.18.

Таблиця 3.7 – Розподіл споживання електроенергії фрезерувальним цехом за споживачами

Найменування споживача	Значення, кВт·год
Система освітлення	62,2
Верстати, що підлягають заміні	1 158,0
Інше (верстати, що не підлягають заміні, інші електроспоживачі)	623,9
Всього	1 844,0



Рисунок 3.16 – Діаграма розподілу споживання електроенергії фрезерувальним цехом

Схема підключення мережі цеху представлена на рисунку 3.19.

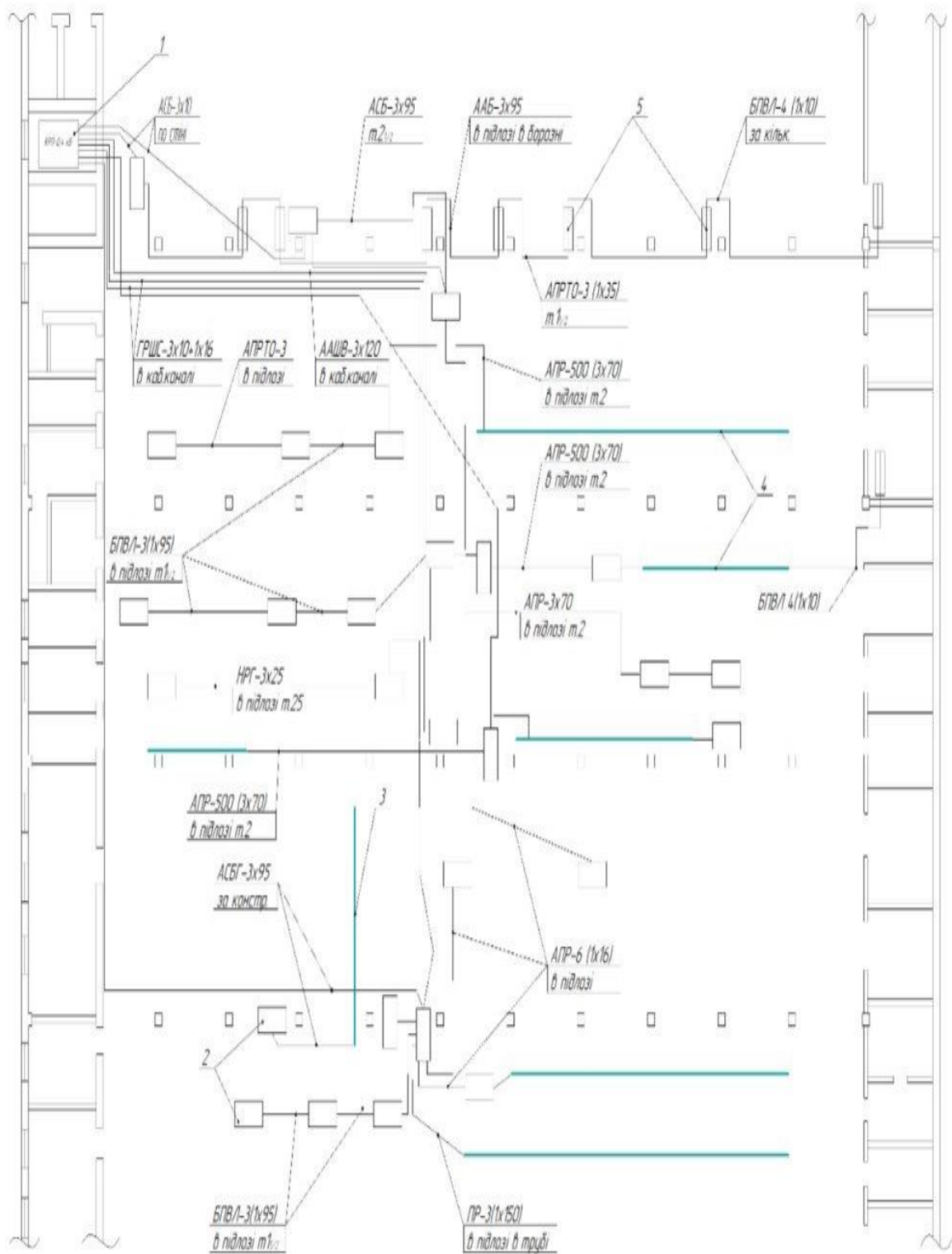


Рисунок 3.19 – Схема підключення мережі цеху

Річна доля споживання електроенергії цехом фрезерування в загальній структурі споживання заводу, згідно таблиці 3.6, складає 5,2%, але

фрезерувальний цех підприємства АТ «Мотор Січ» є важливою структурною та виробничою частиною заводу, технологічні одиниці якого є складовими частинами в подальшому процесі як основного (літакобудування), так і господарчо-побутового виробництва.

Підприємство АТ «Мотор Січ» має в своїй структурі велику кількість адміністративно-господарчих будівель, де головними та досить енергоємними споживачами є електричні побутові прилади, ліфтова система, системи зв'язку та освітлення, модернізація яких частково неможлива, економічно недоцільна або вже проведена; а також спеціальні ділянки з випробування готової продукції, які також являють дуже енергоємними та за характером процесів не можуть бути модернізовані

Тому заходи з переобладнання наявного парку верстатів новітніми оброблювальними центрами PICOMAX 820 VERSA є актуальними та перспективними.

4 АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ЗНИЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ ЦЕХУ

4.1 Загальні положення заходу щодо скорочення обсягів споживання електроенергії фрезерувальним цехом підприємства

Основною передумовою заходу являється відповідність виробничого процесу підприємства до програми підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів.

Згідно наведеному вище аналізу використання електричної енергії заводом виявлено, що найбільш доцільним є проект заміни морально та фізично зношених верстатів на сучасні оброблювальні центри PICOMAX 820 VERSA [6]. Верстати для універсального високошвидкісного фрезерування PICOMAX 820 VERSA у кількості двох одиниць будуть встановлені у цеху.

Для розрахунку річної економії електроенергії при створенні нового виробництва з використанням енергоефективних технологій, використовується порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів встановлений для процесу обробки металів різанням.

Методикою запропонований наступний алгоритм розрахунку:

- визначається перелік шифрів деталей, що виробляються, які планується закріпити за технологічним обладнанням [15];
- визначаються за [15] згідно існуючого технологічного процесу, трудомісткості операцій, які планується виконати на новому технологічному обладнанні;
- проводиться перерахунок трудомісткості виконання кожної операції за старою та новою технологією за [14] з урахування річної програми випуску деталей;
- розрахунок річної економії електроенергії [9].

4.2 Розрахунок річної економії витрат електроенергії запропонованим обладнанням у порівнянні з металообробними верстатами 654Ф3

В таблиці 4.1 представлена виробнича програма фрезерних верстатів 654Ф3 [10].

Таблиця 4.1 – Перелік шифрів деталей та трудомісткості їх виготовлення верстатом 654Ф3

№ з/с	Шифр деталі	№ операції	Верстат	Стара технологія		
				Програма випуску, од	Час оброблення, хв	Загальний час оброблення, годин
1	20105009	30	654Ф3	38	2400	1520
2	20105011	30	654Ф3	38	2700	1710
3	90102020	242	654Ф3	120	30	60
4	190102020	256	654Ф3	120	46	92
5	90303000	177	654Ф3	120	85	170
Всього				436	5261	3552

На виконання кожної операції затрачується час, загальна трудомісткість виконання виробничої програми верстатами 654Ф3 становить 3552 верстато-годин [12], що складає час роботи устаткування на рік.

Вихідні дані:

- потужність електродвигуна головного руху, $P_{\text{г.д}}$ – 15 кВт;
- потужність електродвигуна приводу подачі стола, $P_{\text{д1}}$ – 2 кВт;
- потужність електродвигуна приводу подачі салазок, $P_{\text{д2}}$ – 2 кВт;
- потужність електродвигуна приводу подачі бабки, $P_{\text{д3}}$ – 2 кВт;
- потужність двигуна електронасосу, $P_{\text{д4}}$ – 0,12 кВт;
- коефіцієнт часу роботи допоміжного двигуна, $K_{\text{ч.д}}$ – 0,45;
- потужність різання, $P_{\text{різ}}$ – 5 кВт;
- номінальний ККД двигуна головного руху, $\eta_{\text{г.д}}$ – 0,86;

- номінальний ККД допоміжних двигунів, $\eta_{\partial.\partial} = 0,84$;
- час роботи устаткування, $T_0 = 3552$ год;
- фактичні витрати активної електроенергії, $W_{\text{ф.а}} = 487$ кВт·год;
- фактичні витрати активної і реактивної електроенергії, $W_{\text{ф.а.р}} = 954$ кВт·год;
- коефіцієнт машинного часу, $K_{\text{м.ч}} = 0,8$.

Тип виробництва – спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні [15].

Визначається загальний номінальний ККД за старою технологією згідно формули:

$$\eta_{\text{ном}} = \eta_{\text{г.д}} \cdot \eta_{\partial.\partial}, \quad (4.1)$$

де $\eta_{\text{г.д}}$ – номінальний ККД головного двигуна;

$\eta_{\partial.\partial}$ – номінальний ККД допоміжних двигунів.

$$\eta_{\text{ном}} = 0,86 \cdot 0,84 = 0,72.$$

Визначається коефіцієнт невикористаної потужності:

$$\lambda = \frac{P_{\text{різ}}}{P_{\text{г.д}}}, \quad (4.2)$$

де $P_{\text{різ}}$ – потужність різання, кВт;

$P_{\text{г.д}}$ – потужність електродвигуна головного руху, кВт.

$$\lambda = \frac{5}{15} = 0,333.$$

Визначається коефіцієнт завантаження верстату за формулою відповідного рядка таблиці 4.2 [15].

Таблиця 4.2 – Вибір коефіцієнта завантаження верстату відповідно до номінального ККД

$\eta_{ном}$	$K_{зав} = f(\lambda)$
0,60	$1,5 \lambda + 0,1$
0,62	$1,462 \lambda + 0,097$
0,64	$1,423 \lambda + 0,094$
0,66	$1,389 \lambda + 0,093$
0,68	$1,339 \lambda + 0,092$
0,70	$1,303 \lambda + 0,091$
0,72	$1,27 \lambda + 0,09$
0,74	$1,245 \lambda + 0,083$
0,76	$1,22 \lambda + 0,079$
0,78	$1,185 \lambda + 0,077$
0,80	$1,164 \lambda + 0,071$
0,82	$1,14 \lambda + 0,068$
0,84	$1,116 \lambda + 0,064$

$$K_{зав} = (1,27 \cdot 0,333) + 0,09 = 0,513.$$

Визначається норма витрат електроенергії на 1 верстато-годину за формулою:

$$H_{в.г} = \sum_1^n P_n \cdot K_{зав}, \quad (4.3)$$

де $K_{зав}$ – коефіцієнт завантаження верстату.

$$H_{в.г} = (15 + 2 + 2 + 2 + 0,12) \cdot 0,72 \cdot 0,513 = 7,81 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Визначається норма витрат електроенергії на одну нормо-годину згідно таблиці 4.3 [15].

Таблиця 4.3 – Вибір норми витрати електроенергії відповідно типу виробництва

Тип виробництва	Коефіцієнт завантаження
Багатосерійне виробництво	0,17
Спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні	0,25
Автоматичні поточні лінії	0,6

$$H_{н.г} = H_{в.ч} \cdot K_{вик}, \quad (4.4)$$

де $K_{вик}$ – коефіцієнт використання верстату.

$$H_{н.г} = 7,81 \cdot 0,25 = 1,95 \text{ кВт·год.}$$

Визначається коефіцієнт використання сумарної потужності з урахуванням режиму роботи допоміжних двигунів за старою технологією:

$$K_{\epsilon}^1 = \frac{\sum_1^n P_{з.д} + \sum_1^n P_{д} \cdot K_{ч.д.д}}{\sum_1^n P_n}, \quad (4.5)$$

$$K_{\epsilon}^1 = \frac{(15 \cdot 0,72) + (6,12 \cdot 0,72 \cdot 0,45)}{21,12 \cdot 0,72} = 0,84.$$

Визначається коефіцієнт використання потужності встановлених електродвигунів з урахуванням технологічного режиму роботи окремих груп устаткування:

$$K_{\epsilon.n} = \frac{W_{\phi.a}}{W_{\phi.a.p}}, \quad (4.6)$$

де $W_{\text{ф.а}}$ – фактичні витрати активної електроенергії, кВт·год;

$W_{\text{ф.а.р}}$ – фактичні витрати активної та реактивної електроенергії, кВт·год.

$$K_{\text{в.п}} = \frac{487}{954} = 0,51.$$

Визначається загальний коефіцієнт використання потужності за групами устаткування:

$$K_{\text{з.в.п}} = K_{\text{в}}^1 \cdot K_{\text{в.п}} \cdot K_{\text{м.ч}}, \quad (4.7)$$

де $K_{\text{м.ч}}$ – коефіцієнт машинного часу.

$$K_{\text{з.в.п}} = 0,51 \cdot 0,84 \cdot 0,8 = 0,34.$$

Визначаються витрати електроенергії на роботу верстату:

$$H_{\text{в.е}} = \sum_1^n P_n \cdot T_0 \cdot K_{\text{з.в.п}}, \quad (4.8)$$

де T_0 – час роботи устаткування, год.

$$H_{\text{в.е.1}} = 21,12 \cdot 0,72 \cdot 3552 \cdot 0,34 = 18542,7 \text{ кВт·год.}$$

Розрахунок витрат електроенергії центрами PICOMAX 820 VERSA

Загальна трудомісткість виконання виробничої програми центрами PICOMAX 820 VERSA становить 1602 верстато-години [4].

В таблиці 4.4 представлена виробнича програма фрезерних верстатів.

Таблиця 4.4 – Перелік шифрів деталей та трудомісткості їх виготовлення верстатом PICOMAX 820 VERSA

№ з/с	Шифр деталі	№ операції	Верстат	Нова технологія		
				Програма випуску, од	Час оброблення, хв	Загальний час оброблення, годин
1	20105009	30	PICOMAX 820	38	1020	646
2	20105011	30	PICOMAX 821	38	1080	684
3	90102020	242	PICOMAX 822	120	20	40
4	190102020	256	PICOMAX 823	120	31	62
5	90303000	177	PICOMAX 824	120	85	170
Всього				436	2236	1602

Вихідні дані:

- потужність електродвигуна головного руху, $P_{z.d}$ – 24 кВт;
- потужність електродвигуна приводу подачі стола, P_{o1} – 4,8 кВт;
- коефіцієнт часу роботи допоміжного двигуна, $K_{ч.д.д}$ – 0,3;
- потужність різання, $P_{риз}$ – 8 кВт;
- номінальний ККД двигуна головного руху, $\eta_{z.d}$ – 0,85;
- номінальний ККД допоміжних двигунів, $\eta_{д.д}$ – 0,8;
- час роботи устаткування, T_0 – 1602 год;
- фактичні витрати активної електроенергії, $w_{ф.а}$ – 487 кВт·год;
- фактичні витрати активної і реактивної електроенергії, $w_{ф.а.р}$ – 954 кВт·год;
- коефіцієнт машинного часу, $K_{м.ч}$ – 0,85.

Тип виробництва – спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні [15].

Визначається загальний номінальний ККД за формулою 4.1:

$$\eta_{ном} = 0,85 \cdot 0,8 = 0,68.$$

Визначається коефіцієнт невикористаної потужності за формулою 4.2:

$$\lambda = \frac{8}{24} = 0,333.$$

Визначається коефіцієнт завантаження верстату за формулою відповідного рядка таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Вибір коефіцієнта завантаження верстату відповідно до номінального ККД

$\eta_{ном}$	$K_{зав} = f(\lambda)$
0,60	$1,5 \lambda + 0,1$
0,62	$1,462 \lambda + 0,097$
0,64	$1,423 \lambda + 0,094$
0,66	$1,389 \lambda + 0,093$
0,68	$1,339 \lambda + 0,092$
0,70	$1,303 \lambda + 0,091$
0,72	$1,27 \lambda + 0,09$
0,74	$1,245 \lambda + 0,083$
0,76	$1,22 \lambda + 0,079$
0,78	$1,185 \lambda + 0,077$
0,80	$1,164 \lambda + 0,071$
0,82	$1,14 \lambda + 0,068$
0,84	$1,116 \lambda + 0,064$

$$K_{зав} = (1,339 \cdot 0,333) + 0,092 = 0,538.$$

Визначається норма витрат електроенергії на 1 верстато-годину за формулою 4.3:

$$H_{в.г} = (24 + 4,8) \cdot 0,68 \cdot 0,538 = 10,54 \text{ кВт.}$$

Визначається норма витрат електроенергії на одну нормо-годину за формулою 4.4 згідно таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Вибір норми витрати електроенергії відповідно типу виробництва

Тип виробництва	Коефіцієнт завантаження
Багатосерійне виробництво	0,17
Спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні	0,25
Автоматичні поточні лінії	0,6

$$H_{н.е} = 10,54 \cdot 0,25 = 2,64 \text{ кВт.}$$

Визначається коефіцієнт використання сумарної потужності з урахуванням режиму роботи допоміжних двигунів за формулою 4.5:

$$K_e^1 = \frac{(24 \cdot 0,68) + (4,8 \cdot 0,68 \cdot 0,3)}{28,8 \cdot 0,68} = 0,88.$$

Визначається коефіцієнт використання потужності встановлених електродвигунів з урахуванням технологічного режиму роботи окремих груп устаткування за формулою 4.6:

$$K_{e.n} = \frac{487}{954} = 0,51.$$

Визначається загальний коефіцієнт використання потужності за групами устаткування за формулою 4.7:

$$K_{з.е.н} = 0,51 \cdot 0,88 \cdot 0,85 = 0,38.$$

Визначаються витрати електроенергії на роботу верстату за формулою [4.8]:

$$H_{е.е.2} = 28,8 \cdot 0,68 \cdot 1602 \cdot 0,38 = 12\,025 \text{ кВт·год.}$$

В таблиці 4.7 та рисунку 4.1 представлена економія електроенергії та часу роботи устаткування на один верстат.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунку річної економії роботи устаткування та електроенергії оброблювальними центрами PICOMAX 820 VERSA у порівнянні з верстатами 654Ф3

Найменування показника	Одиниці виміру	654Ф3	PICOMAX 820	Економія
Час роботи устаткування	годин	3 552	1 602	1 950
Витрати електроенергії	кВт·год	18 543	12 025	6 518

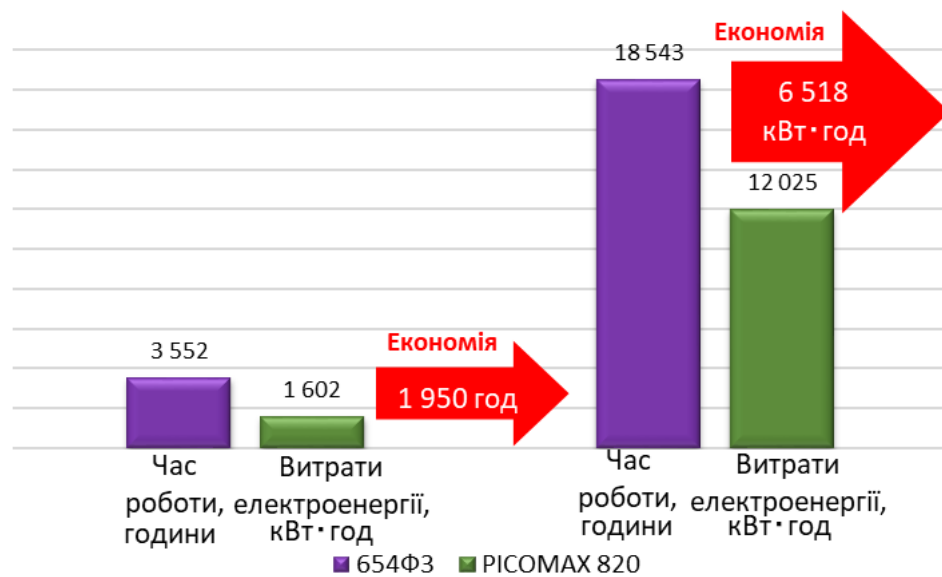


Рисунок 4.1 – Результати розрахунку річної економії роботи устаткування та електроенергії оброблювальними центрами PICOMAX 820 VERSA у порівнянні з верстатами 654Ф3

4.3 Розрахунок річної економії витрат електроенергії запропонованим обладнанням у порівнянні з металообробними верстатами ФП 17 МН

Загальна трудомісткість виконання виробничої програми верстатами ФП 17 МН становить 6083 верстато-години.

В таблиці 4.8 представлена виробнича програма фрезерних верстатів ФП17МН.

Таблиця 4.8 – Перелік шифрів деталей та трудомісткості її виготовлення верстатом ФП 17 МН

№ з/с	Шифр деталі	№ операції	Верстат	Стара технологія		
				Програма випуску, од.	Час оброблення, хв	Загальний час оброблення, годин
1	20105009	80	ФП17МН	38	2400	1520
2	20105011	70	ФП17МН	38	2400	1520
3	20102015	25	ФП17МН	38	3140	1989
4	20102015	75	ФП17МН	38	1500	950
5	361331020	17	ФП17МН	26	240	104
Всього				436	9680	6083

Вихідні дані:

- потужність електродвигуна головного руху, $P_{\text{г.д}}$ – 22 кВт;
- потужність електродвигуна приводу повздовжньої подачі, $P_{\text{д1}}$ – 2,8 кВт;
- потужність електродвигуна приводу поперечної подачі, $P_{\text{д2}}$ – 2,8 кВт;
- потужність електродвигуна приводу вертикальної подачі, $P_{\text{д3}}$ – 1,6 кВт;
- потужність двигуна електронасосу, $P_{\text{д4}}$ – 0,6 кВт;
- коефіцієнт часу роботи допоміжного двигуна, $K_{\text{ч.д.д}}$ – 0,45;
- потужність різання, $P_{\text{різ}}$ – 8 кВт;
- номінальний ККД двигуна головного руху, $\eta_{\text{г.д}}$ – 0,88;
- номінальний ККД допоміжних двигунів, $\eta_{\text{д.д}}$ – 0,82;
- час роботи устаткування, T_0 – 6 083 год;
- фактичні витрати активної електроенергії, $W_{\text{ф.а}}$ – 487 кВт·год;
- фактичні витрати активної і реактивної електроенергії, $W_{\text{ф.а.р}}$ – 954 кВт·год;
- коефіцієнт машинного часу, $K_{\text{м.ч}}$ – 0,8.

Тип виробництва – спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні.

Визначається загальний номінальний ККД за формулою 4.1:

$$\eta_{ном} = 0,88 \cdot 0,82 = 0,72.$$

Визначається коефіцієнт невикористаної потужності за формулою 4.2:

$$\lambda = \frac{8}{22} = 0,364.$$

Визначається коефіцієнт завантаження верстату за формулою відповідного рядка таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Вибір коефіцієнта завантаження верстату відповідно до номінального ККД

$\eta_{ном}$	$K_{зав} = f(\lambda)$
0,60	$1,5 \lambda + 0,1$
0,62	$1,462 \lambda + 0,097$
0,64	$1,423 \lambda + 0,094$
0,66	$1,389 \lambda + 0,093$
0,68	$1,339 \lambda + 0,092$
0,70	$1,303 \lambda + 0,091$
0,72	$1,27 \lambda + 0,09$
0,74	$1,245 \lambda + 0,083$
0,76	$1,22 \lambda + 0,079$
0,78	$1,185 \lambda + 0,077$
0,80	$1,164 \lambda + 0,071$
0,82	$1,14 \lambda + 0,068$
0,84	$1,116 \lambda + 0,064$

$$K_{зав} = (1,27 \cdot 0,364) + 0,09 = 0,552.$$

Визначається норма витрат електроенергії на одну верстато-годину за формулою 4.3:

$$H_{e,2} = (22 + 2,8 + 2,8 + 1,6) \cdot 0,72 \cdot 0,5552 = 11,84 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Визначається норма витрат електроенергії на одну нормо-годину за формулою 4.4 згідно таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Вибір норми витрати електроенергії відповідно типу виробництва

Тип виробництва	Коефіцієнт завантаження
Багатосерійне виробництво	0,17
Спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні	0,25
Автоматичні поточні лінії	0,6

$$H_{н,2} = 11,84 \cdot 0,25 = 2,96 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Визначається коефіцієнт використання сумарної потужності з урахуванням режиму роботи допоміжних двигунів за формулою 4.5:

$$K_e^1 = \frac{(22 \cdot 0,72) + (7,8 \cdot 0,72 \cdot 0,45)}{28,8 \cdot 0,72} = 0,86.$$

Визначається коефіцієнт використання потужності встановлених електродвигунів з урахуванням технологічного режиму роботи окремих груп устаткування за формулою 4.6:

$$K_{e,n} = \frac{487}{954} = 0,51.$$

Визначається загальний коефіцієнт використання потужності за групами устаткування за формулою 4.7:

$$K_{з.в.п} = 0,51 \cdot 0,86 \cdot 0,88 = 0,35.$$

Визначаються витрати електроенергії на роботу верстату за формулою 4.8:

$$H_{в.е.1}^1 = 29,8 \cdot 0,72 \cdot 6083 \cdot 0,35 = 45625,5 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Розрахунок витрат електроенергії центрами PICOMAX 820 VERSA.

Загальна трудомісткість виконання виробничої програми центрами PICOMAX 820 VERSA становить 1497 верстато-години.

В таблиці 4.11 представлена виробнича програма фрезерних верстатів.

Таблиця 4.11 – Перелік шифрів деталей та трудомісткості їх виготовлення верстатом PICOMAX 820 VERSA

№ з/с	Шифр деталі	№ операції	Верстат	Нова технологія		
				Програма випуску, од.	Час оброблення, хв	Загальний час оброблення, годин
1	20105009	80	PICOMAX 820	38	300	190
2	20105011	70	PICOMAX 821	38	310	196
3	20102015	25	PICOMAX 822	38	1300	823
4	20102015	75	PICOMAX 823	38	370	234
5	361331020	17	PICOMAX 824	26	123	53
Всього				436	2403	1496

Вихідні дані:

- потужність електродвигуна головного руху, $P_{г.д}$ – 24 кВт;
- потужність електродвигуна приводу подачі стола, $P_{о1}$ – 4,8 кВт;
- коефіцієнт часу роботи допоміжного двигуна, $K_{ч.д.д}$ – 0,3;
- потужність різання, $P_{різ}$ – 8 кВт;
- номінальний ККД двигуна головного руху, $\eta_{г.д}$ – 0,85;
- номінальний ККД допоміжних двигунів, $\eta_{д.д}$ – 0,8;
- час роботи устаткування, T_0 – 1497 год;

- фактичні витрати активної електроенергії, $w_{\text{ф.а}}$ – 487 кВт·год;
- фактичні витрати активної і реактивної електроенергії, $w_{\text{ф.а.р}}$ – 954 кВт·год;
- коефіцієнт машинного часу, $K_{\text{м.ч}}$ – 0,85.

Тип виробництва – спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні.

Визначається загальний номінальний ККД за формулою 4.1:

$$\eta_{\text{ном}} = 0,85 \cdot 0,8 = 0,68.$$

Визначається коефіцієнт невикористаної потужності за формулою 4.2:

$$\lambda = \frac{8}{24} = 0,333.$$

Визначається коефіцієнт завантаження верстату за формулою відповідного рядка таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Вибір коефіцієнта завантаження верстату відповідно до номінального ККД

$\eta_{\text{ном}}$	$K_{\text{зав}} = f(\lambda)$
0,60	$1,5 \lambda + 0,1$
0,62	$1,462 \lambda + 0,097$
0,64	$1,423 \lambda + 0,094$
0,66	$1,389 \lambda + 0,093$
0,68	$1,339 \lambda + 0,092$
0,70	$1,303 \lambda + 0,091$
0,72	$1,27 \lambda + 0,09$
0,74	$1,245 \lambda + 0,083$
0,76	$1,22 \lambda + 0,079$
0,78	$1,185 \lambda + 0,077$
0,80	$1,164 \lambda + 0,071$
0,82	$1,14 \lambda + 0,068$
0,84	$1,116 \lambda + 0,064$

$$K_{\text{зав}} = (1,339 \cdot 0,333) + 0,092 = 0,538.$$

Визначається норма витрат електроенергії на 1 верстато-годину за формулою 4.3:

$$H_{e,z} = (24 + 4,8) \cdot 0,68 \cdot 0,538 = 10,54 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Визначається норма витрат електроенергії на одну нормо-годину за формулою 4.4 згідно таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Вибір норми витрати електроенергії відповідно типу виробництва

Тип виробництва	Коефіцієнт завантаження
Багатосерійне виробництво	0,17
Спеціалізовані верстати, верстати автомати, агрегатні	0,25
Автоматичні поточні лінії	0,6

$$H_{n,z} = 10,54 \cdot 0,25 = 2,64 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Визначається коефіцієнт використання сумарної потужності з урахуванням режиму роботи допоміжних двигунів за формулою 4.5:

$$K_e^1 = \frac{(24 \cdot 0,68) + (4,8 \cdot 0,68 \cdot 0,3)}{28,8 \cdot 0,68} = 0,88.$$

Визначається коефіцієнт використання потужності встановлених електродвигунів з урахуванням технологічного режиму роботи окремих груп устаткування за формулою 4.6:

$$K_{e,n} = \frac{487}{954} = 0,51.$$

Визначається загальний коефіцієнт використання потужності за

групами устаткування за формулою [4.7]:

$$K_{з.в.п} = 0,51 \cdot 0,88 \cdot 0,85 = 0,38.$$

Визначаються витрати електроенергії на роботу верстату за формулою 4.8:

$$H_{в.е.2}^1 = 28,8 \cdot 0,68 \cdot 1497 \cdot 0,38 = 11\,239,2 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

В таблиці 4.14 та рисунку 4.2 представлена економія електроенергії та часу роботи устаткування на один верстат.

Таблиця 4.14 – Результати розрахунку річної економії роботи устаткування та електроенергії оброблювальними центрами PICOMAX 820 VERSA у порівнянні з верстатами ФП 17МН

Найменування показника	Од.вим.	ФП 17МН	PICOMAX 820	Економія
Час роботи устаткування	годин	6 038	1 497	4 585
Витрати електроенергії	кВт·год	45 625	11 239	34 386

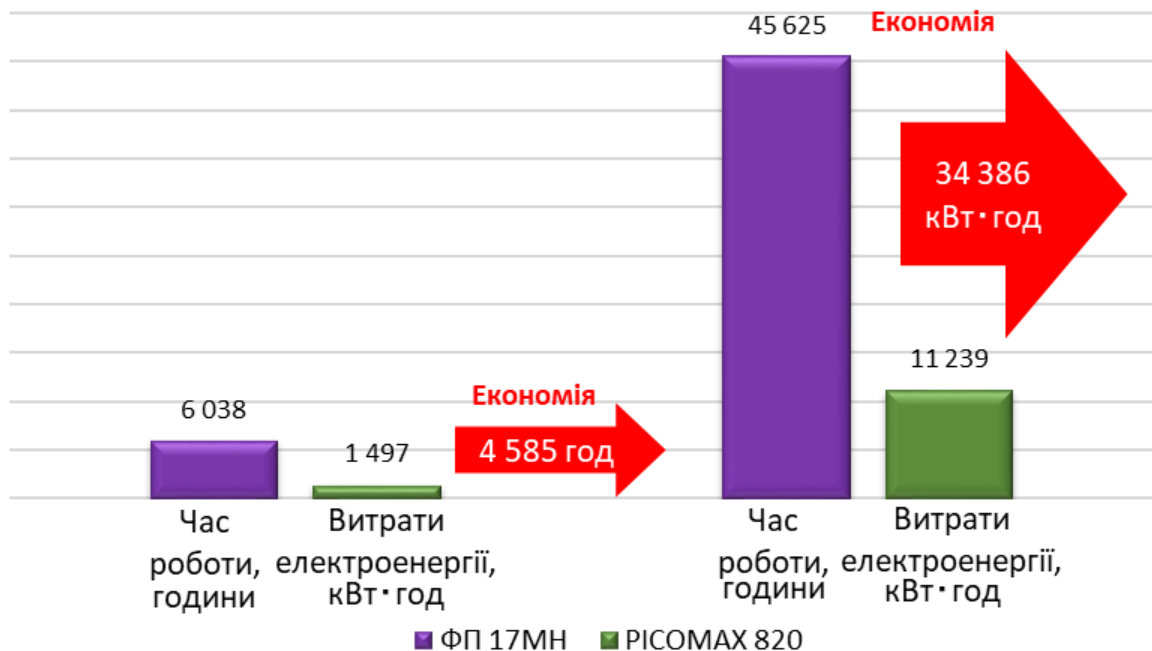


Рисунок 4.2 – Результати розрахунку річної економії роботи устаткування та електроенергії оброблювальними центрами PICOMAX 820 VERSA у порівнянні з верстатами ФП 17МН

4.4 Розрахунок економії споживання електроенергії після модернізації внутрішньої системи освітлення

Пропонується заміна існуючих люмінесцентних трубчатих ламп Osram T8 L58W/765/54 G13 (1500мм) у кількості 534 одиниці та люмінесцентних компактних EQS-04 38Вт 6400К E27 у кількості 22 одиниці на діодні.

Модернізація внутрішньої системи освітлення призведе не тільки до зниження споживання електроенергії, але й відновить освітленість робочої зони згідно нормативного значення за ДБН В.2.5-28-20XX [13].

В таблиці 4.15 приведена порівнювальна характеристика ламп «до» та «після» модернізації при річній експлуатації 1956 годин.

Таблиця 4.15 – Річне споживання електроенергії системою освітлення «до» та «після» модернізації

Найменування	Кількість, од.	Одинична потужність, кВт	Години роботи	Річне споживання електроенергії, кВт·год
До модернізації				
Osram T8 L58W/765/54 G13	534	0,058	1 956	60 581
EQS-04 38Вт 6400К E27	22	0,038	1 956	1 635
Всього	556			62 216
Після модернізації				
Philips	534	0,023	1 956	24 024
VIDEX Filament LED	22	0,007	1 956	301
Всього	556			24 325

Таким чином економія після модернізації системи освітлення становить 37 825 кВт·год на рік.

4.5 Характеристика економічної доцільності заходів зі скорочення обсягів споживання електроенергії фрезерувальним цехом

Основним економічним показником доцільності впровадження заходів з енергоефективності є простий строк окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{E}, \quad (4.9)$$

де K – капітальні вкладення у проєкт;

E – економія, яка отримується в результаті впровадження проєкту.

В таблиці 4.16 та рисунку 4.3 приведені зведені показники впровадження заходу з заміни фрезерувальних верстатів 654Ф3 та ФП17 МН на новітні оброблювальні центри PICOMAX 820 VERSA при наступних умовах:

– за виробничою програмою для верстата 654Ф3: 28 верстатів 654Ф3 замінюються на 7 оброблювальних центрів PICOMAX 820 VERSA; за виробничою програмою верстата ФП17 МН: 14 верстатів ФП17 МН замінюються на 7 оброблювальних центрів PICOMAX 820 VERSA;

– ціна одного оброблювального центру PICOMAX 820 VERSA 1 100 000 грн.;

– тариф на електроенергію становить 2,073 грн/ кВт·год.

Таблиця 4.16 – Зведені показники впровадження заходу заміни фрезерувальних верстатів

Найменування	Споживання електроенергії, кВт·год	Річна економія електроенергії		Інвестиції, грн
		кВт·год	грн	
654Ф3	519 204	435 029	902 111	7 700 007
PICOMAX 820 VERSA	84 175			
ФП17 МН	638 750	560 077	1 161 420	
PICOMAX 820 VERSA	78 673			
Всього		995 106	2 063 531	

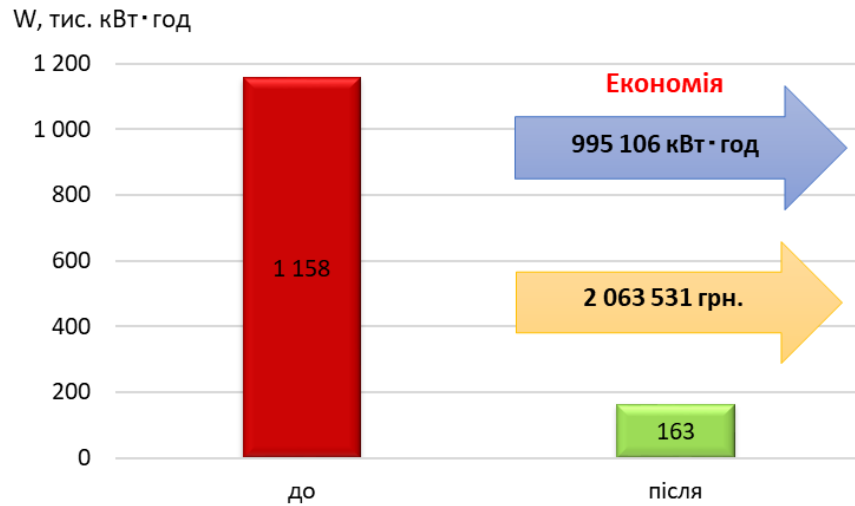


Рисунок 4.3 – Зведені показники економії від впровадження заходу заміни парку обладнання

Простий строк окупності заходу заміни морально та фізично зношених фрезерувальних верстатів на новітні оброблювальні центри становить 3,7 роки.

В таблиці 4.17 та рисунку 4.4 приведені зведені показники впровадження заходу з заміни люмінесцентних трубчатих ламп Osram T8 L58W/765/54 у кількості 534 од. та люмінесцентних компактних ламп EQS-04 у кількості 22 одиниці у внутрішній системі освітлення фрезерувального цеху.

Таблиця 4.17 – Зведені показники впровадження заходу заміни ламп

Найменування	Споживання електроенергії, кВт·год	Річна економія електроенергії		Інвестиції, грн
		кВт·год	грн	
Osram T8 L58W/765/54	60 581	36 558	75 809	98 338
Philips LED	24 024			
EQS-04 38Вт 6400К	1 635	1 334	2 766	
VIDEX Filament LED	301			
Всього		37 892	78 575	

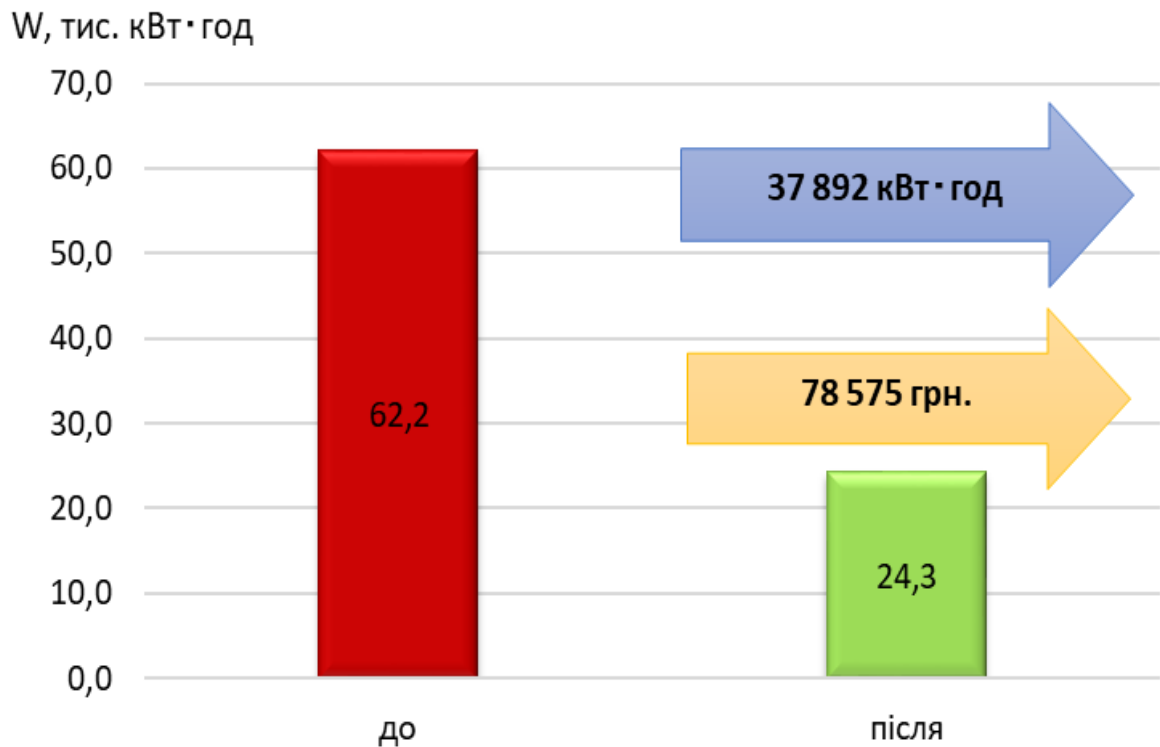


Рисунок 4.4 – Зведені показники економії від впровадження заходу заміни ламп у внутрішній системі освітлення

Простий строк окупності заходу заміни ламп внутрішньої системи освітлення фрезерувального цеху складає 1,3 роки.

Розрахунки проведені без урахування росту тарифів на електроенергію, якщо оціночно прийняти лінійне зростання тарифів близько 3% кожний рік, то дисконтований строк окупності заміни фрезерувальних верстатів становить 3 роки, а заміна ламп - один рік.

На рисунку 4.5 приведена діаграма, що показує зменшення річного споживання електроенергії фрезерувальним цехом.

Загальна економія споживання електроенергії становить 1 033 тис кВт·год., або 2,14 млн грн на рік.

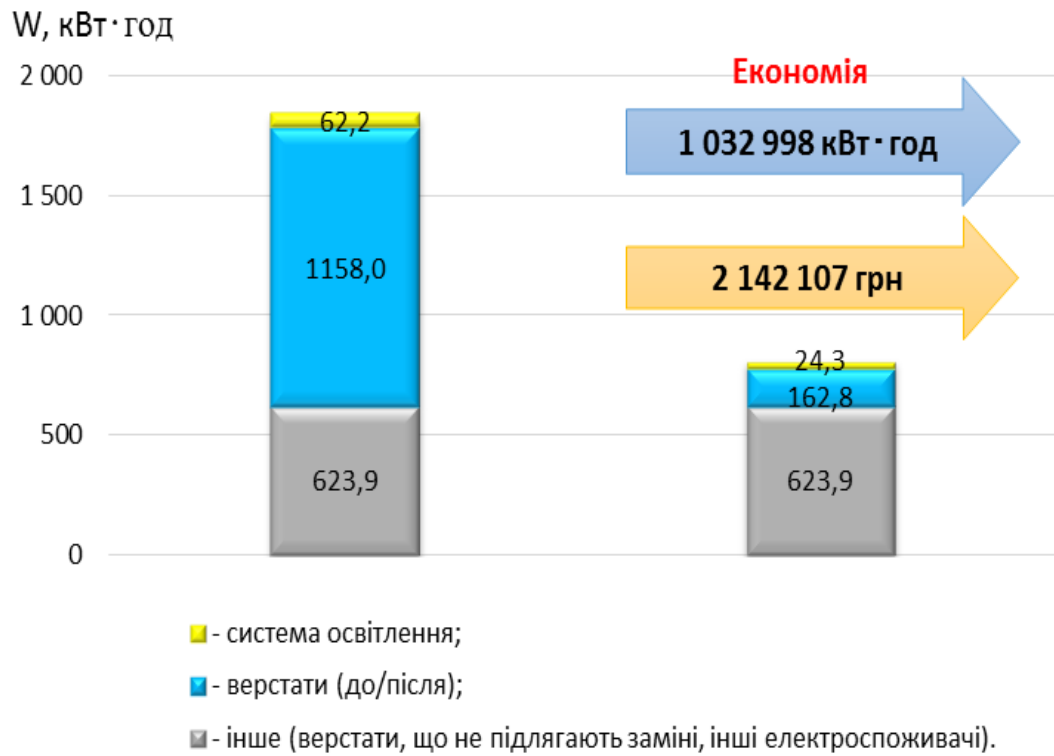


Рисунок 4.5 – Діаграма скорочення споживання електроенергії фрезерувальним цехом

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз споживання енергоресурсів технологічним обладнанням підприємства АТ «Мотор Січ», в якому були виявлені основні недоліки виробничого процесу, що призводять до нераціонального споживання електроенергії.

Представлено результати енергоаудиту фрезерувального цеху, в якому запропонована заміна верстатів 654Ф3 та ФП17МН на сучасні оброблювальні центри PICOMAX 820 VERSA, також запропонована модернізація внутрішньо-цехової системи освітлення.

Наведено техніко-економічні розрахунки зі скорочення обсягів споживання електроенергії та витрат на її оплату, згідно якого захід заміни парку обладнання призводить до економії 995 106 кВт·год із простим строком окупності 3,7 роки; захід з модернізації системи освітлення призводить до економії 37 892 кВт·год із простим строком окупності 1,3 роки. Загальна економія після впровадження заходів складає 1 032 998 кВт·год.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року: Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність: : веб сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> (дата звернення 20.09.2023)
2. Міністерство енергетики України : веб сайт. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (дата звернення 20.09.2023).
3. Державна служба статистики України : веб сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 04.11.2023).
4. Державна служба статистики України : веб сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/dop/06/dop_vp2017.pdf (дата звернення 21.11.2023).
5. Нафтогаз група. Обсяги використання газу : веб сайт. URL: [https://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23?OpenDocument&Expand=7&\]](https://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23?OpenDocument&Expand=7&) (дата звернення 12.11.2023).
6. Селезньов, Д.С. Економія енергоресурсів [Текст] : Навчальний посібник/ Д.А. Дюдник – Луцьк : Видавництво «Київ», 1997. – 254 с.
7. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. Київ, 2017. 176 с. URL: <http://un.org.ua/images/>
8. Держенергоефективності: веб сайт. URL: <https://saee.gov.ua/uk> (дата звернення 21.11.2023).
9. Макаренко С.М. Підвищення конкурентоспроможності підприємства шляхом організації перманентних інноваційних процесів // Економічний простір, 2008, №19. – С. 296.

10. Козак Ю.Г., Ковалевський В.В., Логвінова Н.С. Міжнародні стратегії економічного розвитку : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 356 с.
11. Василега П.О. Електропостачання : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2008. 415 с.
12. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : підручник. Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 с.
13. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання : навч. посіб. Суми : ВТД Університетська книга, 2007. 280 с.
14. Рудницький, В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування [Текст] : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. - Суми : "Університетська книга", 2006. - 153 с.
15. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. Станочные приспособления. Монография. [Текст] / Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. – Запорожье: Мотор Сич, 2000. – 430 с. – ISBN 966-7108-22-8.
16. Влаштування та конструкція високошвидкісного електрошпинделя. [Електронний ресурс]. Стаття. Режим доступу: \WWW/ URL: http://www.sergeevhsc.de/media/DIR_65814/c219c0b38f472e1bffff824affffff0.pdf – Загол. з екрану.
17. Документація. Технічний паспорт. Станки фрезерно-сверлильно-росточные. ФП17МН. [Текст] 72011.047.00.000 Р9. Савёловское производственное объединение «Прогресс» – 253с.
18. Каталог компанії Fehlmann. Металлообработка – 2016.[Електронний ресурс] Режим доступу:\WWW/ URL: <http://www.itonews.ru/archive/2016/1605ito24alphleth.pdf> – Загол. з екрану.
19. Оборудование и инструмент для профессионалов 2015 №04 (177) [Текст]. Харьков: Информационно-издательский дом «ЦентрИнформ», 2015. — 71 с.
20. Основи енергозбереження. Конспект лекції для студентів спеціальності «Енергетичний менеджмент» [Текст] / Сост: Ю.Г. Качан. – Запоріжжя: Видавництво ЗГІА, 2002. – 184с.

21. Сайт підприємства АТ «Мотор Січ». : веб сайт. URL::\WWW/ URL:
<http://www.motorsich.com> – Загол. з екрану.

22. Системи електроспоживання та електропостачання пром. підприємств.: Підручник для ВНЗ III-IV р.а. Шестеренко В. Є. (Видавництво «Нова Книга») Вінниця, 2004 – 656 с.