

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

**Доповідь**

**до захисту магістерської кваліфікаційної роботи на тему:**

**«НОРМУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ  
НА ФІЛІЇ «ВІННИЦЬКИЙ СПЕЦКАР'ЄР», СМТ. ТУРБІВ»**

Доповідач: ст.гр. ЕМ-16м

Маліванчук І.М.

Науковий керівник: к.т.н., доцент

Шулле Ю.А.

Вінниця ВНТУ - 2018 року

# Актуальність теми

- Галузі гірничої промисловості є одними з найбільш енергоємних. На видобуток, збагачення і переробку корисних копалин витрачається біля 20% всієї виробленої в країні електроенергії. Тому проблема енергозбереження в цих галузях має загальнодержавне значення.
- Технічний стан об'єктів енергетики характеризується критичним рівнем зношеності основних фондів (від 60 до 70%). Зношеність теплових та ненадійність іноді електричних мереж ставить завдання перед підприємствами робити інвестиції в енергонезалежність своїх виробництв. Найбільший ефект в енергозбереженні, в економії палива забезпечують когенераційна і комбінована когенераційно-теплонасосна технології. Ще одним із напрямків енергозбереження є використання біопалива, яке є не тільки екологічним, а й відновлюваним.
- Нормування та прогнозування споживання електроенергії дозволить вдосконалити керування режимами електроспоживання, підвищить точність і достовірність контролю поточних параметрів режимів електроспоживання, покращить контроль за використанням електричної енергії.

# Мета, задачі, об'єкт та предмет дослідження

- **Метою роботи** є оптимізація споживання енергетичних ресурсів і підвищення енергоефективності промислового підприємства за рахунок нормування і прогнозування електричних навантажень та впровадження когенераційної установки для виробництва тепло- та електроенергії.
- Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:
  - - провести аналіз стану наукових досліджень з питань нормування та прогнозування енергоспоживання;
  - - виконати аналіз даних енерговикористання та здійснити нормування і прогнозування електричних навантажень;
  - - розробити рекомендації по енергозбереженню на підприємстві;
  - - розробити математичні моделі для дослідження варіантів двигунів когенераційних та когенераційно-теплонасосних установок;
  - - виконати дослідження заходів енергозбереження за допомогою комп'ютерних реалізацій математичних моделей;
  - - розглянути питання охорони праці на підприємстві.
- **Об'єктом дослідження** є процеси діяльності підприємства пов'язані з споживанням енергоресурсів.
- **Предметом дослідження** є методи нормування, прогнозування, планування, контролю та аналізу енергоспоживання виробничих систем.

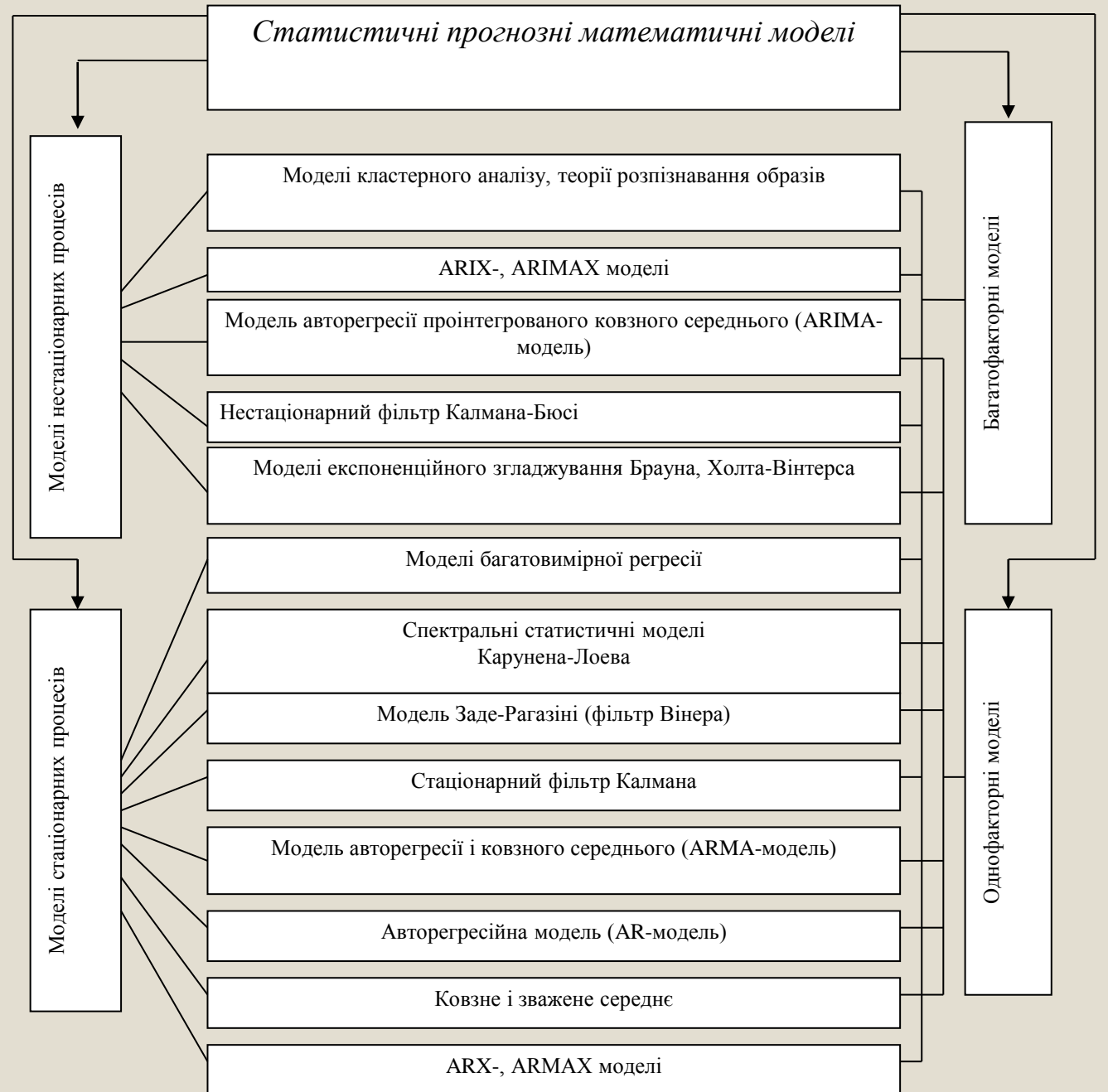
# Аналіз проблеми і постановка задачі досліджень

- Особливості електропостачання гірничих машин і складні умови їх експлуатації зумовлюють більш високі вимоги до енергозбереження, надійності систем електропостачання, точності визначення електричних навантажень окремих приймачів і споживачів.

## Питома вага електроприймачів в установленій потужності кар'єру філія «Вінницький спецкар'єр»

Група електроприймачів	Питома вага груп в загальній установленій потужності кар'єрів, %
1. Добувні екскаватори	34,2
2. Вскришні екскаватори	12,7
3. Бурові станки	43,0
4. Стаціонарна компресорна станція	-
5. Механізми гідровскриші	-
6. Кар'єрний водовідлив	8,7
7. Допоміжні споживачі і електроприймачі (майстерні, освітлення, котельня, насосні станції)	1,4

# Класифікація основних статистичних прогнозних математичних моделей електричних навантажень систем електроспоживання



# Детерміновані підходи розробки прогностичних математичних моделей електричних навантажень систем електроспоживання



# Нормування електроспоживання

- Розробка і впровадження на кожному підприємстві ефективної системи нормування електроспоживання є одним з основних напрямків енергозбереження в країні.

Значення питомої витрати електроенергії на екскавацію порід для філія «Вінницький спецкар'єр»

Тип екскаватора	Тип транспортного засобу	Значення математичного сподівання питомої витрати електроенергії на екскавацію порід для підприємств філія «Вінницький спецкар'єр», кВт г/т				
		м'яка вскриша	гірничя маса	камінь-бут	відсів	щебень
ЕКГ-4,6	БІЛАЗ	-	0,32	-	-	-
	КРАЗ	-	0,34	-	-	-

## Технологічні питомі норми по дробильно-сортувальному заводу «Вінницького спецкар'єру»

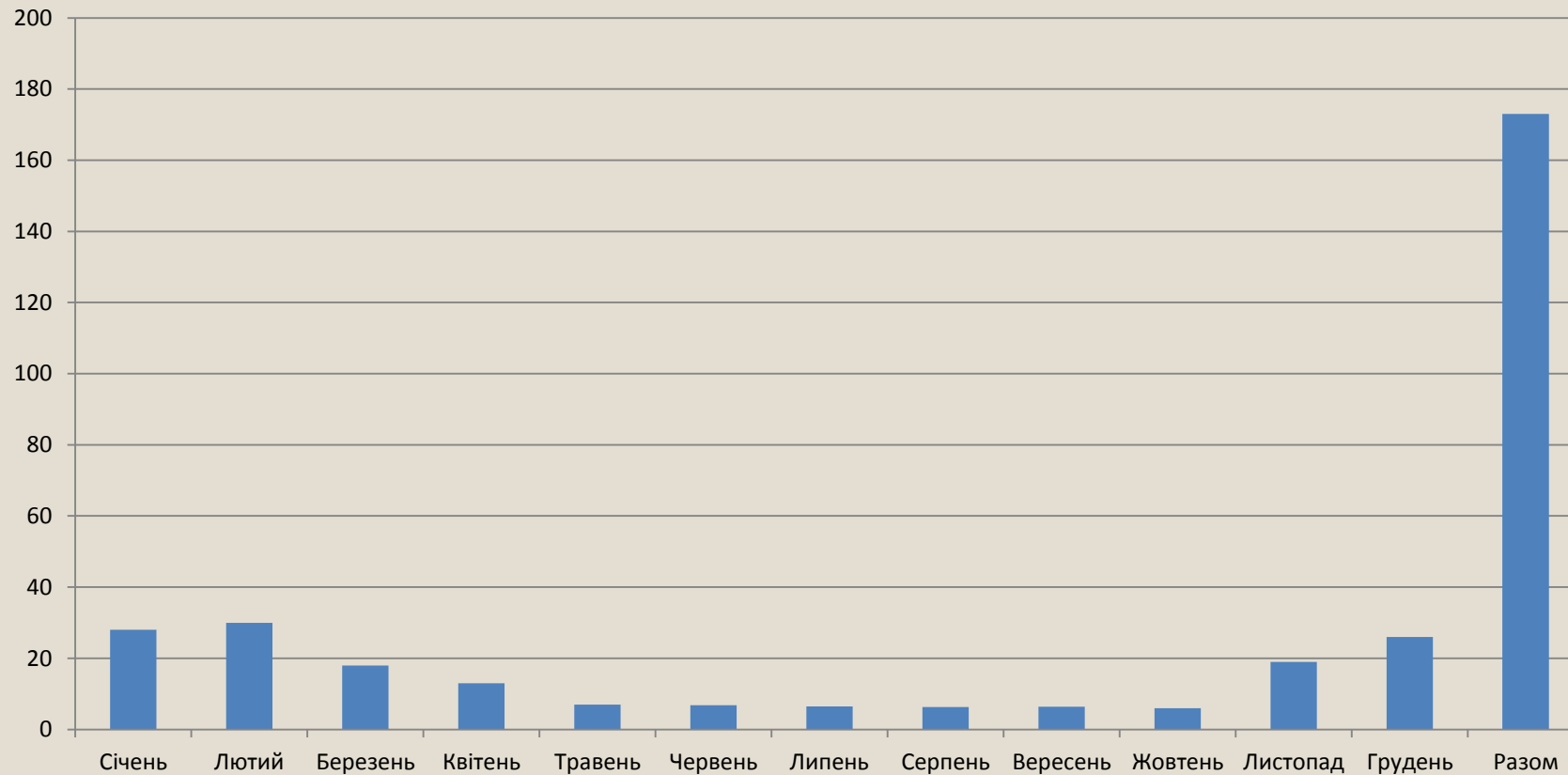
Найменування технологічних операцій чи агрегатів	Технологічні норми, кВт·г/тон
1. Корпус первинного подрібнення	0,146
2. Корпус вторинного подрібнення	0,101
3. Корпус третинного подрібнення чи корпус додрібнювання (без конусних дробарок)	0,269
4. Конусна дробарка № 1	0,310
5. Конусна дробарка № 2	0,360
6. Корпус сортування і промивки щебеню	0,260
7. Промивка щебеню (насосні станції системи зворотнього водопостачання)	0,248
8. Транспортування щебеню і відсіву на склад готової продукції	0,038
9. Технологічна (сумарна) питома норма витрати електроенергії на переробку гірничої маси:	
- без промивки щебеню	1,501
- з промивкою щебеню	1,749



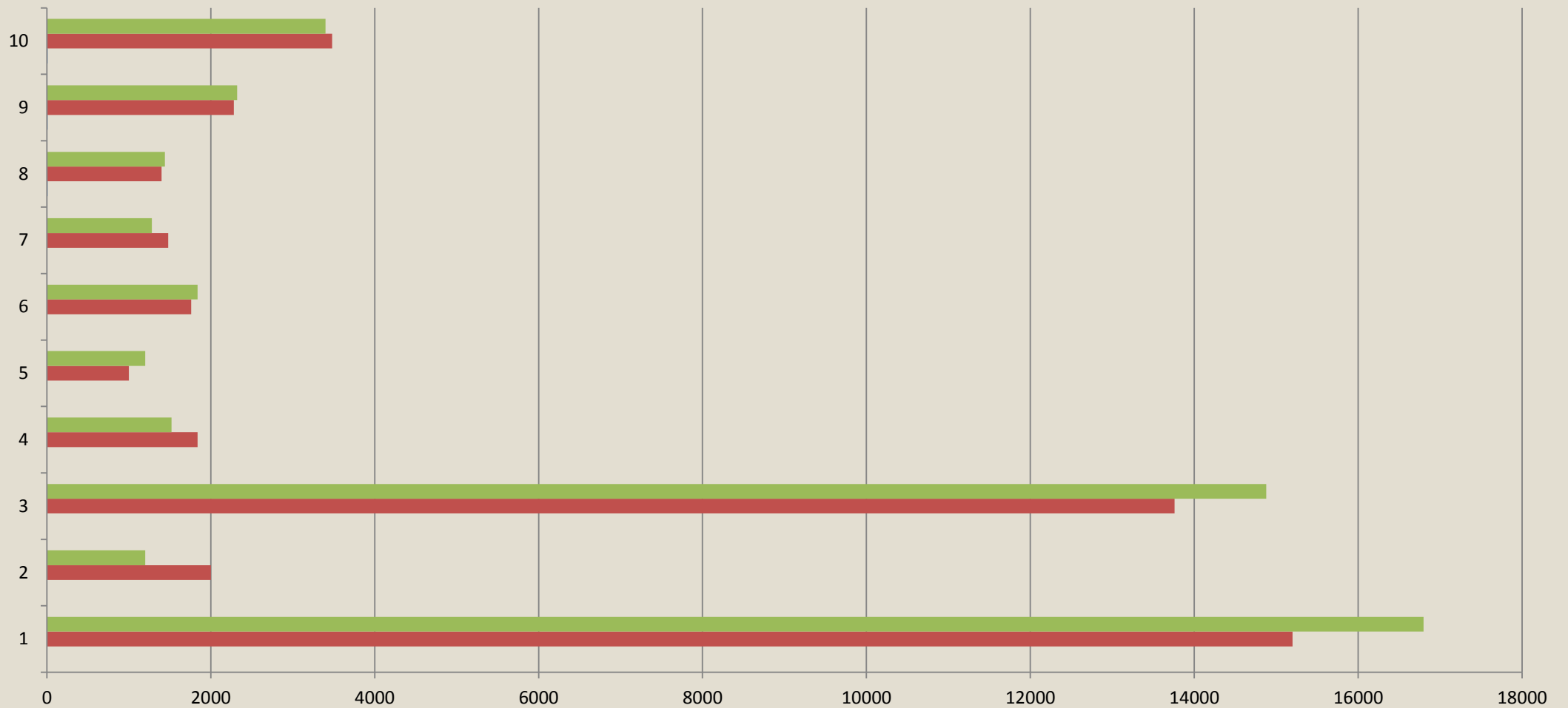
## Питомі витрати електроенергії на виконання допоміжних технологічних операцій

Тип бурових станків	Значення питомих витрат, кВт г/пог.м				
	$\omega_{o.n}$	$\omega_{o.p}$	$\omega_{o.n}$	$\omega_{o.2}$	$\omega_{o.3}$
СБШ-250	1,05	0,90	0,25	0,15	0,025
СБУ-100	-	0,015	0,006	-	0,001
СБМК-5	-	0,015	0,012	-	0,001
СБШ-250	0,052	0,15	0,1	0,12	0,18
СБУ-100	0,009	-	-	-	0,1
СБМК-5	0,005	-	-	-	0,01

# Аналіз даних енерговикористання та прогнозування електричних навантажень підприємства



Річне споживання газу підприємством за 2015 рік



Баланс використання електроенергії на підприємстві

Лампа	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Термін служби, год.	Цоколь	Ціна, грн.
ДРЛ	500	26000	6000	E40	100
Натрієва	250	30000	12000	E40	150

Порівняльні характеристики ламп розжарювання і натрієвих ламп

# Комп'ютерні моделі та результати досліджень

Елемент	dP <sub>хх</sub> ,кВт	dP <sub>кз</sub> ,кВт	S <sub>н</sub> , кВА	P <sub>с</sub> , кВт	Q <sub>с</sub> , квар	T, год	кфа	кфр	C, грн/кВт*год	Ввтр.до,грн	Ввтр.після, грн	Економія, грн
Тр-р №1	1,96	10,5	1000	97,6	61,4	8760	1,3	1,28	1,8	20857,57732	19834,9377	1022,6396
Тр-р №2	1,96	10,5	1000	73,2	54,2	8760	1,31	1,29	1,8	19501,37066	18692,0066	809,36404
Тр-р №3	1,96	10,5	1000	110	53	8760	1,28	1,27	1,8	21201,95693	20451,8467	750,11024
Тр-р №4	1,96	10,5	1000	61,3	47,2	8760	1,33	1,3	1,8	18893,45691	18270,1002	623,35667
Сума												3205,4705

Визначення вартості зниження втрат електроенергії в трансформаторах підприємства

Елемент	кф I <sub>до</sub>	кф I <sub>після</sub>	P <sub>с</sub> , кВт	Q <sub>с</sub> , квар	T, год	U, кВ	I, км	R <sub>0</sub> Ом/км	C, грн/кВт*год	Ввтр.до,грн	Ввтр.після, грн	Економія, грн
Кл 1	1,29	1,28	97,6	61,4	8760	10	0,4	1,1	1,8	1535,043083	1082,80153	452,24155
Кл 2	1,28	1,27	73,2	54,2	8760	10	0,4	1,1	1,8	942,9999906	599,596228	343,40376
Кл 3	1,28	1,27	110,4	53	8760	10	0,33	1,1	1,8	1406,410825	1125,19767	281,21315
Кл 4	1,28	1,27	61,3	47,2	8760	10	0,33	1,1	1,8	561,3138878	346,905853	214,40803
Сума												1291,2665

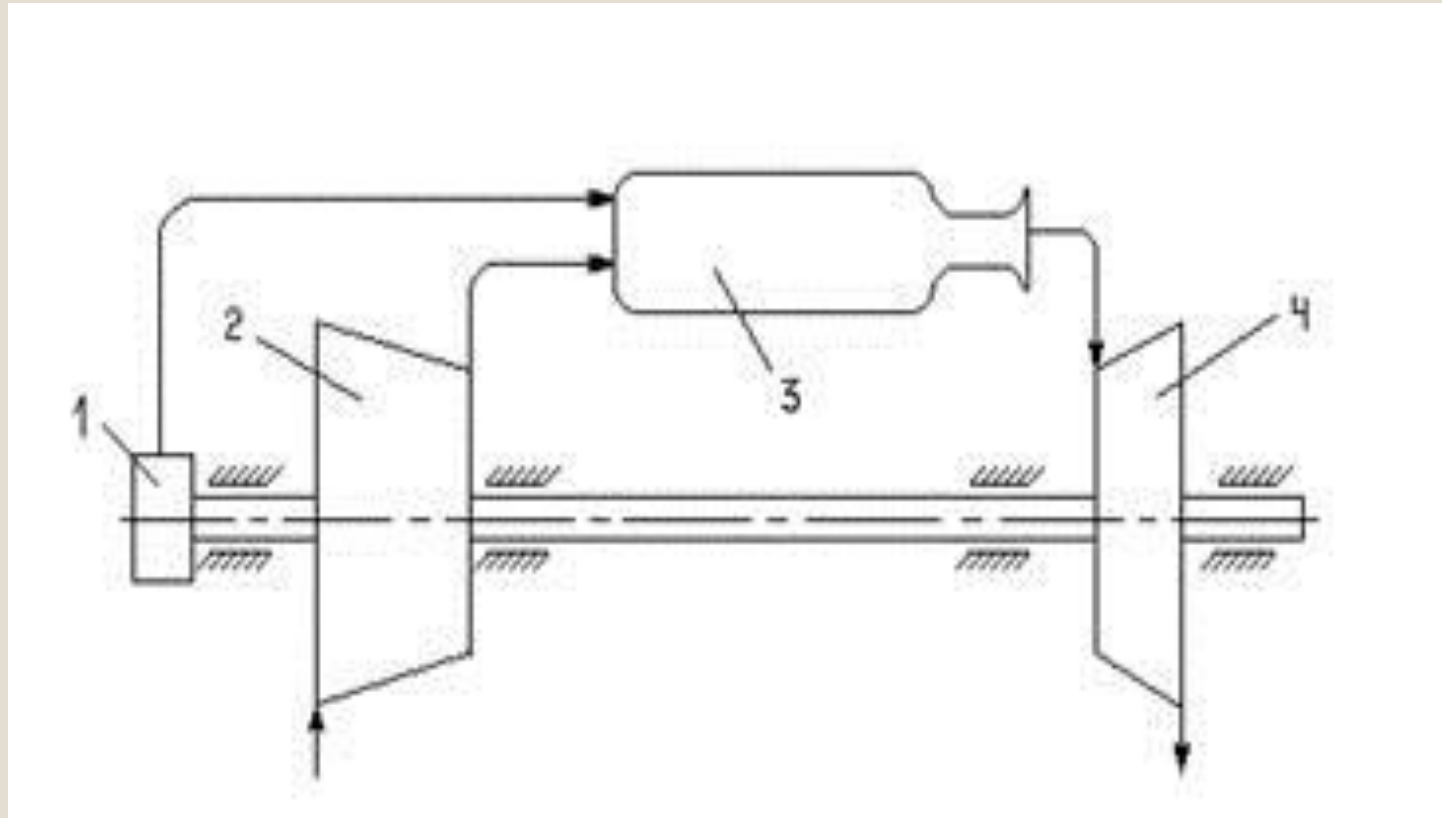
Визначення вартості зниження втрат електроенергії в кабельних лініях підприємства

W <sub>асп</sub> , кВт*год	W <sub>асп</sub> , кВт*год	tgφ	D, кВт/квар	C, грн/кВт*год	C <sub>баз</sub>	B <sub>1</sub> , грн	B <sub>2</sub> , грн	BW <sub>p</sub> , грн
1730000	1280000	0,75	0,02	1,8	1,3	46080	14976	61056

Визначення величини зниження оплати за електроенергію підприємством внаслідок КРП

Розрахунок для періоду в 7 роки ( $N = 7$ ) і для $P'_{np(8)}$ на восьмий рік:	
Середньорічний коефіцієнт темпу росту для середнього значення	
$K_{mm}$	0,99551
Середньорічний коефіцієнт темпу росту для стандарту	
$K_{ms}$	1,01834
Розрахункове значення, яке прогнозується	
$P'_{np(8)}$	2,10415 МВт
Відносна помилка прогнозу по відношенню до $P_{30}$	
$\varepsilon$	-5,1551 %

Розрахунок прогнозування для періоду 7 років



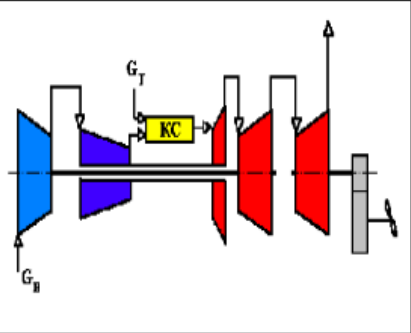
Принципова схема ГТД з підведенням тепла при  $p = \text{const}$ : 1 - паливний насос; 2 - компресор; 3 - камера згоряння; 4 - газова турбіна

```
C:\ F:\DIESEL\DIESEL.EXE
Исходные данные
Эффективная мощность Ne, кВт 4390.0000
Частота вращения коленвала n, об/мин 1000.0000
Тактность tau 4.0000
Внутренний диаметр цилиндра D, дм 2.6000
Ход поршня S, дм 3.2000
Давление окр.среды P0, МПа 0.1013
Температура окр.среды T0, К 293.0000
Степень сжатия epsilon 12.0000
Коэффициент избытка воздуха alpha 2.0000
Коэффициент продувки phi 1.0500
Давление газов в цилиндре Pz, МПа 13.5000
Низшая удельная теплота сгорания QH, кДж/кг 42496.0000
Средний показатель адиабаты воздуха k 1.4000
Адиабатный к.п.д. компрессора eta_k, ад 0.7500
Степень отдачи теплоты в охладителе sigma_ох 0.7000
Температура охл.агента на входе в охладитель To.a1, С 45.0000
Стехиометрич. кол-во воздуха в горючей смеси L0, кмоль 0.4952
Механический к.п.д. (компрессора), eta_m 0.9200
??? P1, МПа 0.1000
Теплоемкость свежего заряда Cp cz, кДж/(кг*К) 1.0260
Относительная теплоотдача в стенки цилиндра за цикл qw 0.1400
↑, ↓, - перемещение, Enter - выбор, <пробел> - начало расчета, Esc - выход
```

## Інтерфейс комп'ютерної моделі DIESEL



**Расчёт параметров 2-х компрессорного ГТД на частичных нагрузках**  
(с учётом изменения КПД турбомашин)



Исходная информация:		Вспомогательные величины:		Уравнения аппроксимации характеристик компрессоров на границе помпажа	
Номинальная мощность, кВт	4300	Газовая постоянная, R, кДж/кгК	0,2872	КНД:	КВД:
Общая степень повышения давления, π	16	Теплоёмкость воздуха, c <sub>ра</sub> , кДж/кг К;	1,01	$Y_1^{помп} = (a + bn_{пр}) / (1 + cn_{пр} + dn_{пр}^2)$	$Y_2^{пом} = a * (n^{пр} - b)^c$
Кэфф. распределения общей степ. пов. давления	0,25	Теплоёмкость газа, c <sub>рг</sub> , кДж/кг К;	1,15	где:	где:
Температура газа на номинальном режиме, T <sub>3</sub> , К	1323	Показатель адиабаты для воздуха, κк:	1,3973437	a = -0,03402	a = 1,9489084
Температура воздуха перед компрессором, T <sub>1</sub> , К	288	Показатель адиабаты для газа, κт:	1,3328897	b = 0,190024	b = 0,2162445
Давление воздуха перед компрессором, p <sub>1</sub> , кПа	101	Показатель степени для воздуха:	0,284356	c = -1,74456	c = 2,238063
Степень регенерации, γ	0,8	Показатель степени для газа:	0,249739	d = 0,869701	
Величина недоохлаждения воздуха в ПО, °С	0	Среднее значение адиабаты:	1,3851087	$X_1^{помп} = a + bn_{пр} + cn_{пр}^2 + dn_{пр}^3$	$X_2^{пом} = a + bn_{пр} + cn_{пр}^2 + dn_{пр}^3$
Температура охлаждающей воды на входе в ПО, К	293	Коэффициент, β*	1,01	где:	где:
		Степень повышения давления в КНД, λ <sub>1</sub>	4	a = -0,79569	a = -4,844524
				b = 3,789277	b = 18,351587
				c = -4,29138	c = -21,47619
				d = 2,191142	d = 8,888889

## Интерфейс комп'ютерної моделі ГТД

## Річні витрати палива на номінальних режимах роботи двигуна

<b>Відносна потужність</b>	<b>1</b>	<b>0,8524</b>	<b>0,509</b>	<b>0,253</b>	<b>0,153</b>	<b>0,112</b>	<b>0,047</b>
<b>Час роботи в рік, год</b>	325	3250	1300	650	325	195	130
<b>Годинна витрата палива, кг/год</b>	1006	789	461	280	231	225	142
<b>Річна витрата палива, т</b>	327	2564	599	182	75	44	18

## Річні витрати при часткових режимах роботи ГТД

<b>Відносна потужність</b>	<b>1</b>	<b>0,824</b>	<b>0,509</b>	<b>0,253</b>	<b>0,153</b>	<b>0,112</b>	<b>0,047</b>
<b>Витрати палива, кг/год.</b>	1163,8	1000,9	694,6	420,4	298,7	242,6	141,7
<b>Час роботи в рік, год</b>	325	3250	1300	650	325	195	130
<b>Річні витрати, т</b>	378,235	3252,925	902,98	273,26	97,0775	47,307	18,421

## Порівняння досліджуваних характеристик дизеля та ГТД

Характеристика	Дизель	ГТД
Сумарні річні витрати палива, т	4011,15	4970,206
Річні затрати на паливо, млн.грн.	79,19	99,404
Річні експлуатаційні затрати, млн.грн.	89,7	98

# Економічна частина роботи

## Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	1132711,37	51%
Витрати на поточний ремонт	166547,635	8%
Витрати на амортизацію	472800,93	21%
Інші витрати	443014,983	20%
<b>Разом</b>	<b>2215074,91</b>	<b>100%</b>

## Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	16138800	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	16718558,61	кВт·год.
Плата за електроенергію	$P_1$	33437117,230	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_p$	2215074,913	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	35652192,14	грн.
Собівартість електроенергії	$S$	220,91	коп/кВт·год.

# ВИСНОВКИ

- Аналіз стану наукових досліджень з питань нормування та прогнозування енергоспоживання показав, що за допомогою нормування електричних навантажень можна суттєво підвищити енергоефективність підприємства. В задачах по прогнозуванню електричних навантажень найкраще використовувати метод коефіцієнтів темпів росту через свою простоту розрахунків та точність. Проаналізований сучасний стан питань використання теплових двигунів на біопаливі та сформульовані задачі дослідження.
- Розроблені рекомендації по енергозбереженню на підприємстві:
  - встановлення засобів компенсації реактивної потужності, що зумовлено наявністю асинхронних двигунів;
  - заміна ртутних ламп на натрієві, а також ламп розжарення на більш економні;
  - модернізація водяної системи опалення цехів підприємства зі значними площами і невеликою кількістю виробничого персоналу на систему опалення з використанням інфрачервоних обігрівачів.
- Виконані дослідження ефективності біопаливних двигунів когенераційних установок на номінальному та часткових режимах навантажень
- Визначено, що застосування когенераційних двигунів в водогрійній котельні з постійним тепловим навантаженням є доцільним. Термін окупності теплонасосної установки з когенераційним газопоршнеvim приводом складає 5 років.
- Виконані розрахунки річних експлуатаційних затрат існуючого варіанта СТЕП та варіантів з когенераційними двигунами. Результати розрахунків показали недоцільність заміни існуючої СТЕП когенераційними двигунами. Причинами цього є: додаткові експлуатаційні затрати, зменшення ККД двигунів зі зменшенням навантаження; висока вартість двигунів. Через жорстку залежність між електричною та тепловою потужностями при зниженні навантаження двигуна необхідна закупівля теплової енергії зі стороннього джерела для компенсації її нестачі.
- Виконані дослідження заходів енергозбереження за допомогою комп'ютерних моделей реалізованих по математичних моделях, які показали, що зниження вартості втрат електроенергії в трансформаторах та зниження вартості втрат електроенергії в кабельних лініях виконується за умови повної компенсації реактивної потужності. А також визначено термін окупності компенсувальних пристроїв, який становить 4 роки.
- Розглянуті питання охорони праці, гігієни праці, виробничої санітарії та проведена оцінка стійкості роботи промислового підприємства в умовах дії надзвичайних ситуацій.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ