

*Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:*

**“Підвищення енергоефективності
холодильної системи промислового
підприємства”**

Виконав: студент гр.ТГ-16м

Гасанов Фарид.

Керівник : доц., к.т.н. Титко О.В.

- **Метою роботи** є розроблення проектної пропозиції системи холодопостачання складу харчових продуктів з використанням енергоефективного обладнання та технологій, які забезпечать автоматичне регулювання режиму роботи системи та можливість регулювання індивідуального режиму в різних приміщеннях.
- **Об'єктом дослідження** є гідравлічні та тепломасообмінні процеси в системі холодопостачання розглядуваного складу харчових продуктів.
- **Предметом дослідження** є енергоефективна та сучасна система холодопостачання промислового підприємства.
- **Наукова новизна роботи:**
 - створення математичної моделі та методики дослідження системи холодопостачання для оцінки енергоефективності на основі теорії ексергетичного аналізу параметрів системи.
- **Практичне значення роботи** полягає в розробці принципів і конструктивних рішень, а також рекомендації щодо функціонування енергоефективної системи холодопостачання промислового підприємства, які можуть бути рекомендовані до практичної реалізації.

Задачі роботи:

- провести аналітичний огляд сучасних засобів підвищення енергоефективності систем холодопостачання;
- виконати техніко-економічне обґрунтування вибору системи холодопостачання;
- провести математичне моделювання температурних та гідравлічних режимів системи холодопостачання;
- визначити склад і об'єми робіт для монтажу системи холодопостачання;
- розробити необхідні креслення системи та окремі монтажні вузли;
- розробити календарний графік виконання робіт, а також підібрати необхідний інструмент та обладнання для виконання робіт;
- розрахувати техніко-економічні показники системи.

Магістерська кваліфікаційна робота включає в себе чотири розділи: аналітичний огляд сучасного стану використання енергоефективного холодильного обладнання, теоретичне обґрунтування прийнятих рішень, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень, техніко-економічні показники.

Виконано аналітичний огляд варіантів застосування енергоефективних рішень в системах холодопостачання. Виконано техніко-економічне обґрунтування використання неазеотропних сумішей газів в системі холодопостачання.

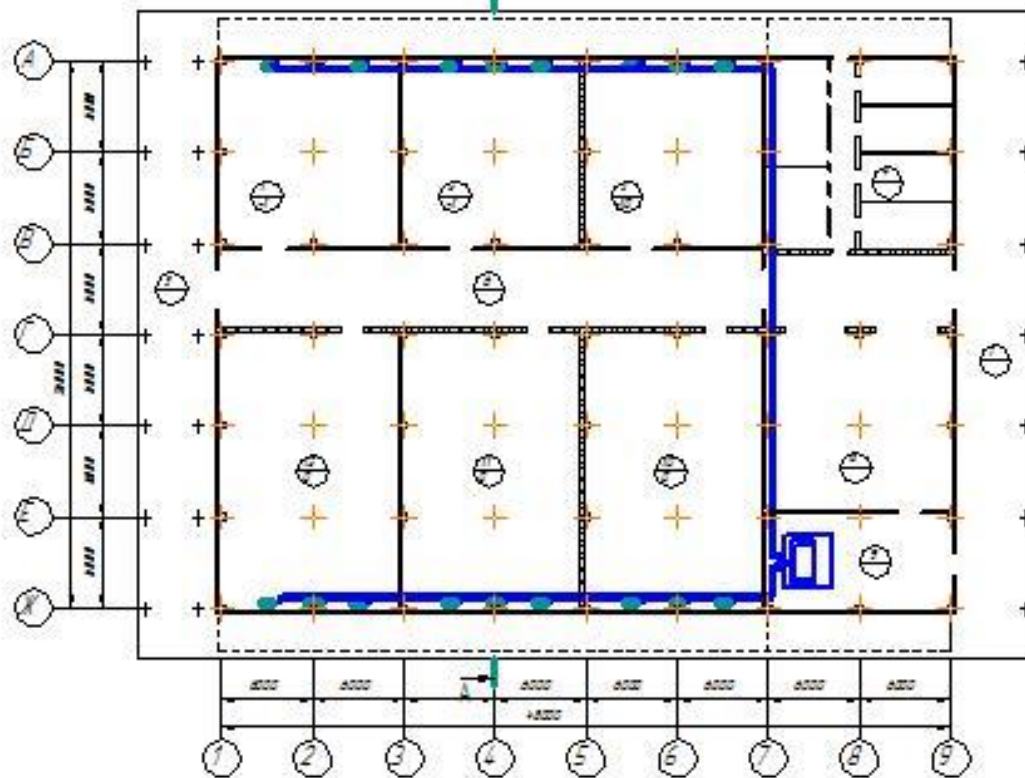
Проведено загальну характеристику об'єкту, розглянуто та обґрунтовано основні проектні та технологічні рішення, виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій та перекриттів будівлі, визначено теплопритоки приміщень, запроектовано систему холодопостачання і за допомогою схем та розрахунків підібрано діаметри труб та обладнання системи. В результаті моделювання гідравлічного режиму роботи холодильної системи підібрано труби $d=12,18,22,28,35$ мм, які повністю забезпечать фанкойли необхідною кількістю холодоносія.

Розроблені організаційно – технологічні рішення з монтажу системи холодопостачання промислового підприємства. Розглянуто основні заходи та шляхи підвищення енергоефективності. Розроблені заходи з охорони праці при монтажі та експлуатації системи.

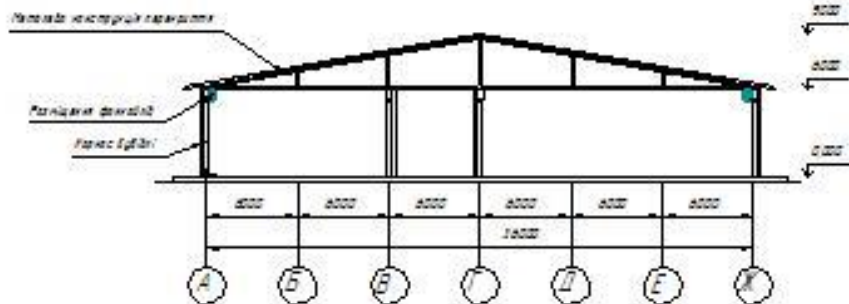
Розраховано техніко – економічні показники системи холодопостачання складу харчових продуктів. Виконані розрахунки кошторисної вартості обраної системи.

План поверху складу харчових продуктів

А 1:150

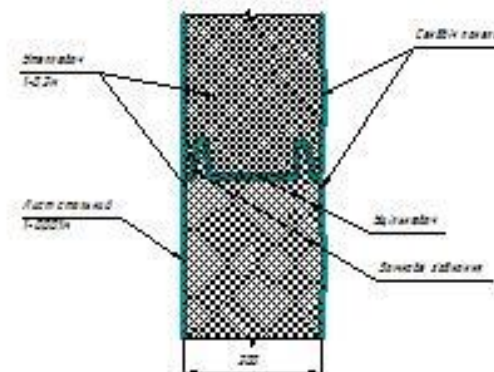


А - А



Слайд 5

Конструкція стіни 15

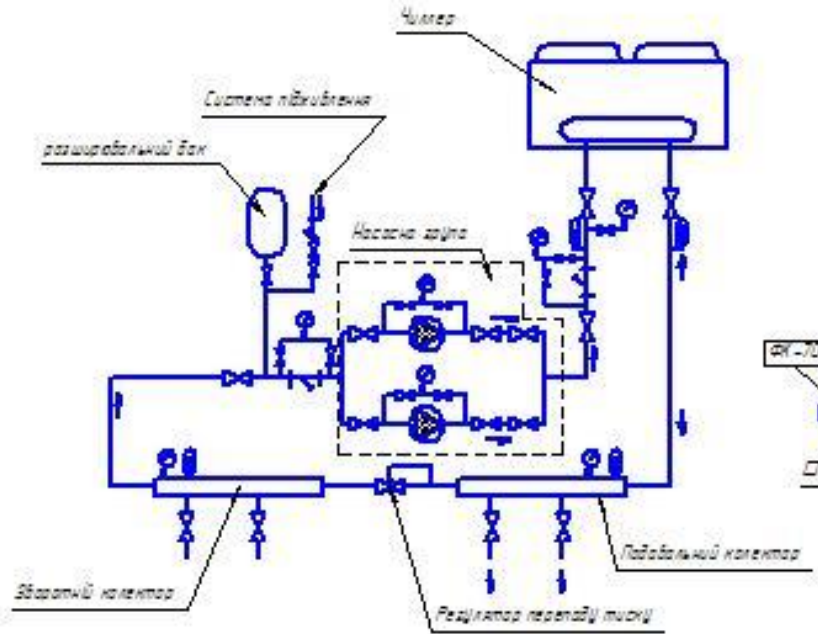


Експлікація приміщень

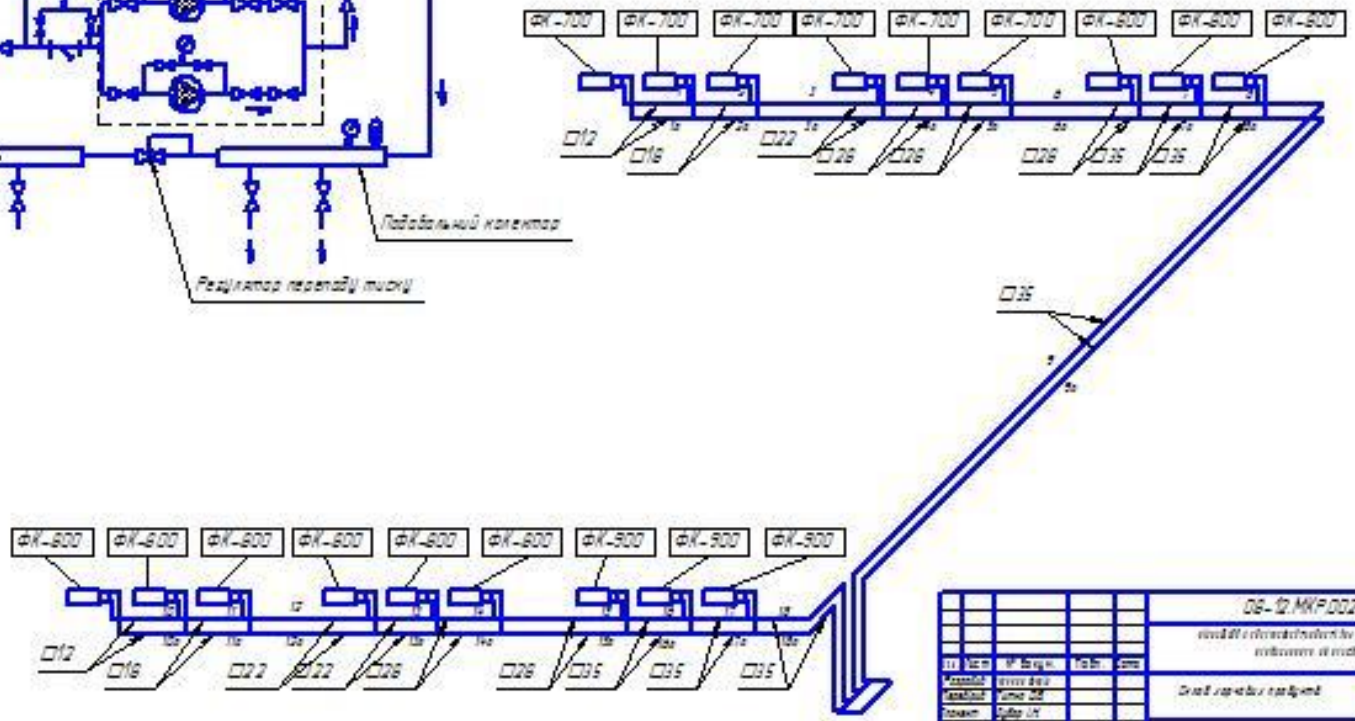
№ прим.	Назва приміщення
1	Поморолюбівня ділянка
2	Поморолюбівня ділянка
3	Поморолюбівня ділянка
4	Кухня-коритівня приміщення
5	Інженерна приміщення адміністративна
6	Вантажний коридор
7	Інженерна приміщення адміністративна
8	Вантажний
9	Технічне приміщення
10	Поморолюбівня сортувальня ферти
11	Поморолюбівня сортувальня ферти
12	Поморолюбівня сортувальня ферти

Об'єкт: СХП-2022/2023					
Область: Житомирська					
Регіон: Житомирська					
Місцевість: СХП-2022/2023					
Об'єкт: СХП-2022/2023					
Площа приміщення: 1000 кв.м					
Датум: 2023-08-20					
Складений: 2023-08-20					
Місце складання: ДНТУ ТГ-104					
№	Категорія	Підпис	Підпис	Підпис	Підпис
1	Архитектор				
2	Інженер				
3	Конструктор				
4	Машинист				

Холодомеханічна схема



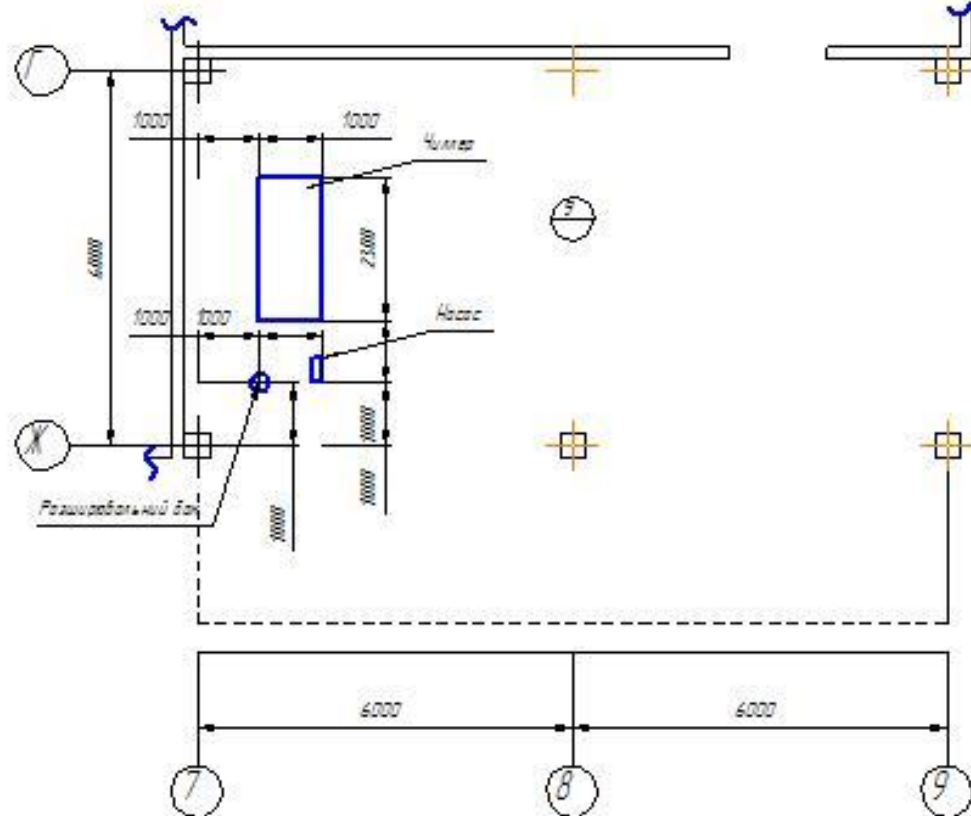
АксонOMETрична схема системи холодопостачання складу харчових продуктів 1:150



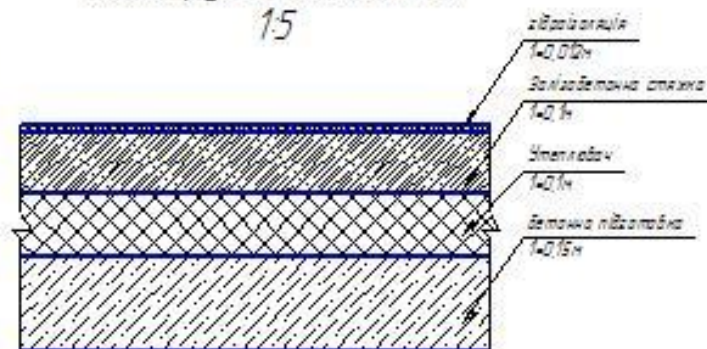
					08-12.MKFD0205.000		
					середня ціна за одиницю виробництва		
					включаючи вартість:		
№	ВЕР	ВР	ВР	ВР	ВР	ВР	ВР
01	01	01	01	01	01	01	01
02	02	02	02	02	02	02	02
03	03	03	03	03	03	03	03
04	04	04	04	04	04	04	04
05	05	05	05	05	05	05	05
06	06	06	06	06	06	06	06
07	07	07	07	07	07	07	07
08	08	08	08	08	08	08	08
09	09	09	09	09	09	09	09
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100	100	100

ВНТЗ, ТТ-16ч

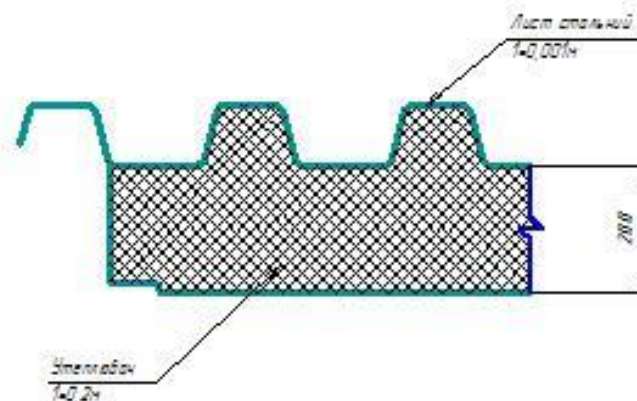
План розміщення обладнання в технічному приміщенні 1:50



Конструкція підлоги (3)
1:5



Конструкція дахової сендвіч панелі (4)
1:5



№		Код		Назва		Кількість		Вартість	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

08-01-MKP.002.05.000

світло і теплоізоляційна система

світло і теплоізоляційна система

БНТУ ТТ-16ч

Розрахунок компонентів системи

Компресор :

Ексергетичні перетворення по “продукту”

$$E_p = E_2 - E_1 = m_a \cdot ((h_2 - h_1) - T_{H.C} \cdot (s_2 - s_1)), \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

$$E_p = 0.116 \cdot ((451.07 - 405.06) - 260(1.823 - 1.791)) = 4.356, \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

Ексергетичні перетворення по “паливу”

$$E_F = N_{KM} \cdot \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

$$E_p = 7.09, \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

де $N_{KM}=7,09$ кВт - потужність компресора, розраховується за формулою

$$N_{KM} = l_1 \cdot m_a, \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

$$N_{KM} = 61.347 \cdot 0.116 = 7.09, \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

Ексергетична ефективність:

$$\varepsilon = \frac{E_p}{E_F}$$

$$\varepsilon = \frac{4.356}{7.09} = 0.614$$

Конденсатор

$$E_p = E_{2a} - E_{1a} = G_a \cdot \left(c_a \cdot \left((T_{2a} - \dot{O}_{1a}) - T_{H.C} \ln \frac{\dot{O}_{2a}}{\dot{O}_{1a}} \right) \right), \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

$$E_p = 1,176 \cdot \left(4,18 \left((298 - 293) - 260 \cdot \ln \frac{298}{293} \right) \right) = 2.952, \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

де $c_a=4,18$ кДЖ/(кг К)- теплоємність води [4]; G_a - масова витрата води , розраховується за формулою :

$$G_a = \frac{Q_{EA}}{\dot{n}_a \cdot (\dot{O}_{2a} - \dot{O}_{1a})}, \frac{\hat{e}\hat{a}}{\hat{n}}$$

$$\varepsilon = \frac{24,573}{4,18 \cdot (298 - 293)} = 1,176, \frac{\hat{e}\hat{a}}{\hat{n}}$$

де Q_{KD} - теплове навантаження на конденсатор, розраховується за

формулою (4.12):

$$Q_{EA} = q_{KA} \cdot m_a \cdot \frac{\hat{e}\hat{a}}{\hat{n}}$$

$$Q_{EA} = 212.61 \cdot 0.116 = 7.09, \frac{\hat{e}\hat{a}}{\hat{n}}$$

Ексергетичні перетворення по “паливу”

$$E_F = E_2 - E_3 = m_a \cdot ((h_2 - h_3) - T_{H.C} \cdot (s_2 - s_3)), \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

$$E_p = 0.116 \cdot ((451.07 - 238.46) - 260(1.823 - 1.132)) = 3.808, \hat{e}\hat{A}\hat{o}$$

Ексергетична ефективність:

$$\varepsilon = \frac{E_p}{E_F}$$

$$\varepsilon = \frac{2.952}{3.808} = 0.775$$

Регенеративний теплообмінник:

Ексергетичні перетворення по “продукту”

$$E_p = E_1 - E_6 = m_a \cdot ((h_1 - h_6) - T_{H.C} \cdot (s_1 - s_6)), \dot{e} \text{Аб}$$

$$E_p = 0.116 \cdot ((405.06 - 401.15) - 260(1.791 - 1.779)) = 0.091, \dot{e} \text{Аб}$$

Ексергетичні перетворення по “паливу”

$$E_F = E_3 - E_4 = m_a \cdot ((h_3 - h_4) - T_{H.C} \cdot (s_3 - s_4)), \dot{e} \text{Аб}$$

$$E_F = 0.116 \cdot ((238.46 - 231.57) - 260(1.132 - 1.109)) = 0.105, \dot{e} \text{Аб}$$

Ексергетична ефективність:

$$\varepsilon = \frac{E_p}{E_F}$$

$$\varepsilon = \frac{0.091}{0.105} = 0.868$$

Дросельний пристрій:

Ексергетичні перетворення по “продукту”

$$E_p = E_5 = m_a \cdot ((h_5 - h_{H.C}) - T_{H.C} \cdot (s_5 - s_{H.C})), \dot{e} \text{Аб}$$

$$E_p = 0.116 \cdot ((231.57 - 401.16) - 260(1.125 - 1.836)) = 1.765,$$

де $h_{H.C} = 401,15$ кДж/кг, $s_{H.C} = 1,836$ кДж/(кг К) – вибираються із р. h –; $T_{H.C} = 260$ К і $p_{H.C} = 10^5$ Па.

Ексергетичні перетворення по “паливу”

$$E_F = E_4 = m_a \cdot ((h_4 - h_{H.C}) - T_{H.C} \cdot (s_4 - s_{H.C})), \dot{e} \text{Аб}$$

$$E_F = 0.116 \cdot ((231.57 - 401.16) - 260(1.109 - 1.836)) = 2.246, \dot{e} \text{Аб}$$

Ексергетична ефективність:

$$\varepsilon = \frac{E_p}{E_F}$$

$$\varepsilon = \frac{1.765}{2.246} = 0.786$$

Випарник :

Ексергетичні перетворення по “продукту”

$$E_p = E_6 - E_5 = m_a \cdot ((h_6 - h_5) - T_{H.C} \cdot (s_6 - s_5)), \dot{e} \text{Аб}$$

$$E_p = 0.116 \cdot ((401.15 - 231.57) - 260(1.779 - 1.125)) = 0.053, \dot{e} \text{Аб}$$

Ексергетичні перетворення по “паливу”

$$E_F = E_{2p} - E_{1p} = G_p \cdot \left(c_p \cdot \left((T_{2p} - \dot{O}_{1p}) - T_{H.C} \ln \frac{\dot{O}_{2p}}{\dot{O}_{1p}} \right) \right), \dot{e} \text{Аб}$$

$$E_F = 1,033 \cdot \left(3,794 \left((273 - 268) - 260 \cdot \ln \frac{273}{268} \right) \right) = 0,76, \dot{e} \text{Аб}$$

де $c_p = 3,794$ кДж/(кг К) – теплоємність водного розчину пропіленглюколи G_p – масова витрата водного розчину пропіленглюколю G_p , розраховується

формулою (4.21):

$$G_p = \frac{Q_0}{\dot{n}_p \cdot (\dot{O}_{2p} - \dot{O}_{1p})}, \dot{e} \text{Аб}$$

$$\varepsilon = \frac{19.6}{3.794 \cdot (273 - 268)} = 1,033, \frac{\dot{e} \text{Аб}}{\dot{n}}$$

Ексергетична ефективність:

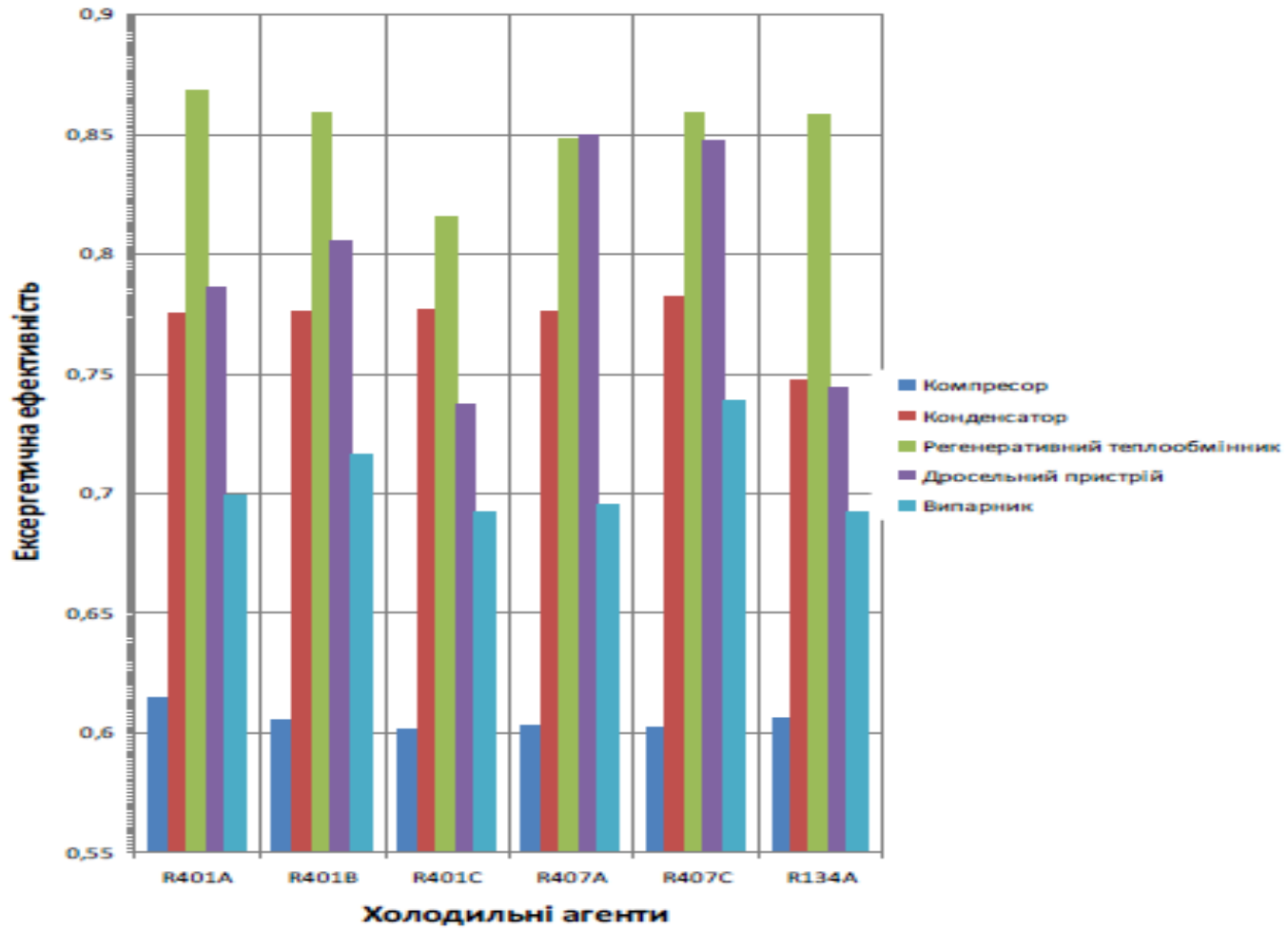
$$\varepsilon = \frac{E_p}{E_F}$$

$$\varepsilon = \frac{0.053}{0.76} = 0.699$$

Ексергетична ефективність складових компонентів системи

	Компресор	Конденсатор	Регенеративний теплообмінник	Дросельний пристрій	Випарник
R401A	0,614	0,775	0,868	0,786	0,699
R401B	0,605	0,776	0,859	0,805	0,716
R401C	0,601	0,777	0,815	0,737	0,692
R407A	0,603	0,776	0,848	0,849	0,695
R407C	0,602	0,782	0,859	0,847	0,738
R134A	0,606	0,747	0,858	0,744	0,692

Ексергетична ефективність складових компонентів системи



Проведено огляд сучасних підходів до створення енергоефективних холодильних технологій та обладнання

Виконано техніко-економічне обґрунтування влаштування холодильного обладнання

Виконано моделювання гідравлічного режиму роботи холодильної системи

Проведено розрахунок енергоефективності компонентів холодильної машини на основі ексергетичного аналізу

Розроблено організаційно-технологічне забезпечення проектних рішень

Дякую за увагу!