

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-1-48-54>

УДК 53.087.6

ТОҢАЗЫТҚЫШТЫҢ АҚАУ ЖАҒДАЙЫНДА ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ

Д.Н. Нұрғалиев, М.В. Ермоленко, О.А. Степанова, А.Е. Сатыбалдина

«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕ АҚ, Семей, Қазақстан

Контактілерге арналған E-mail: daniarsemei@mail.ru

Қазіргі таңда жасанды суықты пайдалану әлемнің экономикалық, экологиялық және әлеуметтік өмірдің негізгі факторларының бірі болып табылады. Кез келген заманауи ғылым, техника және технологиялар жасанды суықсыз қамтамасыз ету мүмкін емес. Ал жасанды суық тоңазытқыш қондырғыларының көмегімен іске асырылады. Мақалада тоңазытқыш қондырғысының оңтайлы жұмыс істеу режимінде және жылуалмастырғышының ақаулығы кезінде жұмыс істеу принциптері қарастырылады. Әр түрлі келтірілген ақаулықтардың оңтайлы режим жұмысымен салыстырылып, қорынтындылар келтірілді. Барлық зерттеу жұмыстары эксперименттік жолмен жүргізілді, сонымен қатар жылу жүргізгішпен (тепловизор) дәлелденді. Толық мәліметтер кестелер мен диаграммалар түрінде келтірілді. Мәліметтерді сараптау нәтижесінде көп факторлы эксперимент әдісін пайдалану анықталды. Тоңазытқыштың әр бір ақау жағдайындағы процестеріне жекелей және жалпылама қорынтынды жасалды.

Түйін сөздер: *тоңазытқыш қондырғы, ақаулық, көпфакторлы эксперимент, стационар режим, температура, салқындатқыш.*

Қазіргі таңда жасанды суықты пайдалану әлемнің экономикалық және әлеуметтік өмірдің негізгі факторларының бірі болып табылады. Тоңазытқыш қондырғыларының көмегімен алынатын төменгі температуралар әр түрлі ғылым, техника және технология салаларында қолданылады. Жасанды суық тағам өндірісінде, химия, машина жасау, медицина, металлургия, газ және жеңіл кәсіпорындарында, азаматтық құрылыста және басқа да аумақтарда қалыптасуы мен дамуына күшті әсер етуші факторға айналды. Жасанды суықтың көмегімен өндіріс аудандарының қашықтығына және маусымдылығына қарамастан көптеген миллиондаған адамдар үшін дұрыс тамақтану мүмкіндігі қамтамасыз етілуде [1].

Бүгін тоңазытқыш агенті ретінде негізінде әр түрлі фреондар пайдаланылады, мысалы, R134a, R417a. Ал жұмысшы зат ретінде пропан мен аммиак тек ірі өндірістік қондырғыларда тұтынылады [2].

Жабдықтың жұмысындағы ақаулықтарды болдырмау үшін аварияға дейінгі жағдайлардың туындауын және тоңазытқыш қондырғылардың жылу алмасу жүйелерінде салқындатқыштар көлемінің жетіспеушілігін болдырмау үшін тоңазытқыш жүйелерін диагностикалау жүргізіледі. Тоңазытқыш жүйесінің апат алды жағдайын нормал режимі жұмысынан ауытқу ретінде қарастыруға болады, олар қолайсыз жағдайда апатқа (авария) әкеп соқтыруы мүмкін [3].

Жобалау және монтаждау қателіктерін қоспағанда, тоңазытқыш қондырғыларының жұмыстарындағы ақаулар көбінесе тоңазытқыш машиналарды дұрыс эксплуатацияламаудан және тиімсіз техникалық қызмет көрсету кезінде пайда болады. Өндірістік компрессорлық агрегаттардың жұмыс режимін қате таңдағанда, сонымен қатар қоршаған

ортаның параметрлерінің күрт өзгеруі кезінде ешқандай шара қолданбауы кезінде тоңазытқыш қондырғысының қалыпты жұмысы бұзылады.

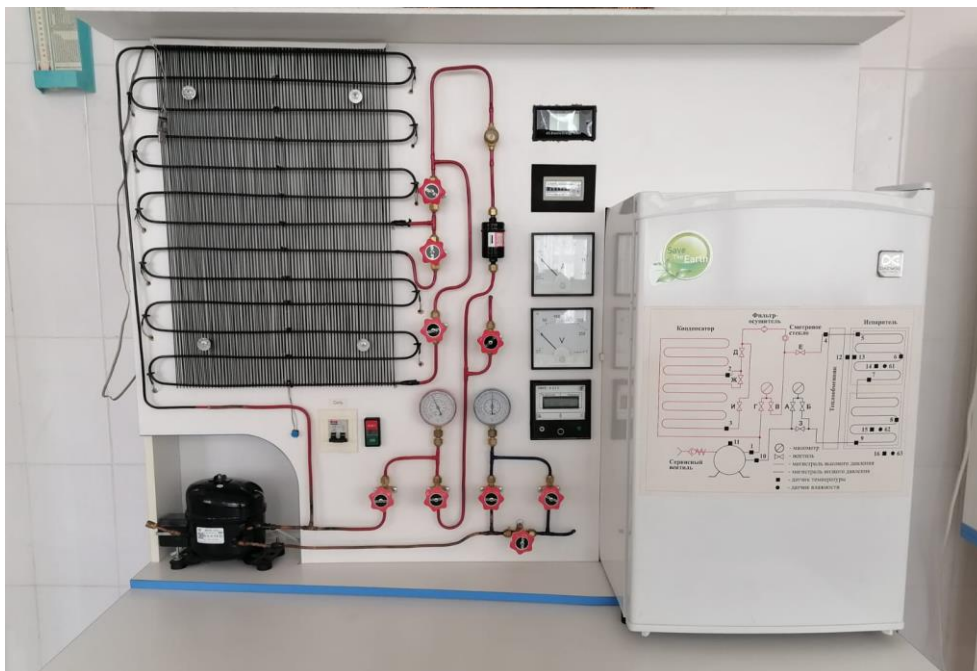
Тоңазытқыш жүйесіндегі ақаулықтардың себептеріне байланысты оларды жою жолдары таңдалады. Істен шығудың түрлерін екі категорияға бөліп, қарастыруға болады. Бірінші істен шығу категориясының ішіне тікелей көруге және сезуге бола алатын ақауларды айтуға болады. Екінші істен шығу категориясына көрінбейтін, тек қана арнайы жабдықтардың көмегімен анықталатын апаттарды жатқызылады.

Тоңазытқыш жүйелерінің мүмкін болатын ақауларына мыналар жатады: электр тізбегінің ақауы; компрессорлардың ақауы; компрессордың жұмыс процесінде майдың жоғалуы; компрессордағы шу; қондырғының төмен өнімділігі; салқындатылған бөлмедегі температура алдын ала белгіленгеннен жоғары болуы; сору немесе сұйық құбыр мұзбен жабылған немесе тұмандану; төмен қысымды айдау және т.б. Әрбір ақаулықтың өзіндік себептері және оларды шешу жолдары бар.

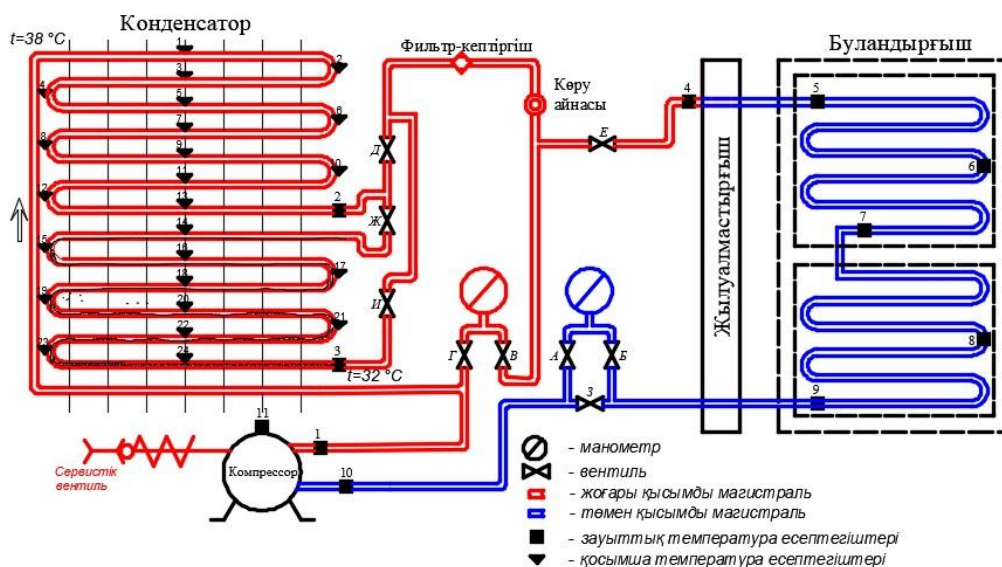
Сондықтан стационар емес жағдайда қалыпты режим жұмысынан әр түрлі ауытқулары кезінде тоңазытқыш жүйесінің жабдықтарында жылуалмастырғыш процестерді зерттеу жұмыстары өзекті мәселе болып саналады.

Жұмыстың мақсаты ретінде тоңазытқыш қондырғысының жекелей ақаулықтарының жылуалмастырғыш қондырғысының жұмыс эффективтілігіне және оның энергия шығынына әсерін анықтау болып табылады.

Эксперименттік зерттеу жұмыстары Шәкәрім университетінің энергетикалық жүйелер зертханасында «Тоңазытқыш-2» атты стендіде (сурет 1, 2) жүргізілді.



1-сурет. «Тоғазытқыш-2» қондырғысының жалпы көрінісі



2-сурет. Тоғазытқыш камераның жүйесінде есептегіштердің сұлбасы мен орналасуы

2-суретте қара шаршы ретінде тоғазытқыш қондырғысының температурасын тіркейтін Dallas Semiconductor DS18B20 фирмалы есептегіштер (датчиктер) белгіленген. Ары қарай олардың белгіленулері мынадай түрде жазылады: бірінші есептегіш – 1 DT, екінші есептегіш – 2 DT және сол секілді.

Тоғазытқыш жүйесінің жұмыс жүйесіне әсер етуші негізгі факторлары ретінде қоршаған ортаның температурасының жиі өзгеруі және тоғазытқыш камераның жанама реттегіштің орналасуы (1-ден 6-ға дейін) табылады. Температураның жанама ретте-

гіші буландырғыштан шығардағы тоғазытқыш агент буының қанығу деңгейін реттеуге мүмкіндік береді.

Тоғазытқыш камераның жанама реттегіші мен қоршаған ортаның температурасының әсерінің сипаттамасын анықтау үшін көп факторлы эксперимент таңдалды [4].

Зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін екі ауыспалы зерттеу факторы таңдалды:

- Z_1 – қоршаған ортаның температурасы (293 К-нен 299 К-ге дейін);
- Z_2 – мұздатқыш камерасында реттегіштің орналасуы (3-тен 6-ға дейін).

Бұл жағдайда өзгеретін функциялар ретінде келесілер қарастырылды:

- Y_1 – буландырғышта салқындатқыштың қайнау температурасы, К;
- Y_2 – конденсаторда салқындатқыштың конденсациялау температурасы, К;
- Y_3 – компрессормен электр энергияны тұтыну қуаты, Вт;
- Y_4 – стационар жұмыс режиміне шыққанға дейінгі жұмыс істеу уақыты (берілген температураға жету), с.

Машықтардың қажетті саны төменгі келтірілген формуламен анықталады:

$$N = n^k \quad (1)$$

мұнда, k – ауыспалы факторлардың саны.

Екі фактор үшін регрессияның теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$Y_i = b_{0i} + b_{1i} \cdot x_1 + b_{2i} \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

Эксперименттің жүргізу жоспары (жоспарлау матрицасы) 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. ПФЭ-2 бойынша экспериментті жүргізу жоспары

№	X_0	X_1	X_2	$X_1 \cdot X_2$	Z_1	Z_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	+	-	-	+	295	3	265,0	314	104,6	304
2	+	+	-	-	301	3	264,5	315	105,8	315
3	+	-	+	-	295	6	263,5	317	106,8	365
4	+	+	+	+	301	6	262,5	317	107,9	378

Математикалық өңдеу нәтижесінде регрессияның төмендегідей теңдеулері алынды:

$$Y_1 = 263,875 - 0,375 \cdot X_1 - 0,875 \cdot X_2 - 0,125 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (3)$$

$$Y_2 = 315,75 + 0,25 \cdot X_1 + 1,25 \cdot X_2 - 0,25 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (4)$$

$$Y_3 = 106,275 + 0,575 \cdot X_1 + 1,075 \cdot X_2 - 0,025 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (5)$$

$$Y_4 = 340,5 + 6 \cdot X_1 + 31 \cdot X_2 + 0,5 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (6)$$

Барлық алынған функциялар 95% дәлдікпен барабар [5].

(3) теңдеудің сараптамасы бойынша буландырғыштағы температураға қоршаған ортаның температурасынан гөрі тоңазытқыш камерасының жанама температураны реттегіштің орналасуы көбірек әсер етеді.

(4) теңдеудің сараптамасы бойынша конденсатордағы температураға жоғарыдағыдай тоңазытқыш камераның температурасын жанама реттегіштің орналасуы негізгі әсерін тигізетіні айқын. Қоршаған ортаның температурасы салыстырып айтқанда мүлдем әсер етпейді. Конденсация температурасына реттегіш факторлардың бірегей әсерлесуі, сонымен қатар жекелей тұрғыда алынған қоршаған ортаның температурасына әсері еш бір айтарлықтай әсерін тигізбейді.

(5) теңдеу қуатты тұтыну көрсеткіштері бойынша да қоршаған орта температурасына қарағанда тоңазытқыш камерасының температурасын жанама реттегіштің орналасуы үлкен рөлді атқаратынын көрсетеді. Реттегіш факторлардың бірегей әсерлесуі мүлдем байқалмайды.

(6) теңдеудің сараптамасы бойынша стационар режимге шығуға дейінгі тоңазытқыштың жұмыс істеу уақытының ұзақтылығы параметрлерінде тоңазытқыш камерадағы температураны жанама реттегіштің орналасуы негізгі рөлді атқаратынын көрсетеді.

Жалпы регрессияның теңдеу сараптамасы буландырғышта температураның негізін қалаушы критерий ретінде тоңазытқыш камерасының температурасын жанама реттегіштің орналасуы екені расталды.

Жүргізілген есептеулерге негізделе отырып, ары қарай эксперименттерді қоршаған ортасы 301 К (28 °С) температурасында және тоңазытқыш камераның температурасын жанама реттегіштің орналасуы «3» бағынасы кезінде жұмыстарды жүргізу орнықты болады деп шешілді, ол тоңазытқыш жүйесінің орташа оңтайлы суықты өндіруге сәйкес келеді.

Келесі шарттар үшін кезекті зерттеулер жүргізілді:

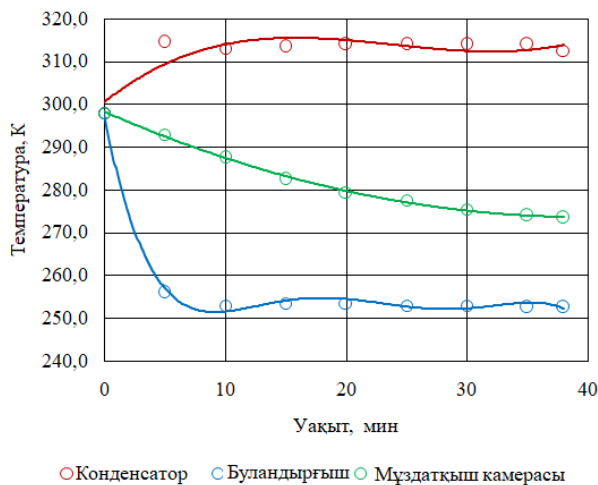
- тоңазытқыш жүйесінің оңтайлы жұмыс режимі;
- конденсаторда бітелудің болуы, капиллярлық түтіктің қатуы, фильтрдің толық бітелуі;
- конденсатордың жеткіліксіз өнімділігі.

Оңтайлы жұмыс режимін кезінде тоңазытқыштың жүйесіндегі тән нүктелер бойынша алынған температуралардың мәндері 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте. Оңтайлы режим кезіндегі температураның мәндері, °С

Уақыт	1 DT	2 DT	3 DT	4 DT	5 DT	6 DT	7 DT	8 DT	9 DT	10 DT	11 DT
0 минут	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
5 минут	44,0	40,5	41,5	42,5	-17,0	-18,5	23,5	25,0	25,0	25,5	28,0
10 минут	48,0	39,0	40,0	41,0	-20,0	-21,0	-13,0	20,5	21,5	26,5	32,0
15 минут	54,5	40,0	40,5	42,0	-19,5	-20,0	-15,0	3,5	13,0	26,0	36,5
20 минут	59,0	40,5	41,0	42,5	-19,5	-20,5	-15,5	-5,0	4,5	24,5	40,5
25 минут	62,5	40,5	41,0	42,0	-20,0	-20,5	-16,5	-10,5	-1,5	23,0	43,5
30 минут	66,0	40,5	41,0	42,5	-20,0	-20,5	-17,5	-16,0	-6,0	22,0	46,5
35 минут	68,5	40,5	41,0	42,0	-20,5	-21,0	-18,5	-18,5	-11,0	22,0	49,0
38 минут	53,5	39,5	39,5	40,5	-20,5	-20,0	-17,0	-17,0	-12,5	28,5	50,0

Жүйенің стационар режимге шығу процесі бірқалыпты, ешбір ауытқу мен секірулерінсіз өтті. Стационар режимге шығу уақыты 38 минутты құрады. Алынған эксперименттік мәліметтердің нәтижесі бойынша жүйенің жұмыс істеу ұзақтылығы температураның тәуелділігіне график құрылды (3-сурет). Графиктен көріп отырғаныңыздай, тоңазытқыш қондырғысы іске қосылған кезде конденсация температурасы белгілі бір деңгейге дейін артады және тұрақты мәнге айналады. Тоңазытқыш агентінің қайнау температурасы жүйенің жұмысының бірінші минуттарында белгілі бір тұрақты мәнге дейін күрт төмендейді, ол орнатылған режимге сәйкес келеді. Мұздатқыш бөлігіндегі температура белгілі бір деңгейге дейін біркелкі төмендеді.

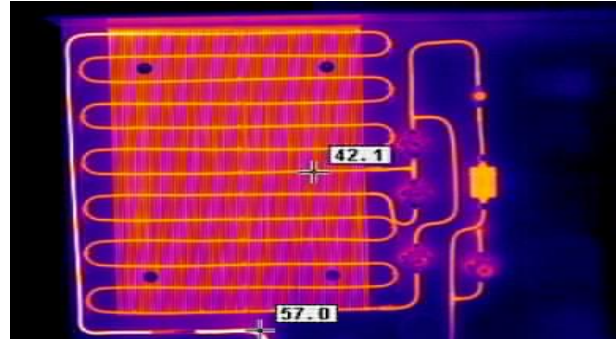


3-сурет. Оңтайлы режим кезінде температураның уақытқа тәуелділігі

3-кесте. Конденсаторда бітелудің болуы, капиллярлық түтіктің қатуы, фильтрдің толық бітелуі кезіндегі температуралардың мәндері, °C

Уақыт, мин	1 DT	2 DT	3 DT	4 DT	5 DT	6 DT	7 DT	8 DT	9 DT	10 DT	11 DT
0	25,0	29,5	30,5	25,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	24,5	25,5
5	33,5	32,5	31,5	23,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	24,0	26,0
10	29,5	29,5	29,5	24,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,0	26,5
15	28,5	28,5	28,5	24,5	25,5	25,5	25,5	25,5	26,5	28,0	26,0
20	28,5	27,5	27,0	25,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	28,0	30,0
25	30,5	27,0	26,5	25,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	30,0	32,0
30	32,0	27,0	26,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	31,0	34,0
35	33,0	26,5	26,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	32,5	35,5
40	34,0	26,5	26,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	33,5	37,0
45	35,5	26,5	26,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	34,5	38,5
50	36,5	26,5	26,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	35,5	40,5
55	37,5	26,5	26,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	36,5	41,5
60	38,0	26,5	26,5	26,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	37,5	42,5
65	39,0	26,5	27,0	26,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	38,0	43,5
70	39,5	26,5	27,0	26,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	38,5	44,5
75	40,0	26,5	27,0	26,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	39,0	45,5
80	40,5	26,5	27,5	26,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	39,5	46,5
85	41,5	26,0	27,5	26,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	40,0	47,0
90	41,5	26,0	27,5	26,0	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	40,5	47,5

Эксперимент сонымен қатар 5 минут аралық периодты түрде Guide EasIR-9 Thermal Camera маркалы жылу жүргізгішпен (тепловизор) параллель конденсатордың жылу түсірілімі жүргізілді. Нәтижесі 4-суретте көрсетілген.

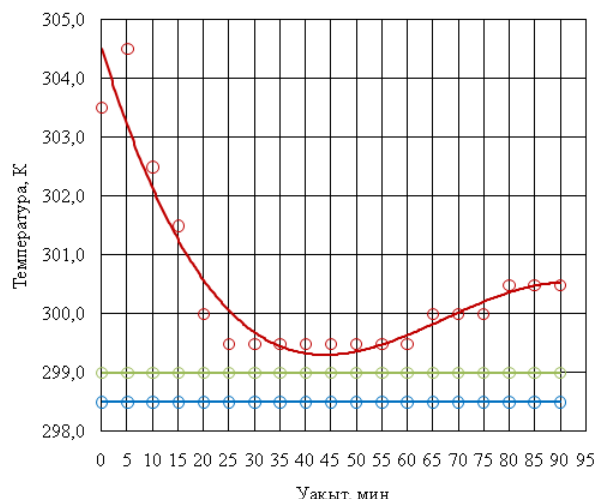


4-сурет. Оңтайлы режим

Конденсаторда бітелудің болуы, капиллярлық түтіктің қатуы, фильтрдің толық бітелуі кезіндегі тән нүктелердегі температураның эксперименттік мәндері 3-кестеде көрсетілген.

Эксперименттік мәліметтерді өңдеу нәтижесінде жүйенің жұмыс істеу ұзақтылығының температураға тәуелділігінің графигі құрылды (5-сурет).

Графикті сараптау нәтижесінде конденсаторда бітелудің болуы, капиллярлық түтіктің қатуы, фильтрдің толық бітелуі кезіндегі қайнау температурасы мен мұздату камерасының температурасы тоңазытқыш жүйесін қосқаннан кейін өзгермегенін аңғартты.



○ Конденсатор ● Буландырғыш ● Мұздатқыш камерасы

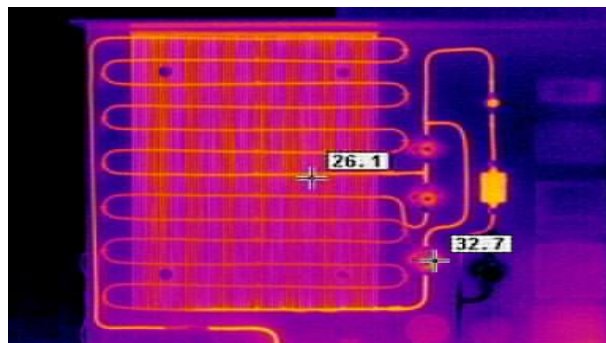
5-сурет. Конденсаторда бітелудің болуы, капиллярлық түтіктің қатуы, фильтрдің толық бітелуі кезінде уақыт бойынша температураның тәуелділігі

Бұл буландырғышқа фреонның жетпегенін көрсетеді, ал компрессор қалған тоңазытқыш агентті конденсаторға айдайды, яғни буландырғышта вакуум тудырады. Мұндай режимде жүйенің ұзақ уақыт жұмыс істеуі компрессордың бұзылуына және электр энергиясын тұтынудың жоғарылауына әкелуі мүмкін.

Жылу түсірілімнің нәтижелері 6-суретте көрсетілген.

Атап кететін жайт, конденсатордың бітелу жұмыс режимі кезінде эксперимент 1,5 сағат уақытқа созылды. Сол мезетте бұл режим стационар режимге шыққан жоқ, яғни барлық жүйе толық 90 минут бойы үздіксіз жұмыс істеп шықты. Тоңазытқыш қондырғының тоқтаусыз 1,5 сағат жұмыс істеуі электр энер-

гияны тұтынуды көбейтеді, компрессордың тозуына және эффективтілікті жоғалтуға әкеледі.



6-сурет. Конденсаторда бітелудің болуы, капиллярлық түтіктің қатуы, фильтрдің толық бітелуі

Конденсатордың жеткіліксіз өнімділігі кезінде жүйенің тән нүктелеріндегі температуралардың мәні 4-кестеде көрсетілген.

Эксперименттік мәліметтерді сараптау нәтижесінде жүйенің жұмыс істеу ұзақтылығы мен температураның тәуелділігіне график тұрғызылды, оның бейнесін 7-суреттен көруге болады.

Бұл жұмыс режимі кезінде алынған мәліметтердің сараптамасы оңтайлы режиммен салыстырғанда мынадай қорытындыға келді:

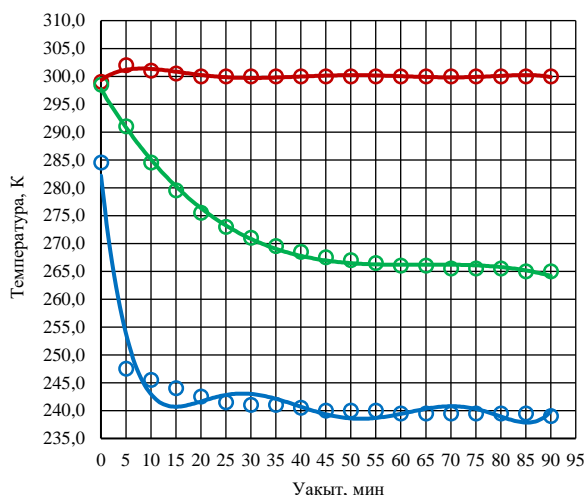
- жұмыс режимі 80 минутқа созылды, ол 2 есе ұзақ;

- буландырғыштағы температура әлде қайда төмен, оны былай түсіндіруге болады, тоңазытқыш қондырғыны өшіру есептегіші тоңазытқыш бөлігінде орналасқандықтан, өшіру үшін қажетті температуралық деңгейге жетпегендіктен өшпеуімен түсіндіруге болады. Сондықтан, мұздатқыш бөлігіндегі буландырғыштағы қайнау температурасы оңтайлы режиммен салыстырғанда 2 есе төмен;

4-кесте. Конденсатордың жеткіліксіз өнімділігі кезіндегі температуралардың мәндері, °C

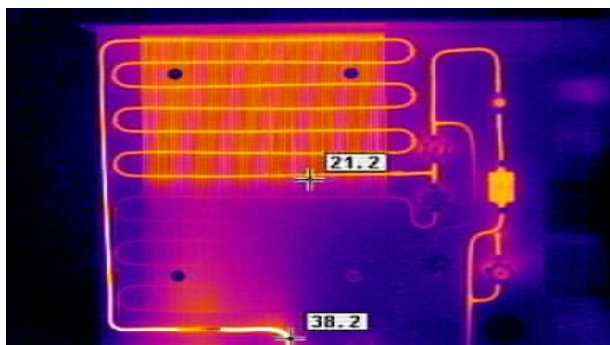
Уақыт	1 DT	2 DT	3 DT	4 DT	5 DT	6 DT	7 DT	8 DT	9 DT	10 DT	11 DT
0 минут	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
5 минут	34,0	30,0	22,0	33,5	-29,5	-31,0	16,5	13,5	12,5	19,5	26,0
10 минут	36,0	28,5	20,5	30,5	-32,5	-34,5	17,5	14,5	14,0	21,0	28,5
15 минут	38,0	27,0	19,5	29,0	-34,0	-35,5	17,0	15,0	14,5	22,5	30,5
20 минут	40,5	26,5	19,0	28,0	-35,5	-36,5	16,5	14,5	15,0	24,0	33,5
25 минут	42,5	26,0	19,0	27,5	-36,0	-37,5	16,0	14,0	14,5	25,0	35,5
30 минут	44,0	25,5	18,5	27,0	-36,5	-37,5	15,5	13,5	14,0	26,0	37,0
35 минут	46,0	25,0	18,5	26,5	-37,0	-38,0	14,5	12,5	13,5	27,0	39,0
40 минут	47,5	25,0	18,5	26,0	-37,5	-38,0	14,0	12,0	13,0	28,0	40,5
45 минут	49,5	25,0	18,5	26,0	-37,5	-38,5	13,5	11,0	12,0	28,5	42,5
50 минут	51,0	24,5	18,5	26,0	-37,5	-38,5	13,0	10,5	11,5	29,0	43,5
55 минут	52,0	24,5	18,5	26,0	-38,0	-38,5	12,5	10,0	11,0	29,5	44,5
60 минут	53,0	24,5	18,5	25,5	-38,0	-38,5	12,0	9,5	10,5	30,0	46,0
65 минут	54,0	24,5	18,5	25,5	-38,0	-38,5	12,0	9,0	10,0	30,5	46,5
70 минут	55,0	24,5	18,5	25,5	-38,0	-38,5	11,5	8,5	9,5	30,5	47,0
75 минут	56,0	24,5	18,5	25,5	-38,0	-39,0	11,0	8,0	9,0	31,5	48,0
80 минут	56,5	24,5	18,5	25,5	-38,0	-39,0	10,5	7,5	8,5	31,5	49,0

– ұзақ уақыт жұмыс істеу нәтижесінде мұздатқыш камераның температурасы оңтайлы режиммен салыстырғанда 10 °C төмендеді, бірақ бұл мезетте тоңазытқыш бөлігінде қажетті температура құралмайды.



7-сурет. Конденсатордың жеткіліксіз өнімділігі кезінде уақыттың температураға тәуелділігі

Жылу түсірілімнің нәтижесінің бейнесі 8-суретте көрсетілген.



8-сурет. Конденсатордың жеткіліксіз өнімділігі

Оңтайлы режим кезінде конденсатордың жылу түсірілімінің суретін сараптау нәтижесінде орташа киманың температурасы 43 °C, ал шығарда 39 °C құраған болатын.

Екінші жұмыс режимі кезінде конденсатордағы температурасы қосылғаннан соңына дейін бір температураны, яғни 26 °C құрады, ол дегеніміз жүйе бойынша салқындатқыштың циркуляцияланбайтынмен түсіндіріледі.

Конденсатордың жеткіліксіз өнімділігі кезінде жылу түсірілімнің суретінде конденсатордың жұмысшы денесі мен бітеулі бөлігі айқын көрінеді. Сол себепті буландырғышқа түсетін сұйықтың мөлшері төмендейді, ол тоңазытқыш камераның баяу салқындауына әкеледі.

Зерттеулердің жүргізілуі нәтижесінде, алынған барлық мәліметтерді өңдеу мен сараптау арқылы келесідегідей қорытындыларды келтіруге болады:

– жылуалмасу жүйесінде кез келген ақаулық бірінші кезекте жұмыс істеу уақытының ұзаруына әкеп соқтырады, ол автоматты түрде компрессордың тозуына және электр энергияның артық шығындауына әкеледі;

– буландырғыштың жүйесіне тоңазытқыш агенттің жетпеуі компрессордың үздіксіз жұмыс істеуі кезінде салқындатылатын көлемде берілген температураның деңгейін құру және ұстап тұруға мүмкіндік бермейді, нәтижесінде қондырғының істен шығуына және электр энергияның артық шығындауына әкеп соқтырады;

– тоңазытқыштың екі камералы жағдайында конденсатордың өнімділігінің төмендеуі тоңазытқыш бөлігінде қажетті температураны ұстап тұру мүмкіндігі болмайды, сол себепті компрессордың үздіксіз жұмыс істеуіне қажет етеді, ол электр энергияның артық шығындалуына және қондырғының тозуына әкеледі.

ӘДЕБИЕТ

1. Абзалов Альберт Вайсович, Идентификация предаварийных ситуаций на аммиачной холодильной установке на основе экспертной информации: автореф. дис. к.т.н: Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям). Астрахань, 2008. – 140 с.
2. Устройство и принцип работы холодильной установки // crio.pro URL: <http://crio.pro/xolodilnoe-oborudovanie/ustrojstvo-i-princip-raboty-xolodilnoj-ustanovki/> (дата обращения: 10.11.2018).
3. Абзалов А.В., Жедунов Р.Р. Методика анализа предаварийных ситуаций на технологических объектах управления // Прикаспийский журнал: управление и высокие температуры №4 (24) 2013. Управление в технических системах.
4. Копейковский, В.М., Данильчук С.И., Тарбузова Г.И. Технология производства растительных масел / М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1982. – 416 с.
5. Chemezov Denis, Tyurina Svetlana, Bayakina Anzhelika, Lukyanova Tatyana. Multi-factor experiment to determining of vibrations of steel pipes induced by vortex of air flow // Theoretical and Applied Science. – 2018. – 03. – P. 201–209.

REFERENCES

1. Abzalov Al'bert Vaysovich, Identifikatsiya predavariy-nnykh situatsiy na ammiachnoy kholodil'noy ustanovke na osnove ekspertnoy informatsii: avtoref. dis. k.t.n: Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii (po otasleyam). Astrakhan', 2008. – 140 p.
2. Ustroystvo i printsip raboty kholodil'noy ustanovki // crio.pro URL: <http://crio.pro/xolodilnoe-oborudovanie/ustrojstvo-i-princip-raboty-xolodilnoj-ustanovki/> (data obrashcheniya: 10.11.2018).
3. Abzalov A.V., Zhedunov R.R. Metodika analiza predavariy-nnykh situatsiy na tekhnologicheskikh ob'ektakh upravleniya // Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie temperatury No. 4 (24) 2013. Upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh.

4. Kopeykovskiy, V.M., Danil'chuk S.I., Tarbuzova G.I. Tekhnologiya proizvodstva rastitel'nykh masel / Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost'. – 1982. – 416 p.
5. Chemezov Denis, Tyurina Svetlana, Bayakina Anzhelika, Lukyanova Tatyana. Multi-factor experiment to determining of vibrations of steel pipes induced by vortex of air flow // Theoretical and Applied Science. – 2018. – 03. – P. 201–209.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНИКА В СЛУЧАЕ НЕИСПРАВНОСТИ

Д.Н. Нұрғалиев, М.В. Ермоленко, О.А. Степанова, А.Е. Сатыбалдинова

НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Семей, Казахстан

В настоящее время использование искусственного холода является одним из основных факторов экономической, экологической и социальной жизни мира. Любая современная наука, техника и технологии не могут быть обеспечены без искусственного холода. А искусственный холод реализуется с помощью холодильных установок. В статье рассматриваются принципы работы холодильной установки в оптимальном режиме работы и при неисправности теплообменника. Сравнивались оптимальные режимы работы различных неисправностей и приводились выводы. Все исследования проводились экспериментально, а также были подтверждены тепловизором. Подробная информация приведена в виде таблиц и диаграмм. В результате анализа данных установлено использование метода многофакторного эксперимента. Были сделаны индивидуальные и обобщенные выводы о процессах охлаждения в каждом неисправном состоянии.

Ключевые слова: *холодильная установка, неисправность, многофакторный эксперимент, стационар режим, температура, хладагент.*

THE PRINCIPLE OF OPERATION OF THE REFRIGERATOR IN CASE OF MALFUNCTION

D.N. Nurgaliev, M.V. Yermolenko, O.A. Stepanova, A.Ye. Satybaldinova

“Semey University named after Shakarim” NP JSC, Semey, Kazakhstan

Currently, the use of artificial cold is one of the main factors of economic, environmental and social life of the world. Any modern science, technology and technology cannot provide without artificial cold. And artificial cold is implemented with the help of refrigeration units. The article discusses the principles of operation of the refrigeration unit in the optimal mode of operation and in case of a malfunction of the heat exchanger. Various problems were compared with the optimal mode of operation and conclusions were given. All research work was carried out experimentally, as well as proved by a thermal imager (thermal imager). Detailed data were presented in the form of tables and diagrams. As a result of the analysis of the data, the use of a multi-factor experimental method was revealed. Individual and generalized conclusions were made on the processes of the refrigerator in each case of a malfunction.

Keywords: *refrigeration unit, malfunction, multifactorial experiment, stationary mode, temperature, refrigerant.*