

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris

CZU: 621.56/.57+637.117(043.3)

SLIPENCHI VICTORIN

Îmbunătățirea eficienței energetice a echipamentelor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial (pe exemplul regiunii de nord a RM).

**SPECIALITATEA 255.01 - TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE
PENTRU AGRICULTURĂ ȘI DEZVOLTAREA RURALĂ**

Teză de doctor în științe ingineresti

Conducător științific:

VOLCONOVICI Liviu,
doctor habilitat,
profesor universitar

Autorul:

SLIPENCHI Victorin

CHIȘINĂU, 2022

© SLIPENCHI Victorin, 2022

CUPRINS

ADNOTARE.....	5
LISTA ABREVIERILOR.....	8
LISTA TABELELOR.....	9
LISTA FIGURILOR.....	11
INTRODUCERE.....	15
1.STUDIUL ACTUAL ȘI TENDINȚELE DE DEZVOLTARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE ȘI ECHIPAMENTELOR PENTRU PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL.....	20
1.1 Particularitățile condițiilor meteo – climatice la nordul RM.....	20
1.2 Studiul actual și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice automatizate și a mijloacelor tehnice ale liniilor de prelucrare primară a laptelui în ferme.....	22
1.3 Studiul analitic a echipamentelor electrice ale liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui și modalitățile de îmbunătățire a acestora.....	32
1.4 Caracteristicile liniilor tehnologice automatizate pentru prelucrarea laptelui ca obiecte de dirijare.....	34
1.5 Studiu influenței regimurilor de funcționare a utilajului electric asupra indicatorilor de calitate a laptelui prelucrat.....	35
2. METODOLOGIA DE CALCUL ȘI METODE DE FORMARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE AUTOMATIZATE CU CONSUM REDUS DE ENERGIE ELECTRICĂ LA PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU FUNDAMENTAREA PARAMETRILOR.....	41
2.1 Metoda de formare a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică la prelucrarea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.....	41
2.2 Formarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui la ferme.....	49
2.3 Metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică de răcire a laptelui cu utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră și instalațiilor de acțiune combinată pe anul întreg	59
Concluzii la capitolul 2.....	68
3. MODELE MATEMATICE ȘI METODE DE CALCUL A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL.....	70

3.1 Regimurile de răcire a laptelui și acumularea frigului natural și artificial.Cerințe tehnologice și restricții.....	70
3.2 Modele matematice și metode de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux cu amestecarea și fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.....	71
3.3 Modele matematice și metode de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv cu amestecarea și fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig...	79
3.4 Modelul matematic și metoda de calcul a procesului de acumulare de frig natural și artificial în acumulatorul de frig.....	86
Concluzii la capitolul 3.....	91
4. STUDIU REGIMURILOR DINAMICE, ENERGETICE SI DE AUTOMATIZARE ALE ECHIPAMENTELOR LINIILOR PENTRU PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL (PE EXEMPLUL REGIUNII DE NORD A RM).....	92
4.1 Cercetarea regimurilor dinamice a liniei tehnologice pentru prelucrarea laptelui cu consum redus de energie electrică.....	92
4.2 Cercetarea regimurilor energetice a liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui..	94
4.3 Investigarea daunelor în cazurile de refuz a sistemului utilajului electric al liniilor tehnologice pentru prelucrarea primară a laptelui.....	101
4.4 Determinarea duratei de utilizare a instalațiilor cu frig natural pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului la nordul RM.....	108
4.5 Elaborarea schemelor structural- funcționale, grafurilor automate si algoritmilor de funcționare a instalațiilor sezoniere ecologice si instalațiilor combinate pe anul întreg cu utilizarea frigului natural și artificial.....	113
4.6 Rezultatele evaluării indicilor de exploatare, tehnologici , energetici si perspectivele de utilizare ai instalațiilor cu frig natural si artificial.....	120
Concluzii la capitolul 4.....	124
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	126
BIBLIOGRAFIE	130
ANEXA 1.....	142
ANEXA 2.....	149
ANEXA 3.....	159
ANEXA 4.....	162
ANEXA 5.....	164
ANEXA 6.....	165
DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA PROPRIEI RĂSPUNDERI.....	166
CURRICULUM VITAE.....	167

ADNOTARE

La teza de doctor în științe ingineresti cu tema „Îmbunătățirea eficienței energetice a echipamentelor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial (pe exemplul regiunii de nord a RM).”, Slipenchi Victorin, Chișinău, 2022

Teza constă din introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie de 125 titluri, text de bază de 142 pagini, 127 formule, 30 tabele, 71 de figuri, 6 anexe. Rezultatele cercetărilor sunt prezentate în 33 de lucrări științifice, inclusiv 2 monografii, 23 articole în reviste naționale și 8 articole în reviste internaționale.

Cuvinte-cheie: prelucrarea primară a laptelui, răcirea laptelui, linie tehnologică automatizată, instalație cu frig natural și artificial, modele matematice, metode de calcul, regimuri de funcționare, eficiență energetică.

Scopul lucrării prevede elaborarea metodologiei, metodelor de calcul și modelelor matematice a proceselor de răcire a laptelui și de acumulare a frigului natural și artificial pentru fundamentarea regimurilor de funcționare și parametrilor instalațiilor frigorifice ecologice sezoniere și combinate pe tot parcursul anului.

Noutatea și originalitatea științifică prevede contribuția metodologică și elaborarea modelelor matematice și metodelor de calcul a procesului de răcire a laptelui în răcitoare capacitive și în flux și acumulare de frig natural și artificial în regimuri de amestec și neamestec a agentului frigorific în acumulatorul cu frig

Problema științifică importantă soluționată: îmbunătățirea indicilor energetici, tehnici, economici și de mediu ai procesului de acumulare a frigului natural și artificial și de răcire a laptelui, în baza elaborării modelelor matematice și metodelor de calcul în corelație cu temperaturile aerului atmosferic pentru nordul RM.

Semnificația teoretică a lucrării constă în contribuția metodologică și în elaborarea modelelor matematice și metodelor de calcul la fundamentarea sistemului cu consum redus de energie electrică la răcirea laptelui cu utilizarea instalațiilor ecologice sezoniere și combinate pe tot parcursul anului pentru nordul R M .

Valoarea aplicativă a lucrării: au fost îmbunătățiți indicatorii economici, energetici, tehnici și de mediu a instalațiilor cu frig natural și artificial pentru nordul R. M.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor au fost realizate la ferma din s.Corbu r-l Dondușeni, la ferma UASM. și în proiectul 20.80009.5107.04 „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a produselor agricole ” pe perioada 2020-2023. Totodată cercetările efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri și lecții practice, „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții ciclului I, precum și în cursul de prelegeri și lecții practice la ciclul II “Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar” a FIATA din cadrul UASM. Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 2 monografii utile pentru specialiștii din domeniul eficienței energetice în sectorul agrar.

ANNOTATION

In the PhD thesis on "Improving the energy efficiency of equipment for primary milk processing using natural and artificial cold (for example in the northern region of Moldova).", Slipenchi Victorin, Chisinau, 2022

The thesis consists of introduction, 4 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography of 125 titles, basic text of 142 pages, 127 formulas, 30 tables, 71 figures, 6 annexes. The research results are presented in 33 scientific papers, including 2 monographs, 23 articles in national journals and 8 articles in international journals.

Keywords: primary milk processing, milk cooling, automated technological line, installation with natural and artificial cold, mathematical models, calculation methods, operating regimes, energy efficiency.

The aim of the paper is to develop the methodology, calculation methods and mathematical models of milk cooling processes and the accumulation of natural and artificial cold to substantiate the operating regimes and parameters of seasonal and combined ecological refrigeration installations throughout the year.

The scientific novelty and originality provides the methodological contribution and the elaboration of mathematical models and methods of calculation of the milk cooling process in capacitive coolers and in flow and accumulation of natural and artificial cold in mixing and non-mixing regimes of the refrigerant in the cold accumulator.

The important scientific problem solved: improving the energy, technical, economic and environmental indices of the process of accumulation of natural and artificial cold and cooling of milk, based on the elaboration of mathematical models and calculation methods in correlation with atmospheric air temperatures for northern Moldova.

The theoretical significance of the paper consists in the methodological contribution and in the elaboration of mathematical models and calculation methods to substantiate the system with low electricity consumption for milk cooling with the use of seasonal and combined ecological installations throughout the year for northern R. M.

Applicative value of the work: the economic, energy, technical and environmental indicators of the installations with natural and artificial cold for the north of R. M. have been improved.

Implementation of scientific results. The research results were carried out at the farm in Corbu village, Donduşeni, at the UASM farm. and in the project 20.80009.5107.04 "Adaptation of sustainable and ecological technologies for the production and storage of agricultural products" for the period 2020-2023. At the same time, the research is used in the lectures and practical lessons "Renewable energy sources in the agricultural sector" and "Design of electrification systems in the agricultural sector" for students in the first cycle, as well as in the lectures and practical lessons in the second cycle. Automation of technological processes in the agricultural sector "of FIATA within UASM. The research results were published in 2 useful monographs for specialists in the field of energy efficiency in the agricultural sector.

АННОТАЦИЯ

Докторская диссертации на тему «Повышение энергоэффективности оборудования для первичной переработки молока с использованием естественного и искусственного холода (на примере северного региона Р М)», Слипенки Викторин, Кишинев, 2022 г.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, общих выводов и рекомендаций, библиографии из 125 наименований, основного текста из 142 страниц, 127 формул, 30 таблиц, 71 рисунков, 6 приложений. Результаты исследования представлены в 33 научных статьях, в том числе в 2 монографиях, 23 статьях в отечественных журналах и 8 статьях в зарубежных журналах.

Ключевые слова: первичная переработка молока, охлаждение молока, автоматизированная технологическая линия, установка естественного и искусственного холода, математические модели, методы расчета, режимы работы, энергоэффективность.

Целью диссертации является разработка методологии, методов расчета и математических моделей процессов охлаждения молока и накопления естественного и искусственного холода для обоснования режимов и параметров работы сезонных и комбинированных экологических холодильных установок в течение года.

Научную новизну и оригинальность обеспечивает методический вклад и разработка математических моделей и методов расчета процесса охлаждения молока в емкостных и проточных охладителях и аккумулировании естественного и искусственного холода в режимах смешивания и вытеснения хладагента в аккумуляторе холода.

Важная научная проблема, которая решена: улучшение энергетических, технико-экономических и экологических показателей процесса аккумулирования естественного и искусственного холода и охлаждения молока на основе разработки математических моделей и методов расчета в зависимости от температуры атмосферного воздуха для севера РМ.

Теоретическая значимость диссертации заключается в методологическом вкладе и разработке математических моделей и методов расчета для обоснования энергосберегающей системы охлаждения молока с применением сезонных и комбинированных круглогодичных экологических установок для севера РМ.

Прикладное значение работы: улучшены экономические, энергетические, технические и экологические показатели установок с естественным и искусственным холодом для севера Р.М.

Внедрение научных результатов. Результаты исследования были проведены на ферме в селе Корбу, Дондушень, на ферме UASM. и в проекте 20.80009.5107.04 «Адаптация устойчивых и экологических технологий производства и хранения сельскохозяйственной продукции» на период 2020-2023 г. В то же время исследования используется в лекционно-практических занятиях «Возобновляемые источники энергии в агропромышленном комплексе» и «Проектирование систем электрификации в агропромышленном комплексе» для студентов первого цикла, а также в лекционно-практических занятиях второго цикла «Автоматизация технологических процессов в агропромышленном комплексе» FIATA в рамках UASM. Результаты исследований опубликованы в 2-х монографиях для специалистов в области энергоэффективности в агропромышленном комплексе.

LISTA ABREVIERILOR

AFN - acumulator cu frig natural
AFNA- acumulator cu frig natural și artificial
ANRE- Agenția Națională de Reglementare în Energetică
CDE- complex didactico-experimental
CMMC- Centrul Metrologic Municipal Chișinău
FIATA- Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto
IAC- instalație de acțiune combinată
IAS- instalație de acțiune sezoniera
IF – instalație frigorifică
RCR- rezervor de colectare și reglare
SHS- Serviciul Hidrometeorologic de Stat
UASM - Universitatea Agrară de Stat din Moldova
BC- bloc de control
FPL- fermă de producere și prelucrare a laptelui
RF- Răcitor pentru răcirea laptelui în flux
RC- Răcitor capacitiv pentru răcirea laptelui
SUE- Sistemul utilajului electric

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1. Parametrii statistici ai temperaturilor medii lunare a aerului din perioada rece a anului pentru anii 1887-1999 [12] - 1980-2010[12] pentru stația Bălți

Tabelul.1.2 Rezultatele evaluării indicilor de exploatare și tehnologici

Tabelul 1.3. Indicii energetici ai IF

Tabelul 2.1 Organizarea funcțional-structurală a proceselor de prelucrare a laptelui (arborele funcțional generalizat) la nordul RM

Tabelul 2.2 Formarea de opțiuni pentru liniile cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui în ferme .

Tabelul 2.3 Variante de echipări cu mijloace tehnice pentru liniile tehnologice automatizate pentru prelucrarea laptelui în ferme

Tabelul 2.4Energie regenerată la răcirea laptelui de la o vacă kWh din cantitatea zilnică de lapte muls, kg

Tabelul 2.5 Repartizarea temperaturii laptelui răcit cu conexiune consecutivă a secțiunilor AF.

Temperatura laptelui furnizat pentru răcire $t^{\circ}_{L1} = 32^{\circ}\text{C}$

Tabelul 2.6 Distribuția temperaturii laptelui răcit cu conexiune consecutivă a secțiunilor AF.

Temperatura furnizată pentru răcirea laptelui $t^{\circ}_{L} = 16^{\circ}\text{C}$

Tabelul 2.7 Caracteristica tehnică a instalațiilor frigorifice utilizate în liniile standard de răcire a laptelui

Tabelul 2.8 Puterile motoarele electrice ale compresoarelor IF ale liniilor standard și a liniilor cu consum redus de energie electrică la răcirea laptelui

Tabelul 2.9 Distribuirea coeficientului de neuniformitate sezonieră a fermei didactice UASM în anul 2020

Tabelul 2.10 Parametrii liniei tehnologice pentru răcirea laptelui pe exemplul unei ferme de 200 de vaci pentru regiunea de nord a RM pentru muls de 2 și 3 ori pe zi

Tabelul 3.1 Distribuția dependenței raportului C_A a volumului din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura laptelui furnizat pentru răcire t°_{L1} și temperatura aerului atmosferic exterior la $(0 < t_0 < 3^{\circ}\text{C})$

Tabelul 3.2 Dependența productivității pompei agentului frigorific q_{af} și C_A a multiplicității volumului agentului frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura finală a agentului frigorific în timpul acumulării frigului t°_{sa} (răcirea în flux a laptelui cu amestecarea a agentului frigorific în acumulatorul de frig natural)

Tabelul 3.3 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}° de temperatura agentului frigorific în acumulatorul de frig natural t_{af1}° la productivitatea pompei agentului frigorific $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$ și valorile diferite ale C_A ale raportului volumului agentului frigorific V la cantitatea de lapte răcit M_L (răcirea capacitivă a laptelui la amestecarea a agentului frigorific în acumulatorul de frig)

Tabelul 3.4 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}° de la temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° când $C_A=3$ raportul dintre volumului de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L la diferite valori a productivității pompei agentului frigorific q_a (răcire în răcitor capacitiv cu amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig)

Tabelul 3.5 Dependența productivității pompei agentului frigorific a instalației frigorifice q_a de temperatura agentului frigorific în acumulatorul de frig natural t_{af1}° în regimul de acumulare de frig în AF la $C_A = 3$, $V = 3,75 \text{ m}^3$, $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$ (răcirea în răcitor capacitiv a laptelui cu amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig AF)

Tabelul 3.6 Caracteristicile comparative ale parametrilor acumulatorului de frig, productivitatea pompei agentului frigorific pentru reîncărcarea AF și temperatura de acumulare în funcție de metoda de răcire

Tabelul 4.1. Fluxurile de energie ale unei linii tipice de prelucrare a laptelui

Tabelul 4.2. Fluxurile de energie ale unei linii tehnologice cu consum redus de energie electrica

Tabelul 4.3 Caracteristici și regimuri de funcționare a liniilor pentru prelucrarea laptelui

Tabelul 4.4 Distribuția fluxurilor de energie ale liniilor tipice și cu consum redus de energie electrică

Tabelul 4.5 Situații de stări de avarie în caz de defecțiune a utilajului de control al SUE

Tabelul 4.6. Tabelul stărilor de funcționalitate (P) sau de refuz (O) ale elementelor sistemului

Tabelul 4.7. Zilele cu temperatura $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ și $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pentru mun. Bălți

Tabelul 4.8. Zilele cu temperatura $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ și $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pentru or. Briceni

Tabelul 4.9. Zilele cu temperatura $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ și $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pentru or. Soroca

Tabelul.4.10 Indicii tehnologici și de exploatare.

Tabelul 4.11. Indicii energetici ai IF.

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1 Numărul de zile cu temperaturi diurne $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ (nr. de zile, st. Bălți)

Fig.1.2. Evoluția temperaturii medii anuale (1951-2010)

Fig. 1.3 Distribuția temperaturii laptelui răcit t^0_i la fermă pentru linia tip (1) și linia cu consum redus de energie electrică(2)

Fig. 1.4 Acumulator de frig natural pentru răcirea laptelui în răcitor în flux.

Fig. 1.5 IF și AF pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial.

Fig. 1.6. Linie tipică de prelucrare a laptelui

Fig. 1.7. Linie tehnologică echipată cu verigi automate cu acționare electrică controlată discret

Fig. 1.8. Linie tehnologică echipată cu instalație pentru monitorizarea și reglarea fluxurilor de lapte

Fig.1.9 . Distribuția conținutului de grăsime a laptelui prelucrat pe o linie tipică, echipată cu cântare SMI-500 și rezervor de colectare a laptelui BM-1000

Fig.1.10. Distribuția conținutului de grăsime a laptelui prelucrat pe o linie echipată cu verigi automate de evidență și pompare a laptelui cu o acționare electrică controlată discret

Fig. 1.11. Distribuția conținutului de grăsime a laptelui prelucrat pe o linie echipată cu instalație de control și reglare a fluxului de lapte (IMRF)

Fig.1.12 Distribuția contaminării bacteriene a laptelui pentru o linie tipică (1), o linie cu o unitate electrică controlată discret AECD (2) și o linie echipată cu instalație de control și reglare a fluxurilor de lapte IMRF (3)

Fig. 2.1. Schema generală de acțiune a factorilor asupra procesului tehnologic de prelucrare a laptelui

Fig. 2.2 Nomogramă consumului de energiei electrice C_w pentru sistemul de răcire a liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.

Fig. 2.3 Alegerea puterii instalate N_{fa} a instalației frigorifice reîncărcabile pentru sistemul de răcire a liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial

Fig. 2.4 Dependența temperaturii agentului frigorific din acumulatorul de frig (AF) în funcție de regimul de funcționare

Fig. 2.5 Procesul de acumulare și creștere a rezervelor de frig în acumulatorul de frig sub formă de apă și gheață

Fig. 2.6 Structura unei linii tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui la fermele mari

Fig. 2.7 Linie automatizată cu consum redus de energie electrică pentru ferme de vaci cu 50, 100 și 200 de capete

Fig. 2.8 Linie automatizată cu consum redus de energie electrică pentru ferme de vaci cu un efectiv de 200 de capete (cu o productivitate medie anuală a fermei de peste 3000 kg / cap)

Fig. 2.9 Linie automatizată cu consum redus de energie electrică pentru ferme de vaci cu capacitatea de 50, 100 și 200 de capete (muls în fermă)

Fig. 2.10 Linie automatizată cu consum redus de energie electrică pentru ferme de vaci de 50, 100 și 200 de capete (mulsul în fermă în conductă de lapte sau în sala de mulș pe o instalație Tandem sau Elochka)

Fig. 2.11 Linie automatizată cu consum redus de energie electrică pentru ferme de vaci de 200, 300 și 400 capete

Fig. 2.12 Linie automatizată cu consum redus de energie electrică pentru ferme mari cu capacitatea de 5 și 10 tone pe zi

Fig. 2.13 Linie automatizată cu consum redus de energie electrică pentru ferme

Figura 2.14 Schema tehnologică a sistemului de răcire cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare sezonieră (IFS) pentru regiunea de nord al RM

Figura 2.15 Schema tehnologică a sistemului de răcire cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare combinată (IAC) pentru regiunea de nord al RM

Figura 2.16 Schema tehnologică a sistemului de răcire cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră (IAS)

Fig. 2.17 Schema tehnologică a sistemului de răcire cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de acțiune combinate (IAC) pentru regiunea de nord a RM

Fig. 3.1 Schema tehnologică a procesului de răcire într-un răcitor în flux și a acumulării de frig natural și artificial cu amestecarea a agentului frigorific în acumulatorul de frig

Fig. 3.2 Dependența multiplicității raportului C_A a volumului de agent frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° (răcirea în flux a laptelui cu amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig)

Fig. 3.3 Dependența C_A a raportului volumului de agent frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de la temperatura aerului atmosferic exterior t° , cu condiția, ca $0 < t^{\circ} < 3^{\circ}\text{C}$ (răcirea în flux a laptelui cu amestecarea a agentului frigorific în acumulatorul de frig)

Fig. 3.4 Dependența productivității pompelor agentului frigorific q_{af} și C_A a raportului volumului agentului frigorific în acumulator V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura finală a

agentului frigorific în timpul acumulării de frig t_{sa}° (răcirea în flux a laptelui cu amestecare a agentului frigorific din acumulatorul de frig)

Fig. 3.5. Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux și a acumulării de frig natural și artificial în regim de neamestec a agentului frigorific în acumulatorul de frig (AF)

Fig. 3.6 Dependența raportului C_A a volumului de agent frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° (răcirea în flux a laptelui în regim de neamestec a agentului frigorific în acumulatorul de frig)

Fig. 3.7 Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv și acumularea în regim de neamestec a agentului frigorific în acumulatorul de frig

Fig. 3.8 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}° de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° la productivitatea pompei agentului frigorific $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$ și valorile diferite ale C_A - raporturile dintre cantitatea de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L (răcirea capacitivă a laptelui la amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig)

Fig. 3.9 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}° de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° la $C_A=3$ - raportul dintre cantitatea de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L la diferite valori ale productivității pompei agentului frigorific q_{af} (răcirea capacitivă a laptelui cu amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig)

Fig. 3.10 Dependența productivității pompei agentului frigorific a instalației frigorifice q_{af} de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° în regimul de acumulare de frig în AF când $C_A = 3$, $V = 3,75 \text{ m}^3$, $q_{af} = 4 \text{ m}^3/\text{h}$, (răcirea capacitivă a laptelui cu amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig al AF)

Fig. 3.11 Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv și acumularea de frig în regim de neamestec a agentului frigorific în acumulatorul de frig

Fig. 3.12 Graficul variației temperaturii t într-un acumulator de frig automatizat (AF)

Fig. 4.1. Ciclograme de funcționare a liniei de prelucrare a laptelui cu consum redus a energiei electrice pentru ferma de lapte în perioadele calde (a) și reci (b) ale anului:

Fig. 4.2. Ciclograme de funcționare a sistemului de răcire a laptelui din linia tipică (a) și linia cu consum redus de energie electrică (b):

Fig. 4.3. Diagrama fluxurilor de energie electrică ale liniei tipice

Fig. 4.4. Diagrama fluxurilor de energie electrică ale liniei cu consum redus de energie electrică în sezonul cald al anului

Fig. 4.5. Diagrama fluxurilor de energie electrică ale liniei cu consum redus de energie electrică în sezonul rece al anului.

Fig. 4.6. Schema fluxurilor de energie a liniei cu consum redus de energie electrică, luând în considerare gruparea componentelor bilanțului energetic

Fig. 4.7. Algoritmul simulării situațiilor de avarie a SUE.

Fig. 4.8. Distribuirea daunelor anuale în cazul defectării BC ale sistemului de utilaj electric al liniei

Fig. 4.9 Temperaturile aerului pe perioada rece a anului, pentru anii 2011-2020, m. Bălți

Fig. 4.10 Scheme structural- functionale pentru racirea laptelui. a- cu instalatie sezonieră; b- cu instalatie combinată pe anul intreg.

Fig. 4.11 Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea (IFS) pentru regiunea de nord al RM

Fig. 4.12 Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea (IFC) pentru regiunea de nord al RM

Fig. 4.13 Graful automat al IF M₈

Fig. 4.14. Graful automat al IF M₂

Fig. 4.15 Graful ventilelor 10 si 11

Fig.4.16 Graful ventilelor 8, 12 ,13 si 14

Fig. 4.17 Graful automat al IF M₇

Fig. 4.18 Graful automat al IF M₂

Fig. 4.19 Graful ventilelor 8, 9, 11 si 12.

Fig. 4.20 Graful ventilului 10

Fig. 4.21 Graful automat al IF M₈

Fig. 4.22 Graful automat al IF M₂

Fig. 4.23 Grafurile ventilelor 10 si 11.

Fig. 4.24 Grafurile ventilelor 8, 12, 13 si 14.

Fig. 4.25 Graful automat al IF M₇

Fig. 4.26 Graful automat al IF M₂

Fig. 4.27 Graful ventilului 10

Fig.4.28 Grafurile ventilelor 8, 9, 11 si 12

Fig. 4.29 Instalație sezonieră cu frig natural (ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni)

Fig. 4.30 Instalație combinată cu frig natural și artificial (ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni).

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate.

Din cauza nivelului tehnologic scăzut al majorității fermelor [1,2] și a lipsei de echipamente moderne pentru prelucrarea laptelui [1,4], calitatea laptelui prelucrat în unele cazuri este încă sub nivel[3, 4] În același timp consumul de energie electrica la răcirea 1 t de lapte este esențial și constituie în medie 20 ... 25 kWh , iar durata gestionarii de către operator a procesului de prelucrare este de peste 2500 ore pe an [4] Totodată au fost înregistrate pierderi de grăsime din lapte în timpul prelucrării laptelui în ferme [5].

Echipamentele din ferme au o mare uzură și depășesc perioada de amortizare. De exemplu, peste 40% din unitățile de refrigerare funcționează peste durata lor de funcționare [1 , 4]. Noile unități frigorifice de la ferme reprezintă doar cca 10% [1 , 4]. Experiența avansată internă și externă în dezvoltarea tehnologiilor și liniilor pentru prelucrarea primară a laptelui în ferme arată, că pentru a realiza o creștere suplimentară a nivelului automatizării liniilor și o reducere radicală a consumului specific de energie electrică pentru prelucrarea laptelui este necesară optimizarea structurii consumului de energie și restructurarea funcțională și structurală corespunzătoare sistemelor tehnologice bazate pe noi economii de energie, tehnologii informaționale și mijloace tehnice [5] . Este relevant de dezvoltat și implementat sisteme și instalații de economisire a energiei care utilizează frigul natural și artificial, precum și utilizarea mijloacelor tehnice electrificate și a computerelor pentru controlul proceselor de producție în moduri optime care reduc consumul de energie al prelucrării laptelui și durata muncii manuale. Aceasta necesită elaborarea și implementarea liniilor flexibile de economisire a energiei, cu utilizarea diferitor niveluri de automatizare, în funcție de dimensiunea fermei, tehnologia adoptată și geografia amplasării fermelor.

Tendențele moderne se caracterizează prin introducerea pe scară largă a mijloacelor tehnice și a tehnologiei de calcul pentru controlul proceselor de prelucrare a laptelui [10]. Aceste mijloace includ dispozitive pentru transportul laptelui pentru prelucrare [11], dispozitive individuale [12]și de grup [13], precum și înregistrarea generală a laptelui [14], agenți de curățare [2.15], echipamente pentru răcirea laptelui [16], inclusiv utilizarea frigului natural al aerului atmosferic și apei, regenerarea energiei cu potențial redus a laptelui proaspăt [17].

Utilizarea tehnologiilor de economisire a energiei și a mijloacelor tehnice modifică semnificativ structura liniilor tehnologice și sistemul de echipamente electrice , modurile lor de funcționare și metodele de control al acestora [16,17]Procesul tehnologic de prelucrare a laptelui în ferme și sistemul de echipamente electrice nu îndeplinesc cerințele moderne de economisire a resurselor și a energiei [18,19], nu asigură posibilități funcționale noi [20,21], nivel de automatizare [22] și unificare necesar [23]. Pentru un control eficient al procesului de prelucrare a laptelui, este necesar să avem informații complete și fiabile despre parametrii de control și reglare ai legăturilor din linie . Aceasta necesită cercetarea complexă a liniilor tehnologice ca obiecte de dirijare pentru obținerea și prelucrarea informației necesare cu scopul elaborării sistemelor tehnologice de economisire a

energiei și dezvoltarea unui sistem electrificat unificat cu justificarea parametrilor acestuia.

Lipsa cercetărilor pentru elaborarea sistemelor automatizate de consum redus de energie și sinteza unui sistem unificat împiedică crearea unei abordări integrate unificate a studiului liniilor tehnologice ca obiecte de reglare și dezvoltare a metodelor teoretice, recomandărilor și metodelor practice pentru calculul sistemelor cu consum redus de energie permițând să se ia în considerare toată varietatea de complexități. Majoritatea modelelor nu iau în considerare proprietatea principală a sistemelor cu consum redus de energie - integritatea în aspectele funcționale și structurale. Conexiunile complexe care există între sistemul de dirijare și echipamentele tehnologice, parametrii și perturbările acestora, pot fi dezvăluite și realizate numai cu utilizarea metodelor moderne de cercetare [24] și a metodelor de modelare matematică. Descrierea matematică a procesului tehnologic de prelucrare a laptelui sub influența diferitor factori, ținând seama de diferite condiții de funcționare, este una dintre cele mai importante etape în crearea sistemelor automatizate de economisire a energiei și a unui sistem electrificat unificat, care să permită să menținem cu precizie necesara parametrii specificați ai procesului tehnologic.

S-a stabilit [25.26], că creșterea nivelurilor de automatizare, unificare, fiabilitate, îmbunătățirea caracteristicilor energetice, de mediu și operaționale ale liniilor se poate realiza prin organizarea funcțională și structurală a liniilor pe o bază modulară și crearea unui sistem electrificat unificat cu o structură ierarhică flexibilă care permite intensificarea procesului de prelucrare a laptelui și asigurarea automatizării necesare. Implementarea acestei abordări necesită îmbunătățirea metodelor existente și dezvoltarea de noi metode de sinteză a sistemelor automatizate de economisire a energiei, a mijloacelor tehnice și a unei sisteme electrificate unificate a liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui.

Cerințele tehnice, care sunt în continuă creștere fata de echipamentele electrice, complexitatea și varietatea sistemelor și proceselor tehnologice automatizate, necesită elaborarea unei baze metodologice pentru sinteza sistemelor unificate, dezvoltarea metodelor practice pentru justificarea și formarea acestor sisteme, luând în considerare, pe cât e posibil, complexitatea și caracteristicile obiectului de dirijare. Prin urmare, cercetările științifice care vizează elaborarea și dezvoltarea bazei teoretice, metodelor pentru elaborarea de noi tehnologii eficiente de economisire a energiei, mijloacelor tehnice și sistemului electrificat unificat, ce oferă o intensificare a procesului tehnologic de prelucrare a laptelui în ferme, sunt relevante și au un rol important în economia națională.

Scopul lucrării prevede elaborarea metodologiei, metodelor de calcul și modelelor matematice a proceselor de răcire a laptelui și de acumulare a frigului natural și artificial pentru fundamentarea regimurilor de funcționare și parametrilor instalațiilor frigorifice ecologice sezoniere și combinate pe tot parcursul anului.

Obiectivele cercetării:

- studiul actual și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice și echipamentelor pentru prelucrarea primară a laptelui
- elaborarea metodologiei de calcul și metodelor de formare și organizare structural- funcțională a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică la prelucrarea primară a laptelui cu argumentarea parametrilor
- elaborarea modelelor matematice și metodelor de calcul a proceselor de răcire a laptelui în răcitoare capacitive și în flux, precum și de acumulare a frigului natural și artificial în regimuri de amestec și neamestec a agentului frigorific din acumulatoarele cu frig.
- studiu regimurilor dinamice, energetice și de automatizare a echipamentelor liniilor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.
- elaborarea și implementarea instalațiilor automatizate combinate cu frig natural și artificial cu utilizarea grafurilor automate, determinarea duratei de utilizare a frigului natural în perioada rece a anului pentru regiunea de nord a RM.
- elaborarea metodei și algoritmului pentru identificarea utilajului de control al sistemului pentru prelucrarea laptelui, al căror refuz de funcționare duce la cele mai esențiale situații de avarie și evaluarea lor prin determinarea daunelor tehnologice.

Ipoteza de cercetare.

În baza dezvoltării tehnologiilor de economisire a energiei, a mijloacelor tehnice și a unui sistem electrificat de linii tehnologice pentru prelucrarea laptelui este propusă metodologia, în conformitate cu care liniile sunt considerate ca un singur obiect complex de interacțiune a mai multor elemente - factori tehnologici, energetici, operaționali, care influențează calitatea laptelui și indicatorii tehnici, economici și de fiabilitate. Aceasta necesită luarea în considerare a tuturor relațiilor esențiale și a gradului de influență a acestora asupra comportamentului întregului sistem în ansamblu.

Cercetările sunt efectuate din punct de vedere al unei abordări sistematice folosind teoria operațiilor, teoria probabilității și statistica matematică, modelarea matematică și fizică, analiza și sinteza sistemelor electrificate cu utilizarea grafurilor automate.

Au fost dezvoltate bazele științifice, metodologice, modelele matematice și metodele practice pentru prelucrarea laptelui, oferind o intensificare a procesului de prelucrare a laptelui în ferme, îmbunătățind în același timp calitatea acestuia și caracteristicile energetice, de mediu și operaționale.

Se propune o metodă pentru elaborarea și organizarea funcțional- structurală a sistemelor automatizate de răcire cu economie de energie folosind mijloace tehnice de utilizare a frigului natural și artificial, ceea ce

face posibilă formarea, conform principiului modular, a unor linii flexibile de economisire a energiei cu parametrii și caracteristicile necesare pentru orice tip de fermă.

Sinteza metodologiei de cercetare prevede elaborarea metodologiei, metodelor de calcul și modelelor matematice a proceselor de răcire a laptelui și de acumulare a frigului natural și artificial pentru fundamentarea regimurilor de funcționare și parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor sezoniere ecologice și combinate pe tot parcursul anului..

Totodată metodologia de cercetare include :

- cercetarea regimurilor dinamice, energetice și de automatizare a echipamentelor liniilor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.

- elaborarea și implementarea instalațiilor automatizate combinate cu frig natural și artificial cu utilizarea grafurilor automate și determinarea duratei de utilizare a frigului natural în perioada rece a anului pentru regiunea de nord a RM.

- elaborarea metodei și algoritmului pentru identificarea utilajului de control al sistemelor pentru prelucrarea laptelui, al cărei refuz de funcționare duce la cele mai esențiale situații de avarie și evaluarea lor prin determinarea daunelor tehnologice.

Sumarul capitolelor tezei

Capitolul 1 include studiul actual și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice și echipamentelor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial. Sunt analizate particularitățile condițiilor meteo-climatice la nordul RM, studiate echipamentele electrice, caracteristicile liniilor tehnologice și tendințele de dezvoltare a proceselor tehnologice automatizate pentru prelucrarea primară a laptelui. Sunt formulate scopul și obiectivele cercetării.

În capitolul 2 s-a elaborat metodologia de calcul și metode de formare a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică la prelucrarea primară a laptelui cu fundamentarea parametrilor. Au fost argumentați parametrii sistemului de răcire a laptelui cu utilizarea instalațiilor sezoniere ecologice și instalațiilor combinate pe anul întreg. Au fost formate 7 tipuri de linii tehnologice cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea primară a laptelui

În capitolul 3 sunt elaborate modele matematice și metode de calcul a proceselor tehnologice de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial. Au fost elaborate metode matematice a procesului de răcire a laptelui în răcitoare în flux și răcitoare capacitive cu amestecarea și fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorii cu frig natural și artificial. A fost propus modelul matematic și metoda de calcul a procesului de acumulare a frigului natural și artificial în acumulatorul cu frig.

În capitolul 4 este efectuată cercetarea regimurilor dinamice, energetice și de automatizare a echipamentelor liniilor pentru prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial (pe exemplul regiunii de nord a RM). Au fost elaborate schemele structural-funcționale, grafurile automate și algoritmele de funcționare a instalațiilor sezoniere ecologice și instalațiilor combinate pe anul întreg. Sunt prezentate rezultatele evaluării indicilor de exploatare, tehnologici și energetici. Totodată a fost determinată durata de utilizare a instalațiilor sezoniere cu frig natural în perioada rece a anului la nordul Republicii Moldova..

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor au fost realizate la ferma din s. Corbu r-l Dondușeni, la ferma UASM. și în proiectul 20.80009.5107.04 „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a produselor agricole ” pe perioada 2020-2023. Totodată cercetările efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri și lecții practice, „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții ciclului I, precum și în cursul de prelegeri și lecții practice la ciclul II “Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar” a FIATA din cadrul UASM. Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 2 monografii utile pentru specialiștii din domeniul eficienței energetice în sectorul agrar.

Aprobarea rezultatelor obținute și a valorii teoretice și practice a lucrării au fost discutate și aprobate în cadrul a 9 conferințe naționale și internaționale și la 4 seminare științifice la Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto a UASM. Principalele rezultate ale tezei sunt prezentate în 33 de publicații, inclusiv în 2 monografii.

Teza constă din introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, o bibliografie și 6 anexe. Conținutul tezei este prezentat pe 142 de pagini, incluzând 30 de tabele, 71 de figuri și o bibliografie de 125 de titluri.

1. STUDIUL LINIILOR TEHNOLOGICE CU CONSUM REDUS DE ENERGIE ELECTRICĂ PENTRU RĂCIREA LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL

1.1. Particularitățile condițiilor meteo-climatice la nordul Republicii Moldova

Potrivit celui de al Cincilea Raport a Comisiei Interguvernamentale pentru Schimbări Climatice, temperatura medie a aerului la suprafața terestră a crescut în decursul ultimilor 130 de ani cu $0,9^{\circ}\text{C}$, iar pe continentul european aceasta este și mai semnificativă, însumând valori de peste 1°C . Fiecare dintre ultimele trei decenii au fost în mod succesiv mai calde decât precedentele, iar primul deceniu a secolului XXI a fost cel mai cald din seria observațiilor instrumentate.[12].

Rezultatele prezentate în diferite surse permit să conchidem că deși se păstrează procesul de încălzire a iernilor, crește variabilitatea manifestării perioadelor antipode „cald-rece”, cu prevalarea celora din urmă.

În aspect regional, temperatura medie la fel a suferit modificări esențiale. Astfel în partea de nord a RM aceasta constituie 9.1°C (Briceni), în timp ce în partea de sud (Cahul) ea atinge valoarea de 11.1°C . Schimbările climatice actuale, însă, influențează semnificativ durata perioadei reci a anului. Conform Fig. 1.1, numărul zilelor cu temperaturi diurne sub 0°C pe teritoriu descrește și constituie în mediu 77-79 zile fata de perioadele anterioare cercetate când durata iernii varia în limitele 95 - 105 zile la nord, 80-95 zile în centru, 75 - 85 zile la sud [12]. În același timp, pe întreg teritoriul RM, în ultimii 25 ani se atestă o mare variabilitate în timp a perioadei cu temperaturi diurne sub 0°C de la 24 zile în iarna anului 2007 până la 95 de zile în 2012.[12].

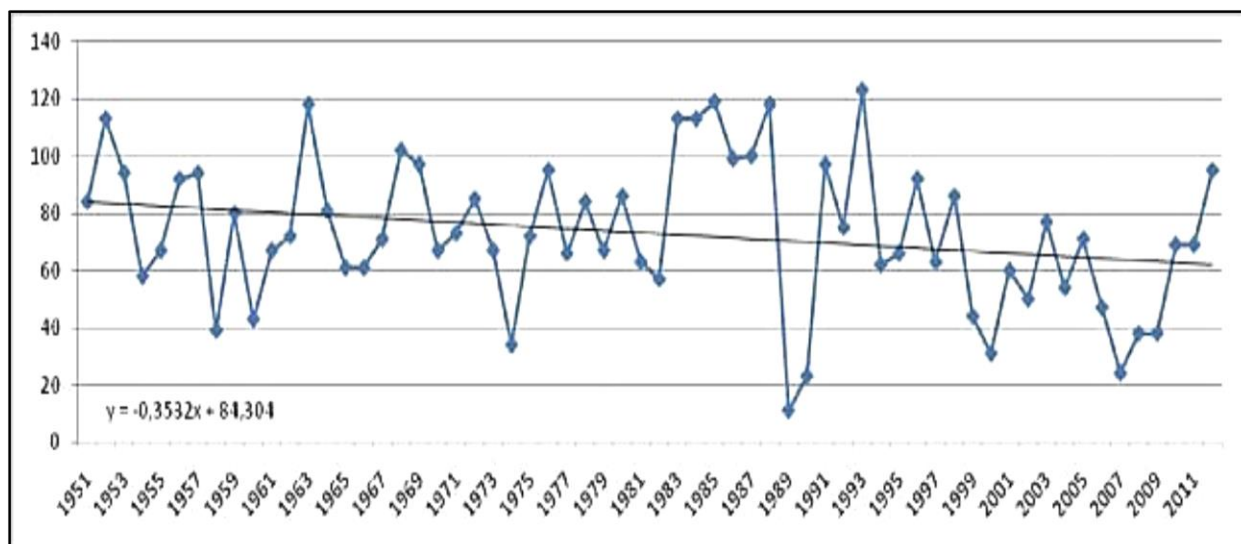


Fig. 1.1 Numărul de zile cu temperaturi diurne $\leq 0^{\circ}\text{C}$ (nr. de zile, st. Bălți)[12].

După cum indică [12] în baza acestui studiu putem constata că frecvența mai mare a iernilor foarte reci se observă în perioada 1887-1960, când predomină anomaliile negative a temperaturilor

anotimpului rece, însă pentru anii 1980-2010 mai frecvente sunt iernile cu anomalii pozitive. În același timp, caracteristic pentru această perioadă sunt și iernile foarte reci, cum ar fi iernile din anii 1985, 1996.

Tabelul 1.1. Parametrii statistici ai temperaturilor medii lunare (XII, I, II) din perioada rece a anului pentru anii 1887-1999 - 1980-2010[11] pentru stația Bălți.

Parametrii statistici	Decembrie		Ianuarie		Februarie		Anotimpul de iarnă	
	1887-	1980-	1887-	1980-	1887-	1980-	1887-	1980-
t, °C	-0.7	-0,5	-3.0	-2	-2.1	-0,9	-1.9	-1,1

Analiza comparativă a datelor obținute anterior (pentru o perioadă de mai mult de un secol) cu ultima perioadă de timp scoate în evidență (Tabelul 1.1) procesul de încălzire a iernilor în general și a fiecărui regim termic din lunile ce caracterizează acest anotimp.[12] .

Registrul iernilor [12] relevă, spre exemplu, că în partea de nord a RM , pe parcursul anilor 1980-2010, iernile calde au fost observate doar în cazul a doi ani – 1990 și 2007. Ierni foarte calde nu au fost înregistrate în această regiune. În același timp, iernile moderat calde s-au înregistrat cu 3 mai mult decât cele moderat reci.

În lucrarea [12], s-a evidențiat clasificarea iernilor cu diferit grad de asprime în diferite regiuni fizico-geografice, completând esențial registrul iernilor cuantificate anterior, atât din punct de vedere temporal cât și spațial.

Așa dar, anomaliile pozitive pe care le pot însuma iernile în partea de nord a RM pot atinge valori de la +1.1până la +4.4°C, temperatura medie sezonieră constituind corespunzător - 1.5 ... +1.8°C, în cazul iernilor blânde. În cazul celor severe, temperatura medie sezonieră poate atinge valori de -3.7...-7°C .[12]Se observă o creștere a temperaturilor medii, Fig.1.2.

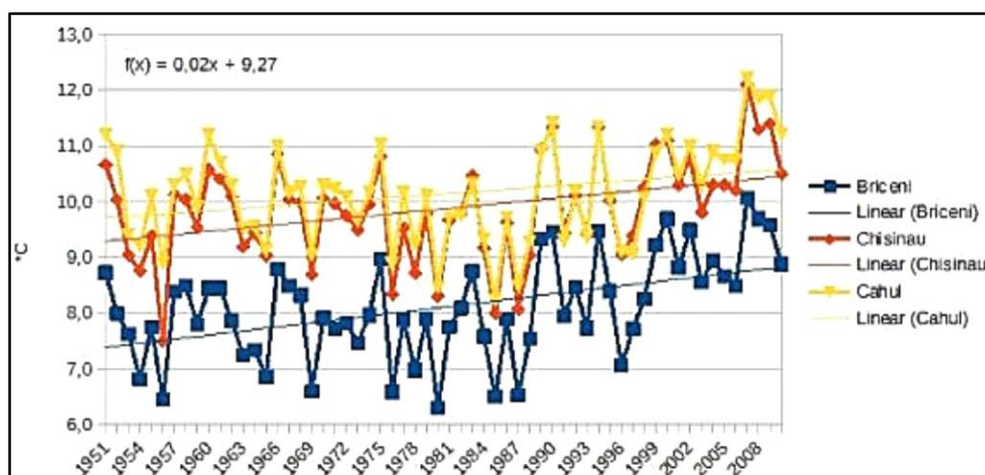


Fig.1.2. Evoluția temperaturii medii anuale (1951-2010) [12]

Evoluția temperaturilor maxime,medii si minime. ale aerului atmosferic pentru anii 2011-2020

pentru mun, Bălți sunt prezentate în Fig.4.9 și Anexa2. Analogic au fost obținute evoluțiile temperaturilor aerului atmosferic pentru or. Briceni și or. Soroca.

S-a stabilit:

-pentru mun.Bălți numărul de zile cu temperatura aerului atmosferic $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pe durata de 10 ani variază de la 45 zile până la 116 zile.

-pentru or.Briceni numărul de zile cu $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pe durata de 10 ani variază de la 58 zile până la 104 zile, $\Delta T = 46$ zile;

-pentru or.Soroca numărul de zile cu $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pe durata de 10 ani variază de la 67 zile până la 99 zile, $\Delta T = 32$ zile;

Data medie a trecerii temperaturii peste 10°C , toamna, conform datelor multianuale, la fel înregistrează diferențieri spațiale. Acestea sunt mai evidente decât în cazul primăverii și constituie 10 zile. Deci, dacă în partea de nord a RM data de trecere a temperaturii medii diurne peste 10°C are loc pe 10 octombrie, în partea de sud a RM aceasta întârzie cu 10 zile, înregistrând-se pe 20 octombrie [12].

1.2. Studiul analitic și analiza tendințelor în dezvoltarea proceselor tehnologice automatizate și a mijloacelor tehnice ale liniilor de prelucrare a laptelui în ferme.

Produsele lactate în țara noastră, din punct de vedere al sortimentului și calității, nu satisfac întotdeauna cerințele și necesitățile economiei naționale, precum și necesitățile populației. Este deosebit de important să se asigure o înaltă calitate a laptelui în producția de alimente pentru copii și dietetice. Calitatea nesatisfăcătoare a produselor lactate se explică printr-o serie de factori, dar principalul este calitatea scăzută a materiei prime furnizată de la ferme la fabricile de procesare, la fel și pierderile și deteriorările acestora în timpul prelucrării și depozitării. Prelucrarea laptelui în ferme este un proces cu consum mare de energie electrică. În Republica Moldova sunt consumate pentru această operațiune cca 2 milioane kWh pe an [27,28]. Puterea instalată a motoarelor electrice ale liniei tehnologice de prelucrare a laptelui în ferma de 200 de vaci depășește de 30 kW, iar în ferma de 400 de vaci –peste 40 kW. Consumul de energie electrică la operațiunile principale: evidența, transport, filtrare, răcire, depozitare a laptelui și spălarea echipamentelor la o fermă de 200 de vaci constituie în mediu 130000 kWh pe an [29,30]. Aproximativ 25% din această energie este consumată pentru răcirea laptelui și cca 50% pentru încălzirea apei pentru necesități tehnologice [31,32,33]. Calitatea laptelui: contaminarea mecanică și bacteriană, gustul, mirosul, conținutul de grăsime depind esențial de parametrii echipamentului și de respectarea regimurilor de muls, evidență, filtrare, transport, răcire, precum și de calitatea spălării echipamentelor tehnologice, gradul de izolare a laptelui de mediul înconjurător și zona de contact a acestuia cu suprafața echipamentului [34,35]. Datele cercetărilor arată că, atunci când obținem produse lactate

folosind tehnologii tradiționale avem până la 30 ... 40% din poluanți și din corpul vitelor și din furaje, cca 30 ... 35% din apă, 15 ... 25% din medicamente în timpul tratamentului animalelor, iar restul din aer [36,37]. Până la 25% din poluanți sunt din procesul de prelucrare a laptelui, transport, precum și în timpul ambalării și depozitării acestuia. Aceste cifre pot varia în funcție de regiunea geografică și tehnologia de producție [38,39].

Contaminarea bacteriană a laptelui reflectă cel mai exact condițiile sanitare în care a fost obținut. Standardul permite prezența până la 0,3 milioane de bacterii într-un miligram [40,41], prin urmare, sarcinile principale sunt prevenirea pătrunderii bacteriilor în momentul mulsului. Principalele surse externe de contaminare a laptelui sunt echipamentele necalitativ spălate, contactul laptelui cu suprafața echipamentului pentru lactate și aerul înconjurător [42,43]. Pentru producerea de produse alimentare de înaltă calitate pentru copii și dietetice, brânzeturi cu cheag, produse sterilizate, trebuie utilizat numai laptele de cea mai înaltă calitate, care îndeplinește cerințele normative. Laptele furnizat direct rețelei de distribuție, spitalelor și alimentației publice trebuie să fie pasteurizat și furnizat instituțiilor pentru copii îndeplinind toate cerințele sanitar-veterinare.

Laptele de cea mai înaltă calitate este caracterizat de 16-18 °A (aciditate), gradul de puritate conform standardului este 1, contaminarea bacteriană este de până la 300 mii / cm³, conținutul celulelor somatice nu depășește 300 mii / cm³.

Laptele de clasa I este caracterizat de 16-18 grade. 16-18 °A (aciditate), grad de puritate - 1, contaminare bacteriană - de la 300 la 500 mii / cm³, conținutul celulelor somatice - 1000 mii / cm³.

Laptele de clasa a doua este caracterizat de 16-20 de grade. 16-18 °A (aciditate), gradul de puritate conform standardului este 2, contaminarea bacteriană este de la 500 la 4000 mii / cm³, conținutul celulelor somatice este 1000 mii / cm³.

Laptele a cărui temperatură depășește 10 °C, este acceptat la fabrica de lapte ca fiind „răcit”, cu o reducere corespunzătoare din prețul de achiziție. Plata pentru lapte în conformitate cu actele normative în vigoare se efectuează în funcție de fracția de masă a grăsimilor și a proteinelor, ținând cont de suprataxe și reduceri la prețul de achiziție (contractual) pentru fiecare 0,1% din grăsimi și proteine.

Factorii care influențează calitatea laptelui în timpul mulsului și prelucrării sunt praful, murdăria și reziduurile soluției de curățare. Sunt cunoscute măsurile de control pentru aceste tipuri de poluare. Aceasta este o respectare strictă a cerințelor de igienă și tehnologie [44,45]. Prin urmare, toate operațiunile de prelucrare a laptelui trebuie efectuate într-un flux închis. Indicatorii tehnici și economici ai unei ferme lactate depind în mare măsură de calitatea acestor operațiuni.

Pentru a preveni pătrunderea contaminanților în lapte, este necesar de un set de măsuri, care să includă mulsul și prelucrarea laptelui, funcționarea corectă a echipamentelor tehnologice, monitorizarea continuă a stării sale tehnice și sanitare, utilizarea celor mai noi tehnologii și mijloace tehnice care să asigure caracteristicile înalte de calitate ale laptelui la etapa de producere și prelucrare. Prin urmare, obținerea de

produse lactate de înaltă calitate în ferme este o problemă științifică și tehnică complexă care nu a fost integral rezolvată [46,47,48].

Liniile tehnologice existente pentru prelucrarea laptelui în ferme nu îndeplinesc complexul de cerințe funcționale, energetice, de mediu, tehnice și economice. Echipamentul utilizat are o suprafață mare de contact cu mediul înconjurător. Un exemplu de astfel de echipamente este cântarul SMI-500 cu rezervor de colectare a laptelui BM-1000. Toate acestea au rezervoare deschise pentru colectarea și cântărirea laptelui. În timpul verii, muștele transportă microbi patogeni în lapte. Pesticidele folosite în lupta împotriva muștelor ajung și ele în lapte. Un mijloc radical de combatere a unei astfel de poluări este crearea de echipamente care exclud contactul laptelui cu aerul. Sistemul de depozitare și evidentă a laptelui este învechit și ar trebui înlocuit cu contoare moderne

Una dintre măsurile importante pentru suprimarea activității vitale a microflorei și menținerea calității laptelui este răcirea acestuia până la $4 \dots 6^\circ \text{C}$. Pe măsură ce temperatura scade, contaminarea bacteriană scade până la 80% [49,50] și microflora primară moare. Aceasta face posibilă menținerea acidității laptelui la nivelul necesar în timpul zilei. Cu toate acestea, efectul răcirii poate fi numai atunci când laptele este obținut în condiții sanitare bune și nu conține mai mult de 150 de mii de bacterii pe ml [26]. Dacă numărul de microorganisme depășește valoarea specificată, produsul va fi de calitate joasă. Răcirea laptelui la 10°C menține stabilitatea bacteriologică timp de 5 ... 6 ore, iar până la $4 \dots 6^\circ \text{C}$ - peste 24 de ore [17].

Echipamentele frigorifice utilizate în prezent nu îndeplinesc cerințele moderne și sunt periculoase pentru mediu. Se știe că freonii folosiți în unitățile frigorifice, care intră în atmosferă, reduc conținutul de ozon. Prin urmare, comunitatea științifică internațională cere o reducere a consumului de freoni. Una dintre soluțiile care îndeplinesc aceste cerințe este utilizarea frigului natural pentru răcirea laptelui.

Cercetările efectuate [5,50,51,52] au demonstrat, că îmbunătățirea calității produselor lactate, eliminarea pierderilor din procesul de producție, reducând în același timp consumul de energie și intensitatea forței de muncă din procesul de prelucrare, se poate rezolva numai pe baza introducerii celor mai noi tehnologii de economisire a resurselor, care oferă automatizarea unităților de muls și lactate ale fermelor.

Liniile tehnologice de prelucrare a laptelui sunt sisteme complexe, care constau din subsisteme separate (legături) și care interacționează între ele. Aceștia trebuie să efectueze următoarele operațiuni de bază [53,54]: transportul laptelui de la instalațiile de muls pentru prelucrare; evidentă individuală, de grup și generală a laptelui; răcirea și depozitarea pe termen scurt; precum și spălarea echipamentului. În același timp, ar trebui asigurat și respectat debitul maxim al procesului tehnologic de prelucrare, utilizarea sistemelor cu capacitate redusă, consum minim de resurse, cum ar fi apa, freonul, soluțiile de spălare. Echipamentele pentru prelucrarea laptelui ar trebui să fie dezvoltate și

proiectate luând în considerare natura aleatorie a aprovizionării cu lapte, fluctuațiile ciclurilor sezoniere și anuale, posibilitatea prelucrării laptelui achiziționat cu o capacitate minimă de rezervoare de stocare a laptelui și lungime minimă a conductelor de lapte.

În conformitate cu cerințele principiului bloc-modular de elaborare a liniilor tehnologice, un set suplimentar de echipamente de economisire a energiei și a resurselor trebuie să facă parte din sistemul general și să îndeplinească cerințele generale pentru o linie tehnologică, adică să asigure efectuarea operațiunilor tehnologice în moduri de economisire a resurselor și a energiei, cu impact minim atât asupra produsului prelucrat, cât și asupra ecosistemului la ferme.

Evidența laptelui

Cele mai nefavorabile operațiuni ecologice ale liniilor tehnologice sunt operațiunile de evidență. În timpul acestor operații, are loc contactul maxim al laptelui prelucrat cu suprafața potențială de contaminare cu aerul și suprafața interioară a echipamentului pentru lactate. Dispozitive precum UZM-1, ADM-52 și cântare de lapte SMI-500 sunt deosebit de nefavorabile din punct de vedere al mediului. Aceste dispozitive necesită mult timp pentru funcționare, sunt greu de spălat în timpul spălării circulante și au un cost ridicat. Utilizarea acestor dispozitive mărește contaminarea bacteriologică a laptelui, consumul de apă, energie și detergenți [55,56].

Evidența exactă a laptelui mult este una dintre cele mai dificile și importante operațiuni din fermă.

Evidența laptelui în ferme se realizează la trei niveluri: la nivelul evidenței individuale, de grup și generale (comerciale) a laptelui. Informațiile privind producția individuală de lapte a vacilor în ferme sunt necesare pentru desfășurarea activității genealogice și zootehnice, determinarea rației de vacă hrănitoare, regimul lor de păstrare și, în cele din urmă, are un impact direct asupra cantității și calității laptelui obținut în fermă.

Pentru dozarea individuală a laptelui în timpul mulsului se utilizează contoare UZM-1. Dezavantajele contoarelor individuale de lapte utilizate la ferme sunt dimensiunile mari.

Pentru evidența în grup a laptelui cu o conductă de lapte de tip ADM-8, se folosesc contoare de lapte de tip MGB și ADM-52. După cum a arătat experiența îndelungată a funcționării lor, acestea au o serie de dezavantaje semnificative: eroare mare de măsurare, prezența uzurii calculatoarelor mecanice, necesitatea demontării și curățării manuale frecvente.

Pentru evidența generală a laptelui, se folosesc pe scară largă cântare de tip SMI-250 și SMI-500, care sunt incluse în seturile standard de echipamente pentru liniile tehnologice de prelucrare a laptelui. Cântarele SMI-500 cu rezervor de colectare a laptelui BM-1000 au o suprafață mare de lapte în contact cu mediul. Sunt greoaie și necesită suprafețe mari tehnologice. Utilizarea lor face imposibilă spălarea automată.

Sistemul de evidență a laptelui este învechit și este necesar de înlocuit cu dispozitive moderne

de evidentă la distanță, care să asigure dozarea laptelui să fie izolată de mediul înconjurător, cu un contact minim cu suprafața echipamentului.

Transportul laptelui.

Sistemul de transport al laptelui către echipamentul de prelucrare are un impact semnificativ asupra calității laptelui. Include conducte, capacități de stocare și control și echipamente pentru comutarea fluxurilor.

Funcționarea liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui se caracterizează prin fluxuri aleatorii de produse [57,58] . O creștere nerezonabilă a capacității lor este asociată cu o pierdere semnificativă de grăsime din lapte, energie, soluții de curățare, apă și spațiu de producție. Sunt dimensiuni mari și sunt în contact direct cu aerul din jur, ceea ce înrăutățește calitatea sanitară a laptelui, mai ales vara, și duce la pierderile acestuia. Spuma de lapte se așază pe pereții rezervoarelor, care conține până la 20% grăsime din lapte [95], și este evacuată în canalizare în timpul spălării, este asociată cu cheltuieli semnificative de timp, soluții de spălare și apă.

Sistemele moderne de control discret și analogic ale unităților fac posibilă evidența și pomparea laptelui, precum și ajustarea automată a debitului unităților de pompare. Aceasta face posibilă crearea sistemelor de transport al fluxului cu viteză mare și calitate înaltă a reglării. Capacitatea unor astfel de sisteme poate fi redusă semnificativ. În același timp, este redus contactul laptelui cu suprafața echipamentelor lactate și cu aerul atmosferic, iar timpul total pentru prelucrarea și spălarea echipamentului este redus la cca 50 %. Aceasta permite să reducem pierderea de grăsime din lapte, contaminarea bacteriană a laptelui, precum și să reducem consumul de soluții de clătire și apă [96].

Răcirea laptelui.

Răcirea laptelui continuă să fie unul dintre procesele periculoase pentru mediu, care consumă cantități mari de energie electrică și necesită multă muncă. Fiabilitatea unităților frigorifice care funcționează în linii tehnologice este încă scăzută. Din cele cca 0,8 mii de mașini frigorifice care funcționează în țară în prezent, cel puțin 30% sunt inoperante, peste 50% din unitățile frigorifice funcționează dincolo de durata lor de funcționare. Noile unități frigorifice de la ferme reprezintă doar 10% [1,4,5]. Fiabilitatea redusă duce la pierderi mari de lapte, lactate și alte produse agricole.

Cele mai frecvente în zootehnie sunt sistemele de refrigerare cu compresie de abur, cum ar fi AV-30, THU-14, THU-16, THU-23, MKT-20, MVT-20, MVT-14, UV-10, OT-10, FU - 40 etc. cu condensator răcit cu apă și aer. Eficiența ridicată a acestor sisteme poate fi asigurată numai prin răcirea intensă și condensarea agentului frigorific din condensatoarele acestor sisteme. Utilizarea unor turnuri speciale de răcire pentru răcirea apei „circulante” în aceste scopuri este inefficientă, sunt foarte greu de operat, consumă multă energie, au un cost ridicat și nu funcționează în majoritatea fermelor. Prin urmare, majoritatea fermelor care utilizează sisteme de compresor cu

abur de răcire cu condensator răcit cu apă folosesc apa din sistemul de alimentare cu apă a fermei. Aceasta duce la pierderi mari de apă și poluarea mediului. În funcție de capacitatea de răcire a unității, consumul mediu de apă pentru răcirea condensatorului este de la 7300 la 39000 m³ de apă pe an.

Unitățile frigorifice utilizate în fermă au un preț de cost ridicat, consum mare de metal și de energie electrică; performanță de răcire limitată datorită suprafeței de contact relativ mici a aerului atmosferic cu agentul de răcire și eficienței reduse a utilizării răcirii prin evaporare, precum și nivel scăzut de fiabilitate.

Cea mai eficientă sursă alternativă de frig tehnologic este frigul natural. Principalele sale avantaje: simplitatea întreținerii și reparației echipamentelor; fiabilitate ridicată a sistemelor de răcire; economisirea energiei electrice, a materialelor (freon); cost redus al frigului.

În liniile tehnologice răcirea laptelui cu frig natural cu consum redus de energie electrică are loc până la 4,5 °C, față de 8,5 °C în liniile tipice, Fig.1.3 [25,107]

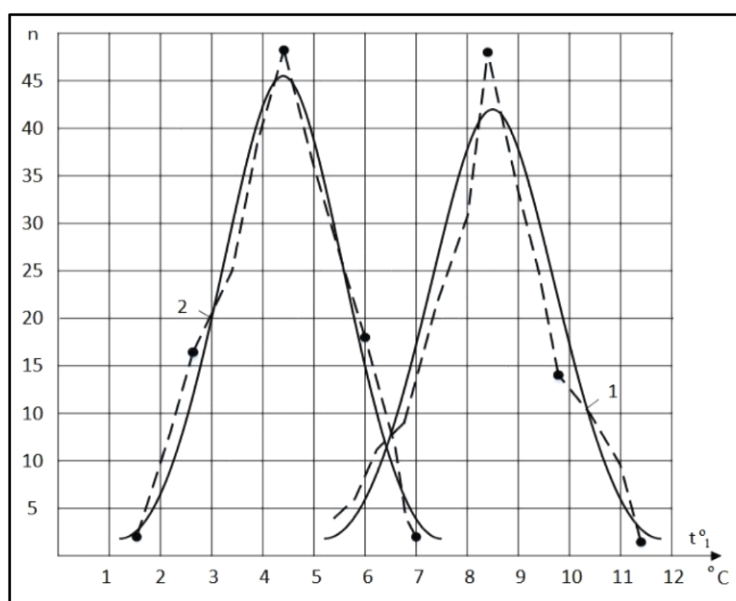


Fig 1.3 Distribuția temperaturii laptelui răcit t_i^0 la fermă pentru linia tip (1) și linia cu consum redus de energie electrică (2).

n - frecvențe empirice ale distribuției normale a temperaturii laptelui răcit t_i^0 .

În prezent necesitatea de echipamente frigorifice care utilizează aer, apă, gheață și ape subterane de răcire naturală a crescut esențial.

Cercetările efectuate în ultimii ani au arătat [25,35,56,57,107] că elaborarea tehnologiilor de răcire combinată este foarte eficientă folosind instalațiile cu frig natural și artificial. Receptorul de frig natural este instalat în exterior, în afara zonei de producție, iar unitatea frigorifică de reîncărcare este instalată în zona de producție. Astfel de sisteme au avantaje pe care nu le au răcitoarele existente. În Fig.1.4 și Fig.1.5 sunt

prezentate instalațiile cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitoare în flux și în răcitoare capacitive elaborate la UASM [25].

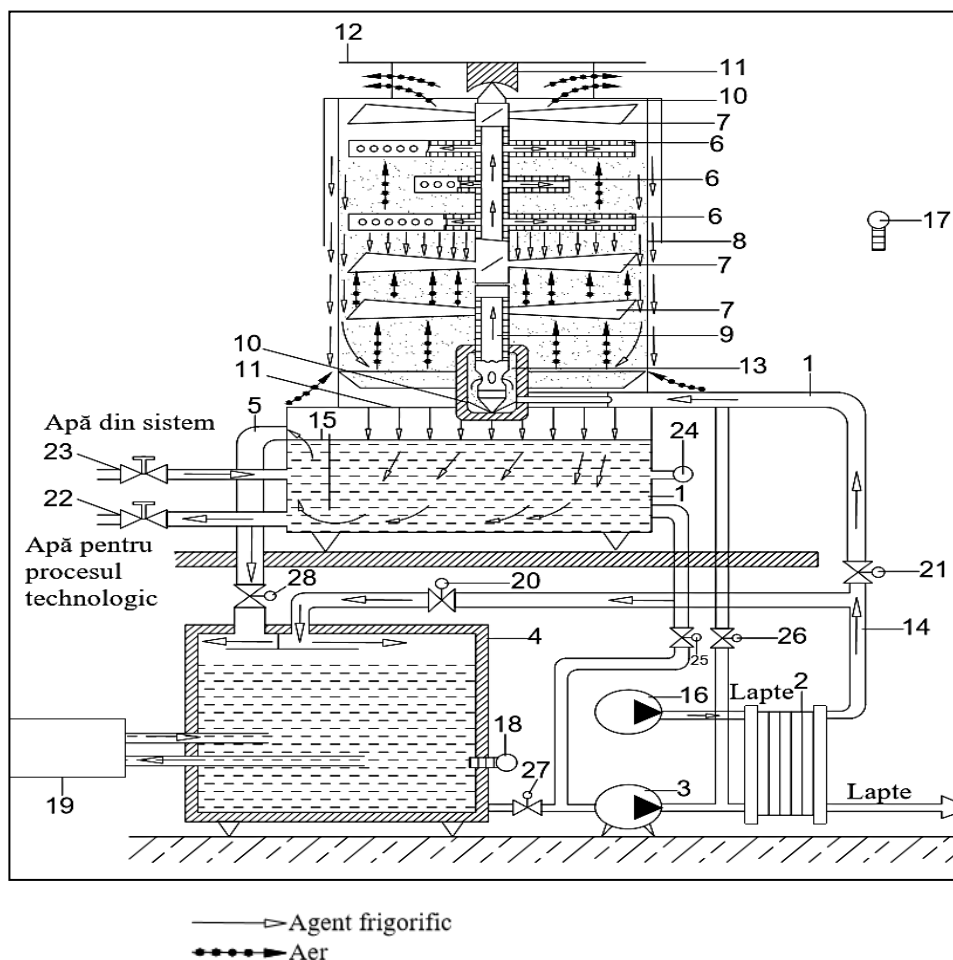


Fig. 1.4 Acumulator de frig natural pentru răcirea laptelui în răcitor în flux. [25].

1- rezervor, 2- schimbătorul de căldură, 3- pompa agentului frigorific, 4- rezervor termoizolat pentru agentul frigorific, 5- țeava de drenaj, 6- țevile de pulverizare rotative, 7- plăci aerodinamice, 8- axa cilindrului 9- țeava rotativă, care are la capete con-10, 11- axe cu conuri 12- ecran, 13- cavitatea cilindrică a axei inferioare, 14- țeava pompei agentului frigorific, 15 – acumulator cu apă în exterior, 16- pompa pentru lapte, 17 – senzor de temperatură a mediului ambiant, 18 – senzor de temperatură a apei în acumulator termoizolat, 19 -instalația frigorifică cu frig artificial, 20 –ventil a circuitului mic, 21 –ventil a circuitului mare, 22 –ventil a apei încălzită pentru necesitățile fermei, 23 –ventil a apei din sistem, 24 – senzor de temperatură a apei în acumulator din exterior, 25- ventil a circuitului spre acumulatorul exterior, 26 ventil a circuitului spre țevile de pulverizare, 27- ventil a acumulatorului interior, 28- ventil a acumulatorului exterior

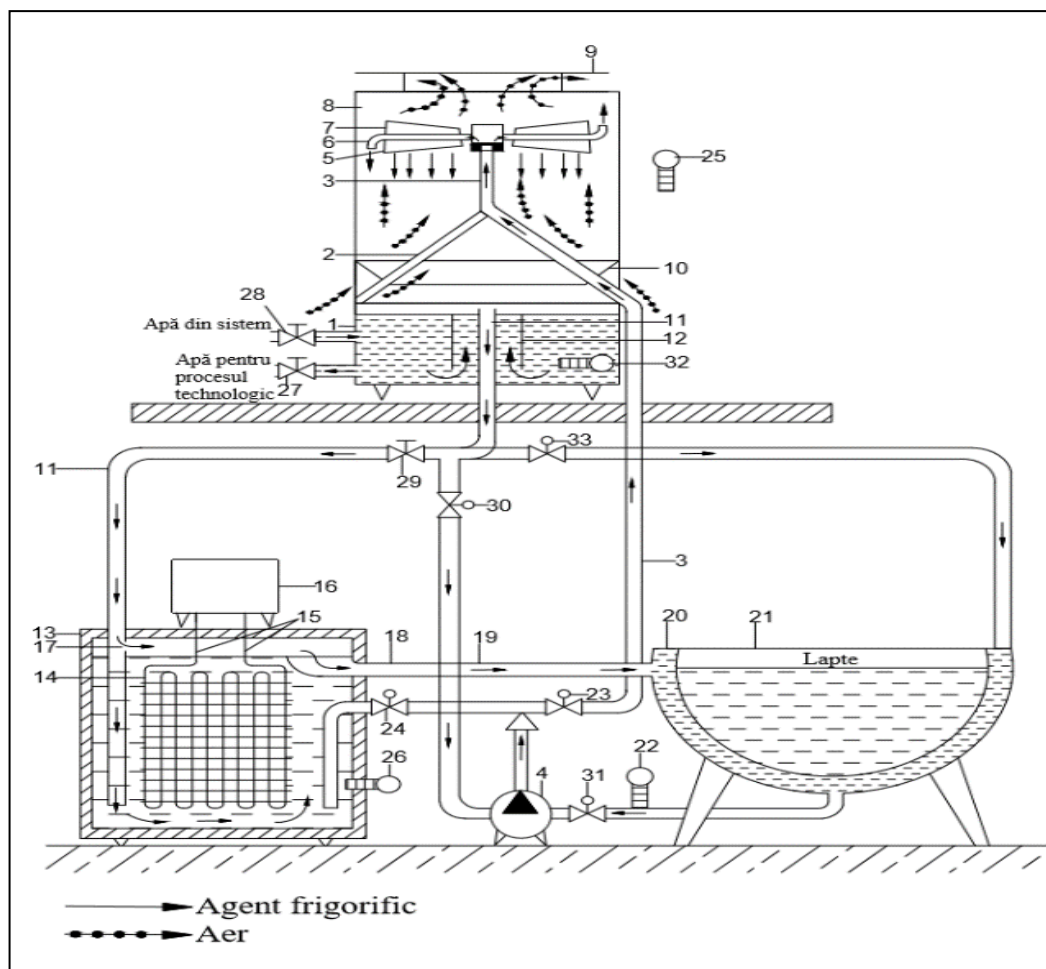


Fig. 1.5 Instalația frigorifică și acumulatorul cu frig pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial. [25].

1-rezervor superior 2- suporturi 3- tub, 4- pompa pentru apă, 5- suport rotativ cu 6- tuburi de pulverizare 7- plăci aerodinamice, 8-cilindru 9- ecran plat, 10 ecran conic, 11- tub vertical, 12- ecran, în rezervorul de stocare inferior este situat evaporator-14, 15- conducte, 16- instalația frigorifică 17- orificiu, 18 -cavitatea de scurgere, 19 tub de scurgere 21- rezervor-schimbător, 22 -senzor de temperatură, 23 ventilul schimbătorului, 24 – ventilul rezervorului interior, 25- senzorul temperaturii mediului ambiant 26- senzorul temperaturii apei din rezervorul interior, 27 – ventilul rezervorului exterior a apei încălzite, 28 – ventilul rezervorului pentru alimentare cu apă din sistemul centralizat, 29 – ventilul circuitului mic, 30 – ventilul circuitului mic II, 31 – ventilul rezervorului-schimbător, 32- senzorul temperaturii apei din rezervorul exterior, 33- ventilul circuitului mare.

Rezultatele evaluării indicilor de exploatare și indicilor energetici de la complexul didactico-experimental al UASM sunt prezentate, în Tabelul.1.2 și Tabelul 1.3 [25,59].

Tabelul.1.2 Rezultatele evaluării indicilor de exploatare și tehnologici

Indicii	Valoarea indicilor	
	după datele testărilor	
	instalația testată acumulator cu frig	Instalația frigorifică tip, NEREHTA – 1000 l
1	2	3
1. Denumirea gospodăriei	Complexul Didactico-Experimental al UASM	
2. Tipul instalației	Acumulator cu frig în complex cu instalația frigorifică pentru răcirea laptelui	Instalația frigorifică tip, NEREHTA – 1000 l
3. Condiții de lucru		
temperatura aerului atmosferic, °C	-2	18,5...25
umiditatea aerului în blocul de prelucrare a laptelui, %	51	51
temperatura laptelui răcit, °C	17...18	17...18
temperatura agentului frigorific °C	1	1...2
4. Regimul de lucru:		
tensiunea în rețea, V	380	380
5. Economia de energie electrică la 1 t lapte kW h	reducerea consumului specific de energie electrică de 37,5 ori în perioada rece a anului și de 1,9 ori în perioada caldă a anului	-
6. Reducerea prețului la energie electrică	cu 40% în afara orelor de vârf conform ANRE	-

Tabelul 1.3. Indicii energetici ai instalației

Regimul de răcire	Indicii experimentali						Indicii de calcul	
	de temperatură			puterea, kw	durata de lucru, h	Energia consumată, kw.-h	Masa laptelui răcit, t	Consumul specific de energie electrică, kW.h.t
	Temperatura aerului °C	temperatura laptelui, °C						
		inițială	finală					
1. Răcirea laptelui cu utilizarea acumulatorului cu frig, (perioada rece a anului)	-1 - 2	17	4	1,0	0,2	0,2	0,5	0,4
2. Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice (perioada rece a anului)	-1 - 2	17	4	2,5	3,0	7,5	0,5	15
Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice (Perioada caldă a anului)	25	30	4	2,5	6,0	15	0,5	30
Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice și a acumulatorului cu frig (Perioada caldă a anului)	25	30	4	3,5	3,2	7,7	0,5	15,4

Asemenea indicatori eficienți de exploatare și energetici ai instalațiilor cu frig natural și artificial sunt necesari să obținem și pentru regiunile de nord și de sud ale RM. Utilizarea unei noi surse de frig presupune o schimbare a tehnologiei de prelucrare și răcire a laptelui.

1.3. Studiul analitic a echipamentelor electrice ale liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui și modalitățile de îmbunătățire a acestora

Sistemul de echipamente electrice (EE) al liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui este în prezent un set de dispozitive de control de joasă tensiune realizate, atât pe elemente fără contacte, cit și cu relee cu contacte [61,62]. Echipamentele de control, protecție, semnalizare și automatizare sunt plasate într-un dulap separat, cutie sau într-un panou special furnizat complet cu mașina tehnologică.

Mediul fermelor este caracterizat de o temperatură de 5 ... 30 ° C și o umiditate de până la 100%. Prin urmare, funcționarea în aceste condiții a dispozitivelor cu relee cu piese în mișcare și contacte deschise duce la defecțiuni esențiale ale echipamentelor tehnologice [63,64].

Setul existent de echipamente electrice pentru liniile tehnologice de prelucrare a laptelui, format din dispozitive de dimensiuni standard, prevede instalarea dispozitivelor de control în zona de funcționare a echipamentelor tehnologice, de la care se efectuează controlul local și punerea în funcțiune, în caz de necesitate, în regim manual sau automat. O analiză a circuitelor electrice de bază a acestor dispozitive a arătat, că nivelul lor tehnic nu corespunde cerințelor actuale și ar trebui să fie ridicat semnificativ, ceea ce, la rândul său, va mari fiabilitatea echipamentelor electrice și, în consecință, calitatea produselor și caracteristicile operaționale ale procesului de prelucrare.

Cercetările în domeniul acționărilor electrice automate a liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui sunt dedicate îmbunătățirii caracteristicilor legăturilor tehnologice și ale elementelor individuale, creșterii nivelului de automatizare și altor parametri [65,66]. Metodele și tehnicile dezvoltate pentru justificarea și calcularea coeficienților de unificare, formarea și selectarea opțiunilor optime au făcut posibilă dezvoltarea și justificarea unui set de SE unificate pentru liniile tehnologice de prelucrare a laptelui [51, 75]. Cu toate acestea, analiza SE a relevat o serie de dezavantaje care reduc efectul economic general, limitând utilizarea acestora. De regulă, principiul justificării unificate în bloc și construcția SE nu este îndeplinit. S-a stabilit [65,66] că lipsa mijloacelor de monitorizare și control centralizat de la distanță a parametrilor procesului tehnologic duce la creșterea semnificativă a timpului utilizat de operator pentru controlul liniei. El este obligat să primească toate informațiile necesare despre desfășurarea procesului, fiind în imediata apropiere a utilajului tehnologic al liniei. Aceasta necesită o prezență îndelungată a operatorului cu mișcări frecvente în timpul monitorizării liniei. Până la 70% din timpul de lucru al operatorului este utilizat pentru tranziții și monitorizarea funcționării procesului tehnologic [67].

Utilizarea celor mai noi tehnologii și mijloace tehnice modifică semnificativ structura liniilor tehnologice, modurile lor de funcționare și metodele de monitorizare al acestora, ceea ce duce la o complicație semnificativă a algoritmilor de control al procesului de prelucrare a laptelui și în consecință a sistemelor de automatizare. Unitățile individuale, cum ar fi un sistem de control al pompei pentru direcționarea laptelui, agentului frigorific și unitățile de control pentru dispozitivele de amestecare a laptelui în procesul de depozitare necesită o frecvență mare de comutare. În acest sens, este necesar să se treacă la o nouă bază de elemente cu indicatori de fiabilitate ridicată.

Utilizarea bazei elementelor fără contact și a microprocesoarelor în dezvoltarea sistemelor de control discrete și analogice permite prelucrarea laptelui în fluxuri închise, ceea ce mărește, semnificativ, nivelul de automatizare și eficiență a liniei. O creștere a nivelului de unificare face posibilă îmbunătățirea condițiilor de funcționare, reducerea timpului pentru restaurarea sistemelor. Prin urmare, pentru a îmbunătăți fiabilitatea, blocurile utilizate în sisteme automate trebuie să aibă niveluri ridicate de unificare și integrare. S-a constatat, că pentru a ridica nivelurile de automatizare, unificare, integrare, fiabilitate, îmbunătățirea caracteristicilor operaționale, reducerea timpului pentru lichidarea defecțiunilor și recuperarea sistemelor, SE ar trebui să fie elaborat pe un principiu bloc-modular folosind elemente de mare fiabilitate - microcircuite integrale și contacte controlate magnetic. [68,69].

Se știe că nivelul adecvat de automatizare depinde de volumul și natura producției. Fermele mai mici necesită o automatizare mai simplă și mai ieftină. La fermele mari, funcțiile controalelor se extind și devin mai complexe, iar volumul informațiilor tehnologice și de gestionare crește esențial. În aceste condiții, este necesară unificarea schemelor structurale și funcționale de automatizare. Clasificarea diagramelor funcționale și structurale va permite, de asemenea, să se prevadă necesitatea și gama de dispozitive de control complete necesare pentru zootehnie.

Evident, sistemele complicate de gestionare care îndeplinesc multe funcții nu vor fi rentabile dacă se încearcă să fie utilizate în ferme mici. Costul automatizării ar trebui compensat de performanțe îmbunătățite. Cantități mici de informații necesită controale simple. Împărțirea funcțiilor de control între dispozitivul de control tehnic și operatorul uman are un impact asupra calității și economiei procesului tehnologic. De obicei, această întrebare este rezolvată intuitiv. Luând în considerare influența acestei diviziuni, în cursul alegerii unei variante a unei soluții tehnice, ar trebui să fie clar definit în ce situații acționează o persoană și în ce sistemul automat. Aceasta rezolvă problema nivelului de automatizare. De asemenea, necesită atenție și compararea mai multor opțiuni.

Prin urmare, este necesar să se determine nivelurile adecvate de automatizare a fermelor mici, mijlocii și mari, luând în considerare așa factori precum dimensiunea fermei, costul forței de muncă, numărul de ore de muncă pe zi etc.

1.4. Caracteristicile liniilor tehnologice automatizate pentru prelucrarea laptelui ca obiecte de dirijare.

Metodele de cercetare utilizate în prezent și calculul tehnic al sistemelor și instalațiilor tehnologice automatizate în zootehnie [70,71] corespund unor obiective limitate. Între timp, nivelul modern al științei și tehnologiei face posibilă formularea și rezolvarea unor probleme mai complexe și dificile. Principalul obiectiv al automatizării ar trebui să fie obținerea unui efect tehnic și economic semnificativ prin îmbunătățirea caracteristicilor tehnologice, energetice și operaționale, precum și a indicatorilor de calitate a produselor lactate, conformitatea acestora cu cerințele de mediu și creșterea productivității animalelor.

Liniile automatizate de prelucrare a laptelui cu consum redus de energie electrică care îndeplinesc cerințele moderne au devenit obiecte multifactoriale complexe. Prin urmare, metodele tradiționale de cercetare, aplicabile sistemelor relativ simple, în acest caz sunt ineficiente [72,73]. Conform metodelor tradiționale de cercetare, sistemele tehnologice au fost considerate părți autonome ale sistemului general pentru asigurarea producției și prelucrării primare a produselor lactate. Conexiunile complexe existente ale mașinilor și echipamentelor au fost considerate cunoscute și neschimbate. Această abordare face posibilă simplificarea semnificativă a proceselor și fenomenelor complexe și, astfel, utilizarea schemelor standard obișnuite și a metodelor matematice pentru determinarea caracteristicilor mecanice și energetice ale mașinilor și echipamentelor pentru rezolvarea problemelor de cercetare. Utilizarea diagramelor structurale simplificate a fost dictată de capacitățile procedurilor de calcul efectuate „manual”. Totodată, multe caracteristici și detalii ale procesului tehnologic și ale fenomenelor complexe, care au loc în același timp au rămas neobservate. În evoluțiile științifice, noile metode de cercetare care utilizează tehnologii computerizate, realizările moderne în matematică și electronică sunt slab utilizate. De regulă, cercetarea se limitează la luarea în considerare a modelelor simplificate cu doi factori, ceea ce nu face posibilă utilizarea sistemelor automate moderne cu conexiuni complexe.

În sistemele biotehnice, animalele fac parte integrantă din lanțul de producție a produselor lactate. Eficiența producției de produse lactate de înaltă calitate depinde de interacțiunea acestora cu mașini și echipamente. Studiul procesului tehnologic de prelucrare a laptelui, a legăturilor tehnologice și a unui obiect biologic separat și apoi adăugarea rezultatelor obținute nu oferă o imagine completă fiabilă a ceea ce se întâmplă și uneori o distorsionează. Problema constă în aceea că studiul părților sistemului cu sumarea ulterioară a rezultatelor (principiul suprapunerii) este acceptabil în prezența conexiunilor liniare între aceste

părți. Între timp, aceste conexiuni în cele mai multe cazuri se dovedesc a fi neliniare. Prin urmare, această abordare oferă erori ce nu pot fi estimate fără verificare experimentală sau fără calcul pe un model matematic.

Pentru a studia funcționarea sistemelor de control automatizate pentru procesul de prelucrare a laptelui, sunt necesari indicatori cantitativi suficienți de exacti, deoarece esența automatizării este, în primul rând, eficiența economică. În același timp, problema cu privire la modul în care indicatorii tehnici afectează procesul tehnologic de prelucrare a laptelui și calitatea produselor prelucrate rămâne deschisă. Astfel de metode de cercetare pot duce la decizii tehnice incorecte. De aceea, este necesară cercetarea teoretică, a cărei esență este adaptarea prevederilor teoretice generale ale matematicii de calcul, ingineria sistemelor, teoria operațiilor, algebra logicii și alte ramuri ale științei pentru a rezolva problemele științifice din domeniul automatizării proceselor tehnologice ale prelucrării laptelui. Aceasta necesită o revizuire critică a metodelor de cercetare aplicate și a calculelor de inginerie, corectarea acestora, luând în considerare noile oportunități și caracteristici ale obiectelor de cercetare implementate în zootehnie.

Utilizarea computerelor personale a extins posibilitățile de cercetare și a dat un impuls îmbunătățirii existente și dezvoltării de noi metode de cercetare. Utilizarea tehnologiei informaționale împreună cu metodele de cercetare pentru condițiile de efectuare a calculelor „manual” are un efect modest, reducând doar timpul pentru efectuarea calculelor. Avantajele sale vor fi realizate, mai pe deplin, numai atunci când sunt dezvoltate noi metode de cercetare teoretică.

Rezultatele lucrării vor permite cercetătorilor să stăpânească metodele de modelare matematică a sistemelor complexe și metodele de cercetare și optimizare a proceselor multifactoriale, necesare pentru studiu și modelarea proceselor tehnologice moderne de economisire a energiei la prelucrarea laptelui.

1.5 Studiu influenței regimurilor de funcționare a utilajului electric asupra indicatorilor de calitate a laptelui prelucrat.

La prelucrarea laptelui în liniile tehnologice, unul dintre principalii factori care îi afectează calitatea este durata procesului de prelucrare a laptelui T și zona contactului acestuia cu suprafața echipamentului de lapte, S_{ec} și aerul înconjurător S_a . Acești factori se răsfrâng asupra contaminării bactericide B , indicatorilor organoleptici a laptelui, pierderilor grăsimii laptelui ΔG în timpul prelucrării [75,76].

S-a stabilit, că laptele de cea mai înaltă calitate poate fi obținut numai prin prelucrarea acestuia într-un flux închis într-o perioadă scurtă de timp cu asigurarea contactului minim a laptelui cu suprafața echipamentului S_{ec} și cu aerul ambiant S_a . Cu toate acestea, în practică, aceste cerințe nu sunt întotdeauna îndeplinite.

În prezent, liniile tehnologice pentru prelucrarea laptelui sunt echipate cu un număr mare de

rezervoare intermediare de colectare și reglare (RCR). Dispozitivele existente pentru evidența și controlul fluxurilor de lapte, prezentate în Fig. 1.6, nu îndeplinesc cerințele necesare la prelucrarea primară a laptelui. Cântarele de lapte SMI-500 cu o capacitate de BM-1000, utilizate în unele ferme „rup” fluxul procesului. Capacitatea totală a liniei V_{RCR} a RCR este cu 30% mai mare decât volumele necesare pentru plasarea și stocarea producției zilnice de lapte M_z în ferme [77]. Aceasta mărește suprafața de contact a laptelui cu suprafața echipamentelor lactate S_{ec} și a aerului S_a , ceea ce afectează valorile calitative a grăsimii laptelui, deoarece o cantitate semnificativă de grăsime din lapte se așază pe pereții echipamentelor lactate a RCR. [78,79] În plus, suprafața de contact a laptelui cu pereții echipamentului pentru lapte și aerul înconjurător este o sursă de contaminare bacteriană, iar spălarea RCR necesită un consum suplimentar de soluții de spălare, energie, apă și timp. Totodată creșterea capacității V_{RCR} a RCR duce la o mărirea a timpului de prelucrare a laptelui, a consumului de metal al echipamentului și la o creștere a suprafețelor de producție.

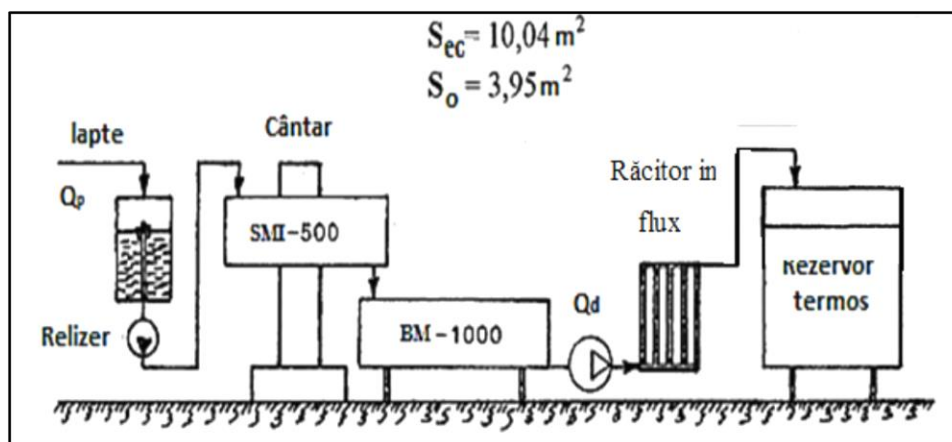


Fig. 1.6. Linie tipică de prelucrare a laptelui [25,96].

Sarcinile cele mai importante în dezvoltarea utilajului pentru linii tehnologice sunt elaborarea și implementarea verigilor automate, care permit utilizarea instalației de muls și a liniei tehnologice într-un singur sistem de transport al fluxului și folosesc procesul de prelucrare a laptelui într-un flux închis, izolat de aerul înconjurător.

O reducere, semnificativă, a capacității V_{RCR} a RCR poate fi realizată prin utilizarea de verigi automate[81], echipate cu utilaj cu acționare electrică discretă (UAED) sau analogică (UAEA), controlată de la distanță de la blocul de control BC [82] (Fig.1.7). Utilizarea capacității reglabile pentru evidența și pomparea laptelui în liniile tehnologice permite reglarea automată a debitului laptelui Q_d în conformitate cu debitul de aprovizionare Q_p .

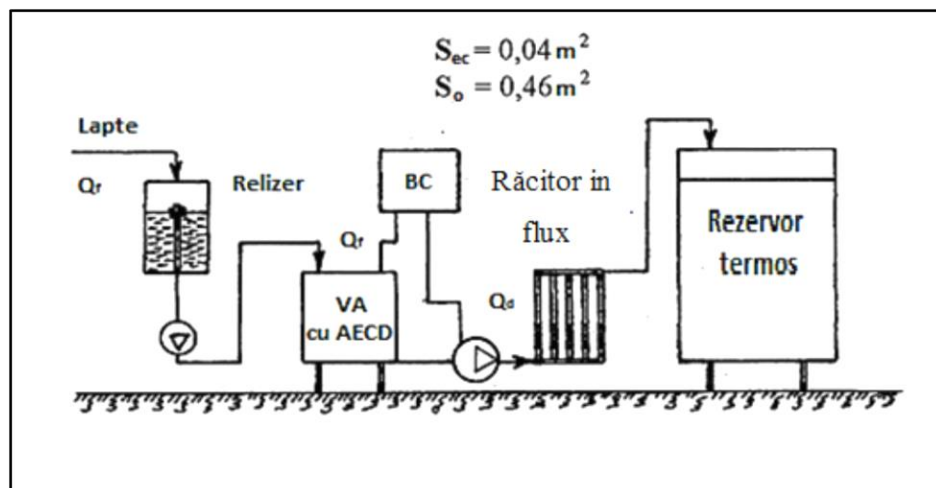


Fig. 1.7. Linie tehnologică echipată cu verigi automate cu acționare electrică controlată discret [25,96].

Principalul avantaj al IMRF este faptul că, utilizarea lor în liniile tehnologice, permite utilizarea instalației de muls și liniei tehnologice într-un singur sistem de transport al fluxului și efectuarea procesului de prelucrare a laptelui într-un flux închis complet izolat de aerul ambiant (Fig. 1.8).

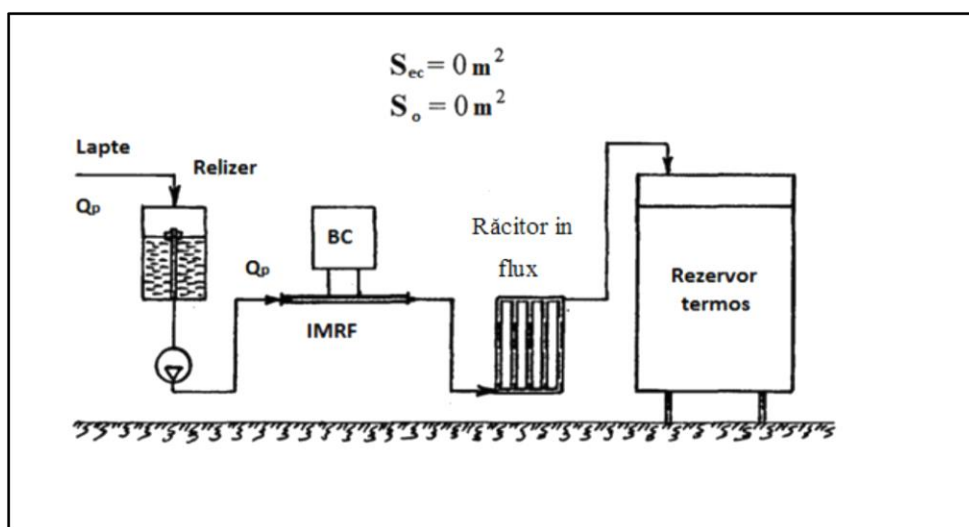


Fig. 1.8. Linie tehnologică echipată cu instalație pentru monitorizarea și reglarea fluxurilor de lapte [25,96].

Principiul de funcționare al IMRF se bazează pe fenomenul inducției electromagnetice, adică laptele se deplasează într-un câmp magnetic transversal cu o diferență de potențial proporțională cu debitul mediu al laptelui.

Avantajele schemei tehnologice pentru evidența și transportul laptelui cu IMRF includ:

- precizie înaltă ;
- absența pieselor mobile în răcitorul în flux a laptelui, care oferă dispozitivului o spălare eficientă și fiabilitate ridicată;

- indicatori separați ale dispozitivului față de parametrii laptelui;
- valori reduse de greutate și consum de energie;
- simplitatea utilizării dispozitivelor în orice linie tehnologică de prelucrare a laptelui;
- izolarea completă a fluxului de lapte față de mediul înconjurător și a materialelor componente care afectează laptele;

Aceasta asigură o puritate ecologică și sanitar-bacteriologică ridicată a calității laptelui, simplitatea gestionării și control fluxurilor de lapte de către operator.

În [5,85,86,87] a fost studiat conținutul de grăsime ΔG și contaminarea bacteriană B pe zona de contact a laptelui cu suprafața RCR și a aerului înconjurător S_a .

La prima etapă a fost investigată dependența pierderii de grăsime din lapte ΔG de zona de contact a laptelui cu suprafața echipamentului pentru lactate.

Pentru o prezentare analitică a acestei dependențe, s-au efectuat studii [88,89] în linii echipate, respectiv: cu o acționare electrică nereglabilă (linie tipică în Figura 1.6), linie cu AECD în loc de SMI-500 și BM-1000, Fig.1.7) și IMRF (linie echipată cu instalație de control și reglare a fluxurilor de lapte, Fig 1.8).

Aria de contact a laptelui cu RCR este de $10,04 \text{ m}^2$, $0,4 \text{ m}^2$ și respectiv 0, deoarece RCR în această schemă nu există. Experimentele au fost efectuate folosind cantitatea de grăsime din lapte colectată de pe suprafața RCR după prelucrarea laptelui [90].

Conform, [91,92] în linii tehnologice, cu o micșorare a suprafeței de contact a RCR cu laptele prelucrat, de la $10,04$ la $0,4 \text{ m}^2$, pierderile de grăsime din lapte se reduc cu cel puțin 60g per 1 tonă de lapte, ceea ce corespunde și cu datelor din [93].

În [93,94] au fost efectuate studii asupra influenței zonei de contact a laptelui prelucrat cu suprafețele utilajului tehnologic S_{ec} și cu aer înconjurător S_a asupra modificării conținutului contaminării bacteriene al laptelui.

În [95,96] pentru înțelegerea analitică a dependenței obținute, distribuția contaminării bacteriene a laptelui B a fost investigată experimental la prelucrarea acestuia pe linii cu diferite suprafețe ale utilajului de producere în zonele de contact a laptelui și cu aerul înconjurător conform metodei [106].

În Fig.1.9 1.12 sunt prezentate curbele normale (teoretice) construite în funcție de frecvențe empirice [97,98] și distribuției conținutului de grăsime G și a contaminării bacteriene a laptelui B .

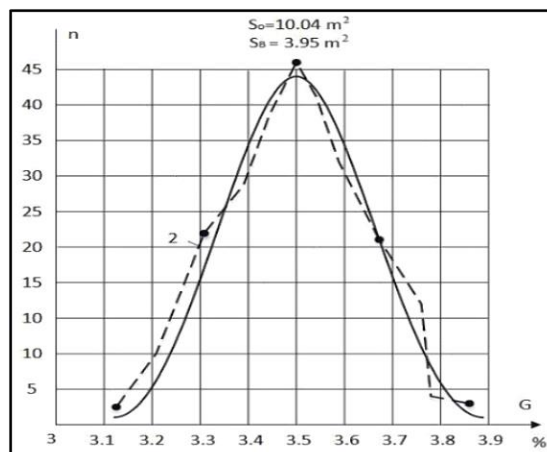


Fig.1.9 . Distribuția conținutului de grăsime a laptelui prelucrat pe o linie tipică, echipată cu cântare SMI-500 și rezervor de colectare a laptelui BM-1000 [25,96].

n - frecvențe empirice ale distribuției normale a conținutului de grăsime din lapte $G = 3.501$,

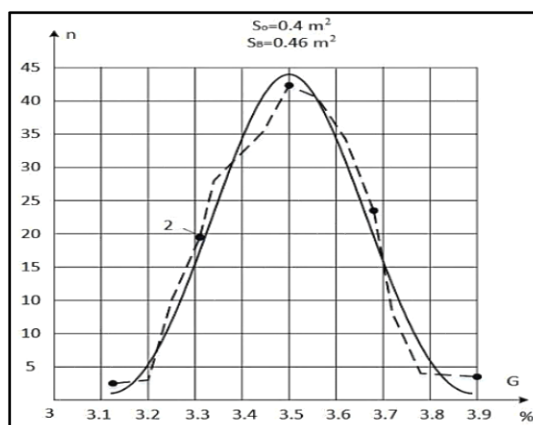


Fig.1.10. Distribuția conținutului de grăsime a laptelui prelucrat pe o linie echipată cu verigi automate de evidență și pompare a laptelui cu o acționare electrică controlată discret [96]. n -frecvențe empirice ale distribuției normale a conținutului de grăsime din lapte $G = 3.507$,

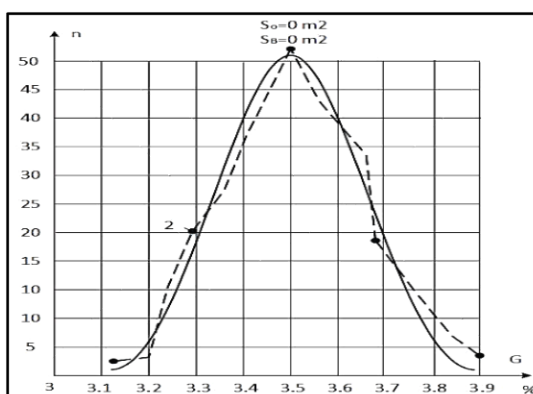


Fig. 1.11. Distribuția conținutului de grăsime a laptelui prelucrat pe o linie echipată cu instalație de control și reglare a fluxului de lapte (IMRF) [25,96] n - frecvențe empirice ale distribuției normale a conținutului de grăsime din lapte $G = 3.508$,

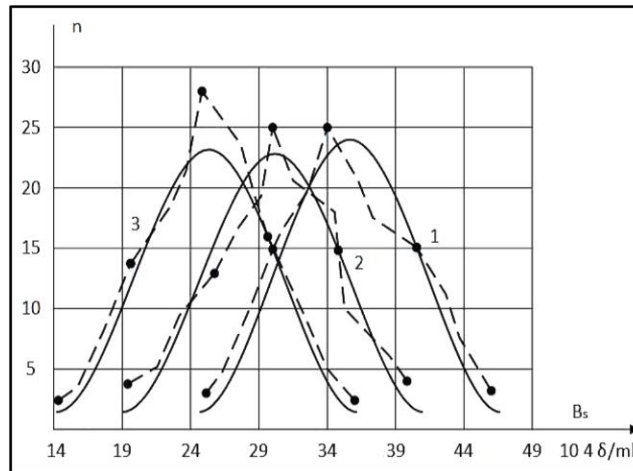


Fig.1.12 Distribuția contaminării bacteriene a laptelui pentru o linie tipică (1), o linie cu o unitate electrică controlată discret AECD (2) și o linie echipată cu instalație de control și reglare a fluxurilor de lapte IMRF [25,96].

n - frecvențe empirice a distribuției normale a conținutului de grăsime din lapte B

Astfel, utilizarea AECD pentru evidența și pomparea laptelui face posibilă reducerea de 6 ori a capacității totale a RCR, de 1,3 și 12,1 ori permite de a reduce suprafața de contact a laptelui cu utilajul tehnologic ale liniei și aerul înconjurător [101]. Utilizarea IMRF permite de a reduce contaminarea bacteriana a laptelui de la 347 până la 299 mii b/ml [102], reducerea suprafețelor de producție necesare și a consumului de metal al utilajului tehnologic până la 30%. Utilizarea dispozitivelor pentru control și reglare a fluxurilor de lapte în locul celor nereglabile face posibilă excluderea RCR din procesul tehnologic de prelucrare a laptelui si asigura prelucrarea acestuia într-un flux închis cu reducerea a 50 la sută a timpului de lucru a operatorului.[103].

2. METODOLOGIA DE CALCUL ȘI METODE DE FORMARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE AUTOMATIZATE CU CONSUM REDUS DE ENERGIE ELECTRICĂ LA PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU FUNDAMENTAREA PARAMETRILOR

2.1 Metoda de formare a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică la prelucrarea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial.

Elaborarea și proiectarea proceselor și liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui necesită utilizarea unor metode moderne de analiză și sinteză a sistemelor complexe care interconectează între ele. În ciuda faptului că problema obținerii de produse lactate de înaltă calitate în ferme este foarte actuală, cercetările științifice în acest domeniu nu au fost încă generalizate sub forma unei baze științifice sistematizate. Măsurile tehnice și organizatorice, menite să rezolve probleme specifice în domeniu, nu asigură eficiența necesară. Problema în ansamblu rămâne încă nerezolvată. Nu au fost definite alte modalități și metode de formare a unor noi soluții tehnice, care vor asigura elaborarea de sisteme automatizate cu consum redus de energie electrică, ce garantează obținerea produselor lactate de calitate necesară, îmbunătățind în același timp caracteristicile energetice, de mediu și operaționale ale procesului de prelucrare a laptelui la ferme .

În metodele științifice utilizate în prezent de analiză a funcționării liniile tehnologice de regulă, sunt examinate în mod autonom, în afara oricărei conexiuni cu sistemele care interacționează cu acestea. În studiul relațiilor mecanice și energetice, influența mediului poate fi neglijată. Cu toate acestea, la studierea sistemului, luând în considerare efectul echipamentului tehnologic și al mediului asupra indicatorilor de calitate al laptelui prelucrat, asupra caracteristicilor procesului tehnologic, este necesară o abordare sistematică, metode noi de cercetare științifică, care să permită aprecierea relațiilor complexe între procesele tehnologice de prelucrare, mijloacele tehnice și mediul înconjurător. Astfel de sarcini sunt puse pentru prima dată de specialiștii în domeniul mecanizării, electrificării și automatizării producției agricole [6,12,13, 33,106].

Aplicând abordarea tradițională a proceselor tehnologice de prelucrare, în evaluarea finală a soluțiilor tehnice este pus accentul doar pe indicatorii economici. Metodele de calcul existente [27,.28, 29,33,106] permit aducerea indicatorilor calitativi și cantitativi ai procesului tehnologic de prelucrare (consum de energie, costurile forței de muncă, fiabilitate etc.), de regulă , la un criteriu generalizator – costuri ajustate (Caj).

Atunci când se elaborează procesele tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui, structura sistemelor tehnologice și a sistemelor de control se

schimbă semnificativ. Prin urmare, sunt necesare noi abordări metodologice care ar permite intensificarea procesului de prelucrare și ar lua în considerație toată varietatea de relații complexe dintre legăturile din linia tehnologică, inclusiv influența parametrilor echipamentelor electrice asupra indicatorilor de calitate al laptelui prelucrat, precum și cerințele energetice, de mediu și operaționale. Trebuie remarcat faptul, că metodele clasice de analiză, fundamentare și proiectare a proceselor tehnologice de prelucrare a laptelui în conformitate cu datele inițiale cunoscute, a caracteristicilor mașinilor și echipamentelor se bazează pe diferite instrucțiuni științifice, sunt foarte greoaie, au o eroare mare, utilizează modele fără legătură între ele și nu iau în considerație principala proprietate de integritate sistemică în aspectele funcționale și structurale și se dovedesc a fi ineficiente [33,106]. Sunt necesare metode noi de cercetare a liniilor tehnologice și a proceselor tehnologice de prelucrare a laptelui ca obiecte de dirijare, de noi metode de analiză a acestora, care ar trebui să completeze metodele tradiționale. Aceasta nu înseamnă că se va refuza la metodele și tehnicile bine cunoscute de calcul și alegere a utilajelor pentru liniile tehnologice. Noutatea va consta în extinderea cerințelor pentru procesul tehnologic de prelucrare a laptelui în general și ca rezultat, în extinderea funcțiilor agregatelor, mașinilor și sistemul utilajului electric (SUE).

Lipsa generalizărilor și sistematizării științifice a problemei elaborării de tehnologii automatizate cu consum redus de energie electrică și sinteza SUE, care asigură producerea de produse lactate de înaltă calitate, împiedică dezvoltarea unor propuneri și recomandări specifice, fundamentate, pentru elaborarea unor astfel de tehnologii și, respectiv, utilaje. Conexiunile complexe care există între sistemul de dirijare și echipamentul tehnologic dirijat, parametrii și perturbările acestora, pot fi dezvăluite și implementate numai cu utilizarea metodelor moderne de cercetare, inclusiv a metodelor de modelare matematică, care reprezintă dependențe funcționale sau logice dintre parametrii variabili ai obiectului și SUE și care reflectă diversitatea funcționării sale asupra procesului tehnologic de prelucrare a laptelui [25,26]. Modelarea matematică a procesului de prelucrare a laptelui sub influența diferitor factori, ținând cont de condițiile de funcționare, este una dintre cele mai semnificative și importante etape în elaborarea unei linii și a SUE, care permite menținerea în limitele necesare a parametrilor procesului tehnologic. Pentru gestionarea corectă a procesului de prelucrare a laptelui, este necesar să deținem informații complete despre starea parametrilor reglementați și monitorizați ai verigilor liniilor tehnologice. Prin urmare, sunt necesare modele matematice care i-au în evidență caracteristicile tehnologice, energetice, de mediu și operaționale ale proceselor tehnologice standarde. Modelarea matematică (identificarea) este prima etapă în elaborarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică și a SUE, lipsa careia afectează în mod decisiv eficiența soluțiilor tehnice.

În majoritatea cazurilor, operatorul nu primește informația cu privire la variabilele procesului tehnologic, care determină calitatea produsului. În procesul de management, el primește doar informații indirecte despre unele dintre ele, iar pe unele nu are nici o informație. O astfel de dirijare devine inefficientă dacă nu este automatizat procesul tehnologic. Automatizarea permite să menținem în limitele necesare parametrii specificați ai procesului tehnologic. Deja aceasta ajută la îmbunătățirea calității produselor lactate, precum și a caracteristicilor energetice, de mediu și operaționale [96]. Pentru ca automatizarea să fie eficientă, în primul rând, este necesar să se obțină informații despre starea variabilelor controlate la punctele de verigă a procesului tehnologic. În calitate de puncte de verigă se subînțeleg punctele în care starea parametrului controlat caracterizează cel mai deplin procesul tehnologic. Abilitatea tehnică de a controla punctele de verigă rezolvă în esență posibilitatea automatizării controlului prin acest parametru. Datorită varietății largi de operațiuni și procese tehnologice, particularităților tehnologiilor, mașinilor și agregatelor, productivitatea animalelor, geografia amplasării fermelor ca obiecte ale automatizării, este necesar să se sistematizeze caracteristicile acestora și să se tipizeze algoritmi de dirijare ca verigi a sistemului tehnologic și energetic. Ca analog, (ca exemplu) putem lua verigile tipice bine-cunoscute utilizate în teoria managementului automat [33,106].

În funcție de numărul de factori luați în considerație, de variabilele adoptate și de caracteristicile structurale ale verigilor, modelele lor pot avea o complexitate largă. Prin urmare, pentru a facilita utilizarea verigilor standard, este necesară clasificarea și unificarea acestora, care ar trebui să se bazeze pe caracteristici tehnologice și structurale [33,106].

Pentru a optimiza parametrii și regimurile de funcționare a sistemului și pentru a obține o soluție tehnică optimă, s-a utilizat o funcție cheie, care prevede, ca variabile, parametrii care caracterizează funcționarea obiectului cercetat. Criteriile particulare incluse în funcția cheie reflectă o calitate a funcționării echipamentelor tehnologice și SUE al obiectului . Funcția cheie reduce criteriile particulare la una generalizantă, care devine o măsură pentru determinarea eficacității soluției. Criteriile reflectă calitatea funcționării sistemului. Acesta este determinat de viteza, productivitatea, calitatea procesului tehnologic de prelucrare a produselor lactate, de condițiile de fiabilitate și siguranță de mediu și sanitare. Ele sunt adesea contradictorii. De multe ori, utilizând o metodă formalizată, este foarte dificil să le reducem la un singur criteriu generalizator. Există mai multe metode de verificare a criteriilor: aditiv, multiplicativ, coeficienți de greutate etc. [3,33,106]. Când problema este multidimensională, apar un număr mare de soluții posibile. Constrângerile tehnologice și de altă natură reduc numărul de variante posibile. Cu toate acestea, numărul acestora rămâne suficient de mare, ceea ce face imposibilă utilizarea metodelor tradiționale „manuale” de calcul.

Dezvoltarea metodicilor și tehnicilor , adaptate sarcinilor specifice de automatizare a procesului

tehnologic de prelucrare a laptelui la ferme, va permite, împreună cu tehnica de calcul, să depășească dificultățile care apar. Noile metode și prevederi teoretice de cercetare ar trebui să se finiseze cu dezvoltarea metodelor de calcul ingineresc.

Crearea unui proces tehnologic automatizat trebuie să fie însoțit de calcul economic pentru fiecare etapă de dezvoltare, începând de la specificația tehnică. În conformitate cu metodele actuale, atunci când se ia o decizie, principalul indicator al eficienței economice a unui produs tehnic sunt costurile ajustate. Cu toate acestea, în condițiile relațiilor de piață, un astfel de criteriu este adesea insuficient. Pentru a rezolva problema, este necesar să se analizeze proprietățile sistemului dezvoltat, în special energetica și calitatea produselor obținute. Cerințele de mediu sunt adiționale cerințelor generale pentru procesele tehnologice. Prin urmare, metodele cunoscute de proiectare, calcul și alegere a echipamentelor rămân valabile pentru clasa proceselor tehnologice luate în considerație, cu unele completări datorate acțiunii factorilor de mediu. Îmbunătățirea valorilor parametrilor tehnologiei și a mijloacelor tehnice de prelucrare primară a laptelui este de dorit să se efectueze în următoarele direcții:

- asigurarea prelucrării primare și transportului laptelui în fluxuri „închise” în condiții de un număr minim de rezervoare de acumulare cu reglare, cu un contact minim cu aerul și suprafața interioară a echipamentului de prelucrare.
- . - elaborarea unor surse ecologice fiabile cu consum redus de energie electrică a sistemelor cu frig natural și artificial de răcire a laptelui și a sistemelor de răcire relativ „ieftine” datorită utilizării acestor surse.
- mărirea nivelului de automatizare și crearea de legături reglabile pentru prelucrarea, transportul și depozitarea produselor lactate.

Îmbunătățirea valorilor parametrilor tehnologiilor și a mijloacelor tehnice va face posibilă trecerea la linii automatizate cu consum redus de energie și capacitate redusă pentru prelucrarea laptelui, în cel mai scurt timp posibil, ținând cont de modul de aprovizionare cu lapte în ciclurile zilnice și sezoniere. Cercetarea și elaborarea liniilor automatizate cu consum redus de energie pentru prelucrarea laptelui începe cu modelarea lor matematică și elaborarea de modele ale sistemului studiat în statică, dinamică și determină cantitativ influența factorilor asupra procesului de prelucrare a laptelui. Factorii tehnologici sunt caracterizați de un grad ridicat de incertitudine al datelor inițiale. Soluția tehnică, luată pentru datele inițiale deterministe, poate fi pe departe de a fi optimă sau chiar eronată. Trebuie să găsim o modalitate de alegere a celei mai eficiente soluții pentru condițiile date. Metodele teoriei operațiilor fac posibile rezolvarea acestei probleme [25,35,96].

Schema generală a influenței factorilor independenți asupra procesului tehnologic este prezentată în Fig. 2.1.

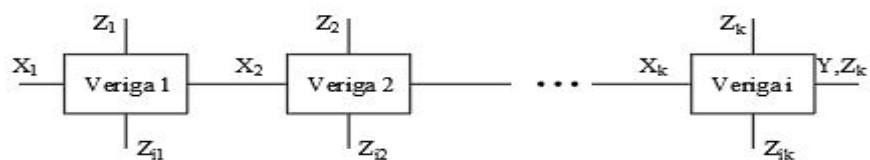


Fig. 2.1. Schema generală de acțiune a factorilor asupra procesului tehnologic de prelucrare a laptelui.

Sarcina constă în a găsi funcția cheie și criteriul de bază la alegerea mijloacelor tehnice pentru liniile tehnologice, în același timp costurile energetice și costurile specifice pentru prelucrarea primară a laptelui, având în vedere nivelul minim posibil sau permis a parametrilor Z_{i1} , Z_{i3} , Z_{ik} și Z_k .

Formalizarea tehnologiilor fundamentale noi include alegerea tehnologiilor, a mijloacelor tehnice și a parametrilor acestora, care asigură îndeplinirea cerințelor stabilite. În termeni matematici, aceasta înseamnă alegerea operatorului A_i din mulțimea A_n ($n = 1, 2, 3, \dots, n$), astfel încât funcția [36]

$$Y = A_i [f_1(x_1 z_1) + f_2(x_2 z_2) + \dots + f_k(x_k z_k)] \quad (2.1)$$

să îndeplinească condițiile stabilite.

Luarea deciziei este alegerea unei variante din varietatea de opțiuni luate în considerație. Se presupune că fiecărei opțiuni A_i îi corespunde fără echivoc un oarecare rezultat Y_i , exprimat cantitativ. Y_i reprezintă o evaluare cantitativă a unuia dintre indicatorii de calitate ai laptelui (temperatura, durata de răcire, contaminarea bacteriană, aciditatea etc.).

Pentru condiții diferite, este necesar să se introducă (să se determine) funcția de evaluare și să se determine regula pentru alegerea A_i optim din mulțimea de valori posibile.

Pentru a fundamenta parametrii mijloacelor tehnice și tehnologiilor cu consum redus de energie electrică și regimurilor de funcționare a acestora, inclusiv acumularea automatizată a frigului natural și artificial, a fost dezvoltată o metodă, care permite, în procesul de sinteză a sistemelor, să simplifice semnificativ calculele și evaluarea cantitativă a verigilor individuale și a liniei în ansamblu și, prin urmare să reducă esențial intensitatea muncii în căutarea soluțiilor optime.

Pentru o evaluare cantitativă a tehnologiilor cu consum redus de energie electrică, incluzând acumularea automatizată a frigului natural și artificial, este propus un sistem de indicatori care pot caracteriza verigi individuale sau o linie tehnologică în ansamblu. Metoda se bazează pe utilizarea unui sistem de indicatori unitari ale sistemului studiat.

Indicatorii unitari Cu includ indicatori care variază în timpul funcționării sistemului conform unei legi aleatorii (de exemplu, intensitatea fluxurilor de lapte Q_f și a agentului frigorific Q_{af} , temperaturile laptelui t_{L1}° , agentului frigorific t_{af1}° și aerului ambiant t_0° ; capacitatea de acumulare W_a etc.). În calitate de indicatori complecși C_c sunt luați indicatorii care caracterizează proprietățile

energetice C_w și economice C_e ale sistemului. Indicatorul complex generalizat (ICG) C_{cg} caracterizează cantitativ nivelul tehnic absolut al sistemului ca un întreg.

Indicatorul unitar C_u caracterizează cantitativ oricare dintre proprietățile verigilor liniei tehnologice (caracteristicile sistemului)

$$C_u = \frac{\Delta_{ni}}{\Delta_{ni \text{ baz}}} , \quad (2.2)$$

unde C_u este indicator f unitar al verigii i al variantei n a liniei tehnologice; Δ_{ni} este caracteristica numerică a indicatorului f al verigii i a variantei n a liniei tehnologice; $\Delta_{ni \text{ baz}}$ - indicatorul de bază al verigii i al variantei n a liniei tehnologice.

Sarcina alegerii și fundamentării parametrilor și regimurilor optime de funcționare a sistemelor automatizate cu consum redus de energie electrică este formulată în așa mod. În aceste condiții, luând în considerare factorii incerti, de găsit o soluție care să transforme valoarea indicatorului de eficiență luat ca criteriu într-un maxim (minim).

Funcțiile principale pentru care se realizează justificarea și selectarea tehnologiilor cu consum redus de energie și a mijloacelor tehnice se bazează pe criterii: C_w energetic și C_e economic.

$$C_w = C_{cg} \rightarrow \min , \text{ unde } C_{cg} \leq C_{per} \quad (2.3)$$

$$C_e = C_{cg} E_v \rightarrow \min \quad (2.4)$$

unde C_{per} este valoarea permisă a indicatorului unitar; E_v este un coeficient care ia în considerare efectul economic real al variantei V.

Conform primului criteriu, funcția cheie este elaborată atunci când este necesar să se verifice strategia de economisire a energiei electrice selectată. Conform celui de-al doilea criteriu, funcția cheie este elaborată atunci când au fost selectate mai multe strategii pentru funcția C_w și este necesar să o alegeți pe cea mai eficientă.

Funcția cheie în analiza cantitativă a matricei este implementată sub forma minimizării (maximizării) unui indicator complex generalizat care reflectă indicatorii economici C_{eg} .

$$C_{eg} = \frac{C_{c1} \cdot E_n + C_{e1}}{C_{c2} \cdot E_n + C_{e2}}, \quad (2.5)$$

unde C_{eg} este un indicator economic complex generalizat; C_{c1} , C_{c2} – investiții capitale, respectiv, pentru opțiunile tradiționale și propuse, lei; C_{e1} , C_{e2} – cheltuieli de exploatare, respectiv, pentru opțiunile tradiționale și propuse, lei; E_n – coeficientul normativ de eficacitate.

În scopul elaborării liniilor automatizate cu consum redus de energie electrică și pentru o combinație acceptabilă a utilizării frigului natural și artificial în diferite localități ale RM, se propune metoda care permite fundamentarea celei mai eficiente variante a unui sistem de răcire cu consum redus de energie electrică, în funcție de varianta de completare a liniei cu utilaj (cu

mijloace tehnice) $N_v = 7$ și temperatura medie a aerului atmosferic în timpul rece a anului $\Delta^\circ\text{C}$ în zona de amplasare a obiectului (Fig. 2.2).

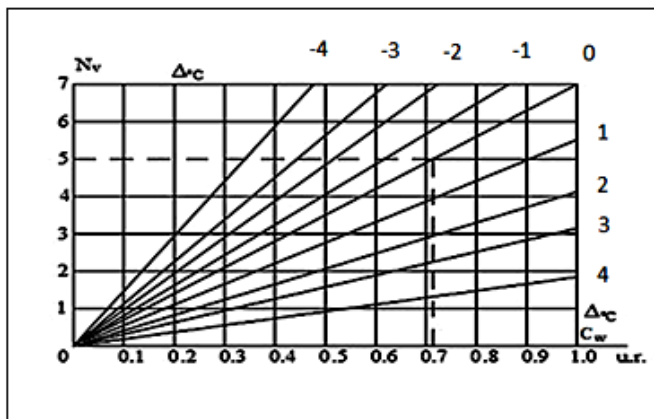


Fig. 2.2 Nomogramă consumului de energiei electrice C_w pentru sistemul de răcire a liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial. [25,107]

Nomograma este reprezentată grafic în coordonatele $C_w - N_v - \Delta^\circ\text{C}$, unde N este o valoare discretă a opțiunii de completare a liniei cu utilaj (mijloace tehnice); $\Delta^\circ\text{C}$ este temperatura medie a aerului în perioada rece a anului din zona obiectului. Gradul de utilizare a potențialului frigului natural și combinația optimă de frig natural și artificial în liniile tehnologice în ciclurile unei zi și anuale sunt determinate folosind modul de economisire a energiei electrice C_w :

$$C_w = Q_{fa} / Q_{fn} , \quad (2.6)$$

unde Q_{fa} , Q_{fn} este capacitatea de răcire a sursei artificiale și respectiv a sursei naturale de frig, kW.

Puterea necesară a IF reîncărcabile N_{fa} a sursei de frig artificial Q_{fa} , în funcție de capacitatea acumulatorilor de frig natural și artificial V_{acf} , este determinată din nomograma dezvoltată, elaborată în coordonatele $Q_{fa} - N_{fa} - V_{acf}$ (Fig. 2.3), unde N_{fa} - puterea instalată a utilajului electric al instalației frigorifice reîncărcabile, kW; V_{acf} este capacitatea acumulatorului de frig natural și artificial, m^3 .

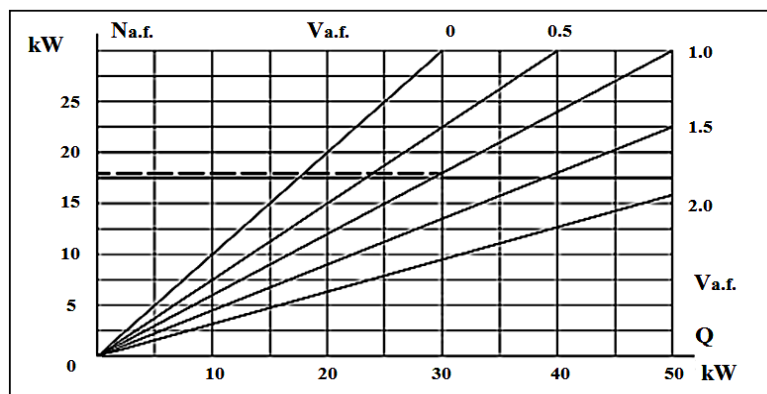


Fig. 2.3 Alegerea puterii instalate N_{fa} a instalației frigorifice reîncărcabile pentru sistemul de răcire a liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial [25,107]

Din Fig. 2.3 reese, că puterea instalației frigorifice reîncărcabile N_{fa} a sursei de frig artificiale $Q_{fa}=30kW$ la variația volurilor volumului V_{acf} acumulatorului de apă de la $0,5m^3$ până la $2,0m^3$ se micșorează de la 22,5 kW la 8,7 kW, adică de la 1,3 până la 3,5 ori. Pentru $Q_{fa}=10kW$ puterea instalației reîncărcabile se micșorează de la 7,5kW până la 3,1kW, adică de la 1,3 până la 3,2 ori.

În procesul de modelare se stabilesc cerințele pentru dinamica și capacitatea verigilor liniilor cu consum redus de energie electrică inclusiv reglementate, în orice moment din procesul de prelucrare a laptelui, luând în considerație natura aleatorie a fluxului de aprovizionare. Productivitatea acestor verigi este, de obicei, variabilă și trebuie ajustată automat la valoarea variabilă a fluxurilor aleatorii ale produsului prelucrat. Utilizarea în liniile tehnologice a sistemelor de răcire cu surse naturale cu potențial redus de frig natural și acumulatori – de stocare a energiei, necesită utilizarea unor sisteme cu flux direct de capacitate redusă în canalul produsului principal, care ar trebui să se combine cu disponibilitatea diferitor acumulatori și acumuloare de energie cu procesul de prelucrare. O astfel de combinație este oportună din punct de vedere economic, întrucât canalul cu capacitate redusă de flux direct de transportare și prelucrare a laptelui oferă o reducere a consumului de materiale al sistemelor, o creștere a vitezei de prelucrare a laptelui, reduce costul spălării și menține indicatorii de calitate ai laptelui. Prezența acumulatorilor în canalele de circulație a căldurii și a agenților de răcire permite acumularea energiei de căldură și frig natural în timpul zilei, acumulând energie noaptea, când rețelele electrice sunt mai puțin utilizate și există un tarif de noapte preferențial. În fig. 2.4 este prezentat procesul de creștere a temperaturii a agentului frigorific din acumulatorul de frig la răcirea laptelui în răcitor în regim de amestecare a agentului frigorific cu cel încălzit în rezervorul de acumulare (a) sau în regim de neamestec a agentului frigorific în cel de al doilea caz (b). În regimul de neamestec, temperatura agentului frigorific răcit practic nu se schimbă până când întreaga cantitate de agent frigorific din acumulator „nu va face un cerc complet”, în timp ce în regimul de amestecare temperatura agentului frigorific începe să crească îndată cu începerea procesului de răcire. Procesul de acumulare și creștere a nivelului rezervelor de frig într-un acumulator de frig sub formă de apă cu gheață și gheață este prezentat în Fig. 2.5.

Modelele dinamice și statice sunt utilizate pentru elaborarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică și în modelarea proceselor de prelucrare. Modelele dinamice descriu relațiile dintre parametrii de ieșire și de intrare în timp de tranziție de la un regim la altul. Modelele statice descriu relațiile dintre parametrii de intrare și ieșire în regimuri stabile, care nu sunt dependente de timp.

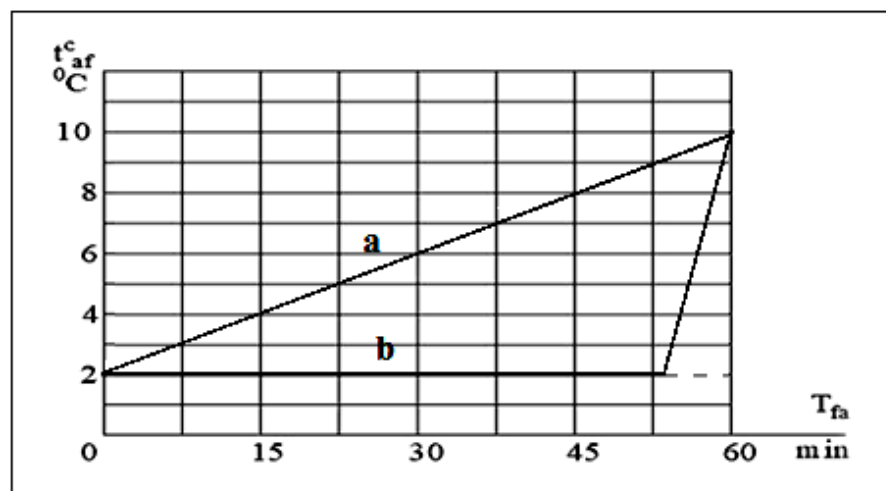


Fig. 2.4 Dependența temperaturii agentului frigorific din acumulatorul de frig (AF) în funcție de regimul de funcționare: [25,107]

a - regimul de amestecare al agentului frigorific răcit;

b - regimul de neamestec al agentului frigorific răcit.

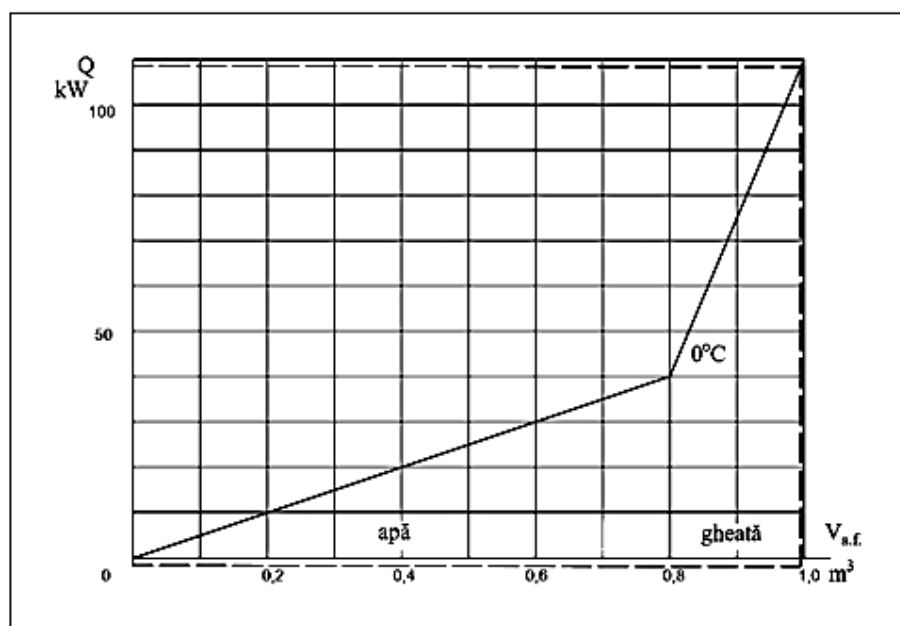


Fig. 2.5 Procesul de acumulare și creștere a rezervelor de frig în acumulatorul de frig sub formă de apă și gheați [25,107]

2.2 Formarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui la ferme

Caracterizate prin modificări calitative în tehnologia de prelucrare, inclusiv răcirea, este însoțită de complicația organizării funcționale și structurale a liniilor și a algoritmului de control a

procesului tehnologic de prelucrare. Varietatea de perturbări și relații complexe în timpul procesului de prelucrare dintre verigi și SUE generează o mulțime de fluxuri de energie și informații în sistem. În acest caz, crește în special numărul operațiunilor logice care trebuie efectuate atunci când este dirijat procesul de prelucrare a laptelui. Întrucât procesul tehnologic pentru prelucrarea laptelui rămâne acela, atunci schema tehnologică, în esența sa, rămâne aceeași. În unele porțiuni și operațiuni, acesta este schimbat sau completat și cu porțiuni noi. În astfel de condiții, cea mai eficientă soluție ar fi completarea principalelor scheme tehnologice cu module specializate concepute pentru a îmbunătăți calitatea funcționării în ceea ce privește caracteristicile tehnologice, energetice, de mediu și operaționale sau pentru a elimina un anumit tip de perturbare.

Astfel de module ar trebui să aibă o structură flexibilă și să se interconecteze ușor cu utilajul de bază, fără modificări semnificative. În Fig. 2.6 din Anexa 5 este prezentată structura unei linii tehnologice cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea primară a laptelui la fermă, elaborată pe baza secțiunilor și operațiunilor tehnologice tipice și completată de module constructive (evidențiate în linii albine) care conțin una sau mai multe operațiuni, de exemplu, pomparea și evidența laptelui, acumularea de frig natural și artificial, pulverizarea agentului frigorific etc. Principiul modular de elaborare a sistemelor tehnologice face posibilă utilizarea avantajelor unificării blocurilor.

În conformitate cu principiul modular al organizării funcționale și structurale a sistemelor tehnologice, echipamentele noi sunt prezentate și implementate sub forma unui modul constructiv - un element al unui sistem tehnic cu completitudine tehnologică și funcțională, universalitate de aplicare și compatibilitate cu alte module. Modulul include nu numai utilaje tehnologice, ci și senzori, supape, dispozitive de automatizare, algoritmi pentru dirijarea funcționării modulului. Principiul modular al organizării funcționale și structurale a sistemelor tehnologice și a mijloacelor tehnice face posibilă utilizarea avantajelor unificării blocurilor și permite formarea unor linii flexibile de procesare a laptelui cu consum redus de energie electrică, cu parametri și caracteristicile necesare pentru orice tip de ferme zootehnice cu o potențială extindere a capacităților lor funcționale la schimbarea sarcinilor. Totodată, calculele și evaluarea cantitativă a verigilor individuale și a liniei în ansamblu sunt mult simplificate și, prin urmare, complexitatea căutării soluțiilor optime este redusă esențial.

Descrierea matematică a organizării funcțional-structurale a sistemului se bazează pe arborele generalizat al funcțiilor [106] (Tab. 2.1) și pe structura liniilor automatizate cu consum redus de energie pentru prelucrarea laptelui (Tab. 2.2), luând în considerare opțiunile pentru completarea mijloacelor tehnice (Tab. 2.3) și a schemelor existente. Ca rezultat, s-au obținut principalele versiuni standard ale liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie

electrică pentru diferite ferme care variază în ceea ce privește efectivele de animale și productivitatea lor, tehnologia adoptată, precum și soluțiile arhitecturale și de planificare (Fig.2.7 ... 2.13, Anexa1). Aceste variante sunt o modificare a bine-cunoscutelor variante standard, la care se adaugă noi module (verigi), inclusiv care folosesc frig natural. Un set unificat de utilaje electrice pentru astfel de linii va permite acoperirea tuturor varietăților posibile și a multor opțiuni tehnologice pentru utilajele care sunt utilizate în RM [56,57].

Conform metodologiei propuse, pentru a verifica principalele prevederi, s-a realizat elaborarea unor procese automatizate de prelucrare a laptelui cu consum redus de energie electrică. Pentru a evalua nivelul tehnic și a selecta variantele optime pentru execuția liniilor tehnologice, a fost determinat un set de indicatori generalizatori complecși și unitari pentru verigile de evidență a laptelui și verigile cu consum redus de energie electrică. Pentru verigile de evidență individuală a laptelui (F_4^1), evidență generală a laptelui (F_3^4) și pentru verigile cu consum redus de energie electrică, care utilizează frig natural și artificial (F_2^5 , F_3^5) au fost evaluate pentru întregul sistem.

Tabelul 2.1 Organizarea funcțional-structurală a proceselor de prelucrare a laptelui (arborele funcțional generalizat) la nordul RM

Nivelul 1:	Se formează funcția cheie a liniei tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică de prelucrare a laptelui F^0 - operațiuni tehnologice
Nivelul 2:	Funcții de bază: Mulsul vacilor $\left\{ \begin{array}{l} F^1 \\ F^2 \\ F^3 \\ F^4 \\ F^5 \\ F^6 \\ F^7 \end{array} \right\} F^0$ Transportul laptelui prin vid Transportul laptelui prin presiune Evidența laptelui Răcire Depozitare Prelucrarea și producerea produselor lactate
Nivelul 3:	Funcții de bază: $\left\{ \begin{array}{l} F_1^1 \\ F_2^1 \\ F_3^1 \\ F_4^1 \\ F_5^1 \end{array} \right\} F^1$ Mulsul în cupe (găleți) Mulsul în țeava de lapte Stabilizarea vidului Evidența laptelui Transportul laptelui în vid

Nivelul 4:	Funcții de bază: - Pre-răcirea laptelui F_1^2 Scoaterea laptelui de sub vid F_2^2 Curățarea laptelui (filtrarea) F_3^2 Evidența intermediară (operațională) a laptelui F_4^2 Depozitarea operațională a laptelui F_5^2
Nivelul 5:	Funcții de bază: - Curățarea laptelui (centrifugă) F_1^3 Scoaterea laptelui din vid F_2^3 Evidența generală a laptelui F_3^3 Răcirea laptelui (în răcitor în flux, sau capacitativ) F_4^3 Livrarea laptelui către consumator (către cisterna de lapte) F_5^3
Nivelul 6:	Funcții de bază: F_1^4 Cântărirea în baloane F_2^4 Evidența dintr-un grup de vaci din flux F_3^4 Evidența generală a laptelui F_4^4 Răcirea laptelui (în răcitor în flux, sau capacitativ) F_5^4 Depozitarea intermediară a laptelui
Nivelul 7:	Funcții de bază: - Generarea de frig artificial F_1^5 Acumularea de frig artificial F_2^5 Acumularea de frig natural F_3^5 Răcirea laptelui cu frig natural F_4^5 Răcirea laptelui cu frig artificial F_5^5 Răcirea laptelui cu sistem combinat F_6^5 Răcirea laptelui într-un răcitor în flux F_7^5 Răcirea laptelui într-un răcitor capacitativ F_8^5
Nivelul 8:	Funcții de bază: F_1^6 Depozitare în rezervoare de răcire F_2^6 Depozitare în rezervoare tip termos F_3^6 Depozitare în baloane

Tabelul 2.2 Formarea de opțiuni pentru liniile tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui în ferme .

Operație tehnologică	Funcții	Opțiuni de linii tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică de prelucrare a laptelui						
		1	2	3	4	5	6	7
F ¹	F ₁ ¹	F ₁ ¹	F ₁ ¹	-	-	-	-	-
	F ₂ ¹	-	-	F ₂ ¹	F ₂ ¹	F ₂ ¹	F ₂ ¹	F ₂ ¹
	F ₃ ¹	-	-	F ₃ ¹	F ₃ ¹	F ₃ ¹	F ₃ ¹	F ₃ ¹
	F ₄ ¹	F ₄ ¹	F ₄ ¹	F ₄ ¹	F ₄ ¹	F ₄ ¹	F ₄ ¹	F ₄ ¹
	F ₅ ¹	F ₅ ¹	F ₅ ¹	F ₅ ¹	F ₅ ¹	F ₅ ¹	F ₅ ¹	F ₅ ¹
F ²								
	F ₁ ²	-	-	F ₁ ²	F ₁ ²	F ₁ ²	F ₁ ²	F ₁ ²
	F ₂ ²	F ₂ ²	F ₂ ²	F ₂ ²	F ₂ ²	F ₂ ²	F ₂ ²	F ₂ ²
	F ₃ ²	F ₃ ²	F ₃ ²	F ₃ ²	F ₃ ²	F ₃ ²	F ₃ ²	F ₃ ²
	F ₄ ²	F ₄ ²	F ₄ ²	F ₄ ²	F ₄ ²	F ₄ ²	F ₄ ²	F ₄ ²
F ³	F ₅ ²	F ₅ ²	F ₅ ²	F ₅ ²	F ₅ ²	F ₅ ²	F ₅ ²	F ₅ ²
	F ₁ ³	-	F ₁ ³	-	F ₁ ³	-	-	-
	F ₂ ³	F ₂ ³	F ₂ ³	F ₂ ³	F ₂ ³	F ₂ ³	F ₂ ³	F ₂ ³
	F ₃ ³	-	-	-	-	-	F ₃ ³	F ₃ ³
	F ₄ ³	F ₄ ³	F ₄ ³	F ₄ ³	F ₄ ³	F ₄ ³	F ₄ ³	F ₄ ³
F ⁴	F ₅ ³	F ₅ ³	F ₅ ³	F ₅ ³	F ₅ ³	F ₅ ³	F ₅ ³	F ₅ ³
	F ₁ ⁴	F ₁ ⁴	F ₁ ⁴	-	-	-	-	-
	F ₂ ⁴	-	-	F ₂ ⁴	F ₂ ⁴	F ₂ ⁴	F ₂ ⁴	F ₂ ⁴
	F ₃ ⁴	-	-	F ₃ ⁴	F ₃ ⁴	F ₃ ⁴	F ₃ ⁴	F ₃ ⁴
	F ₄ ⁴	F ₄ ⁴	F ₄ ⁴	F ₄ ⁴	F ₄ ⁴	F ₄ ⁴	F ₄ ⁴	F ₄ ⁴
F ⁵	F ₅ ⁴	F ₅ ⁴	F ₅ ⁴	F ₅ ⁴	F ₅ ⁴	F ₅ ⁴	F ₅ ⁴	F ₅ ⁴
	F ₁ ⁵	F ₁ ⁵	F ₁ ⁵	F ₁ ⁵	F ₁ ⁵	F ₁ ⁵	F ₁ ⁵	F ₁ ⁵
	F ₂ ⁵	F ₂ ⁵	F ₂ ⁵	F ₂ ⁵	F ₂ ⁵	F ₂ ⁵	F ₂ ⁵	F ₂ ⁵
	F ₃ ⁵	F ₃ ⁵	F ₃ ⁵	F ₃ ⁵	F ₃ ⁵	F ₃ ⁵	F ₃ ⁵	F ₃ ⁵
	F ₄ ⁵	F ₄ ⁵	F ₄ ⁵	F ₄ ⁵	F ₄ ⁵	F ₄ ⁵	F ₄ ⁵	F ₄ ⁵
	F ₅ ⁵	F ₅ ⁵	F ₅ ⁵	F ₅ ⁵	F ₅ ⁵	F ₅ ⁵	F ₅ ⁵	F ₅ ⁵
	F ₆ ⁵	F ₆ ⁵	F ₆ ⁵	F ₆ ⁵	F ₆ ⁵	F ₆ ⁵	F ₆ ⁵	F ₆ ⁵
	F ₇ ⁵	F ₇ ⁵	F ₇ ⁵	F ₇ ⁵	F ₇ ⁵	F ₇ ⁵	F ₇ ⁵	F ₇ ⁵
F ⁶	F ₈ ⁵	F ₈ ⁵	-	F ₈ ⁵	-	-	-	-
	F ₁ ⁶	F ₁ ⁶	-	F ₁ ⁶	-	-	-	-
	F ₂ ⁶	-	-	F ₂ ⁶	F ₂ ⁶	F ₂ ⁶	F ₂ ⁶	F ₂ ⁶
	F ₃ ⁶	F ₃ ⁶	F ₃ ⁶	-	-	-	-	-

Tabelul 2.3 Variante de echipări cu mijloace tehnice pentru liniile tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui în ferme

Indexul i	Variante de echipări cu mijloace tehnice				
	1	2	3	4	5
F ₃ ¹	Utilaj pentru transportul în vid al laptelui la aparatul de muls spre prelucrare				
F ₄ ¹	Contor de lapte Y3M-1	Contor de lapteY3KM	Găleată de măsurare	-	-
F ₅ ¹	Utilaj pentru mulsul fiziologic în siguranță al vacilor				
F ₁ ²	Răcitor pe bază de plăci АДМ 13.000				
F ₂ ²	Pompă de lapte E8-6МЦ13-10	Agent frigorific OM-1, OM-1A	Colector de lapte-separator de aer cu pompă de lapte HMY-6 (releaser)		
F ₃ ²	Separator cu filtru	Purificator OOM-1000	Purificator OM-1	Filtru tubular АДМ.09.000	
F ₄ ² F ₂ ⁴	CântarBIII-100	Contor de lapte АДМ-52	Contor de lapte МГБ	Contor de lapte MYJI-1	Contor de lapte YM-1
F ₅ ² F ₅ ⁴	Flacoane de lapte	Cântar de lapte de tip CMИ	Rezervor de lapte БМ-1000	Rezervor de lapte БМ- 250	Releaser cu HMY-6
F ₁ ³	Purificator OMA-3M	Purificator OM-1A	Purificator OM-1	Purificator de lapte OOM-1000	
F ₂ ³	Pompă de lapte E8-6МЦ13-10	Pompă de lapte E8-6МЦ13- 10 cu OM-1	Colector de lapte-separator de aer cu pompă de lapte HMY-6 (releaser)		
F ₃ ³ F ₃ ⁴	Cântar BIII-100	Cântar de lapte de tip CMИ	Contor de lapteYKM-БК	Contor de lapte YKPII	Contor de lapte MYJI- 1M
F ₄ ³ F ₄ ⁴	Agent frigorificАДМ 13 000	Agent frigorific OM-1	Agent frigorific OM-1A	Agent frigorific OM-3A	Agent frigorific OOT-M
F ₅ ³	Pompa de lapteГ2-0ПА	Contor de lapteYKM-БК	Pompa de lapte Г2-0ПА	Pompă- dozator П8- 0НГ	Contor de lapte YKPII
F ₁ ⁵ F ₅ ⁵	IF OT-10	IF YB-10	IF MKT-20	IF AB-30	IF MBT-20
F ₅ ⁵ F ₃ ⁵ F ₄ ⁵	IF OT-10	IFYB-10	IF MBT-14	IF MBT-20	IF MKT-10
F ₃ ⁵ F ₄ ⁵ F ₆ ⁵	Acumulator de frig natural AFN	Acumulator de frig natural și artificial AFNA	Instalație frigorifică combinată IFC	Acumulator de frig tip bloc-modular	Depozit de gheață
F ₈ ⁵ F ₁ ⁶	Rezervor PPIO-2,5	Rezervor PPIO-1,6	Rezervor- răcitor PHO-2,5	Rezervor- răcitor PPIO-1,6	Rezervor TOM-2A
F ₂ ⁶	Rezervor- termos B2- OMГ-6,3	Rezervor- termos B2- OMB-6,3	Rezervor- termos B2- OMГ-2,5	Rezervor- termos B2- OMB-2,5	Rezervor- termos B2- OMГ-4,0

Contor pentru evidența primară a laptelui (F_4^1):

Indicator unitar al masei C_{41}^1 (kg)

$$C_{41}^1 = 1,3 / 0,6 = 2,17.$$

Indicator unitar al dimensiunii C_{42}^1 (mm)

$$C_{42}^1 = 760/430 = 1,75.$$

Indicator unitar al costului C_{43}^1 (MDL)

$$C_{43}^1 = 15000/3000 = 5.$$

Indicator complex C_{4C}^1

$$C_{4C}^1 = (2,17 + 1,75 + 5) / 3 = 2,93$$

Contor pentru evidența totală a laptelui (F_3^4);

Indicator unitar de masă C_{31}^4 (kg)

$$C_{31}^4 = 210/10 = 21.$$

Indicator unitar al dimensiunii C_{32}^4 (mm)

$$C_{32}^4 = 1500 / (200 + 300) = 3,0.$$

Indicator unitar al suprafeței de contact cu laptele C_{33}^4 (mm²)

$$C_{33}^4 = 2100000/30000 = 70,0.$$

Indicator complex C_{3C}^4 ,

$$C_{3C}^4 = (21 + 3,0 + 70,0) / 3 = 31,3.$$

Pentru verigile de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial (F_2^5 , F_3^5):

Indicator unitar a economiei de energie electrică C_1^5 (kWh)

$$C = \frac{(1,5+1,5+4,0+15,0) \cdot 365}{(1,5+1,5+4,0+15,0) \cdot 180} + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 180 = 2,3.$$

Indicator unitar al micșorării puterii instalate a instalației frigorifice C_2^5 (kW)

$$C_2^5 = 22,0 / 17,2 = 1,26.$$

Indicator unitar al capacității de acumulare a verigii cu consum redus a energiei electrice C_3^5

$$C_3^5 = 100/30 = 3,3.$$

Indicator complex C_C^5

$$C_C^5 = (2,3 + 1,26 + 3,3) / 3 = 2,3.$$

În calitate de indicator complex generalizat introdus în funcția cheie la alegerea opțiunii a fost adoptat indicatorul complex generalizat economic. Indicatorul complex generalizat C_C^5 este utilizat la alegerea unei opțiuni în cazurile în care indicatorii economici ai mai multor opțiuni sunt practic egali.

Pentru a evalua o verigă de răcire pentru localitățile de nord a RM (opțiunea $n = 5$ și $\Delta^\circ C = 0$), în

conformitate cu nomograma din Fig. 2.2, s-a determinat modulul de economisire a energiei electrice $C_w = f(n; \Delta ^\circ C)$, care a constituit $C_w = 0,72$. Capacitatea medie de răcire a instalației frigorifice reîncărcabile Q_{fa} a fost determinată din condiția că

$$Q_{fa} = m[Q_a] \cdot C_a = 1 \cdot 30 = 30 \text{ kW},$$

unde $m[Q_a] = 1$ este o estimare a fluxului de alimentare cu lapte de la instalația de muls, m^3/h ; $C_a \approx 30 \text{ kWh} / m^3$ [33,106].

Puterea instalată a instalației frigorifice reîncărcabile N_{fa} pentru un acumulator de apă-gheață de frig natural și artificial cu o capacitate de $V_{acf} = 1 m^3$ nu depășește 17,2 kW. În acest caz, temperatura agentului frigorific în timpul reîncărcării constante nu va depăși 2 ...3°C. În procesul de acumulare a frigului sub formă de gheață, capacitatea de acumulare a acumulatorului de frig natural și artificial poate fi mărită până la 100 kWh.(Fig.2.5.).

La formarea sistemelor cu consum redus de energie electrică, în schemele tip existente [76,79] sunt incluse noile tehnologii și mijloace tehnice dezvoltate care pot îmbunătăți semnificativ calitatea laptelui prelucrat, precum și performanțele energetice, operaționale și de mediu ale liniilor tehnologice existente. Acestea includ: dispozitive pentru evidența individuală, de grup și generală a laptelui, verigi reglabile și dispozitive pentru monitorizarea și reglarea fără contact a fluxurilor de lapte pentru transportul și procesarea în flux închis [106], o nouă generație de instalații de răcire a laptelui folosind aerul atmosferic și apa; acumulatoare de frig natural și artificial de diferite modele, precum și [5,6] instalații care utilizează energia termică conținută în laptele parvenit la răcire și în apele uzate. Pe baza acestor mijloace tehnice, pot fi elaborate linii automatizate cu consum redus de energie electrică, care asigură prelucrarea laptelui de înaltă calitate (Fig. 2.7-2.13 Anexa 1).

Cercetările efectuate la ferma din s. Corbura-nul Dondușeni la nordul RM și la ferma didactică a UASM au arătat că situația ecologică și bilanțul energetic al fermelor pot fi îmbunătățite semnificativ datorită utilizării energiei laptelui și a frigului natural.

O anumită parte a acestei energii poate fi regenerată și astfel poate fi îmbunătățit bilanțul energetic al fermei. Valoarea (cantitatea) medie de energie a laptelui care poate fi obținută de la o vacă este indicată în tab 2.4.. O rezervă semnificativă pentru economia resurselor energetice și reducerea puterii instalate a echipamentelor electrice este utilizarea energiei termice cu potențial redus conținută în laptele furnizat pentru prelucrare, în apele reziduale, precum și utilizarea instalațiilor pentru răcirea laptelui cu frig natural din aerul atmosferic și apă.

Tabelul 2.4 Energie regenerată la răcirea laptelui de la o vacă kWh din cantitatea zilnică de lapte muls, kg

№	Cantitatea zilnică estimată de lapte muls (kg)	Energie regenerată la răcirea laptelui de la o vacă kWh (kcal)	
		De la 32°C până la 16°C	De la 16°C până la 6°C
1.	20,0	0,4(344,0)	0,28 (230,0)
2.	17,0	0,34(281,0)	0,19 (160,0)

În funcție de principiul de funcționare, instalațiile sunt împărțite în două grupe: funcționare sezonieră (IFS) și anuală [33,34] (Fig. 2.14; 2.15). Instalațiile de funcționare sezonieră sunt un receptor-acumulator de frig natural de diferite modele, inclusiv cele cu o unitate de pulverizare și funcționează numai în sezonul rece al anului. Instalațiile de funcționare anuală sunt instalații combinate (IAC) cu utilizarea de instalații frigorifice reîncărcabile și acumulate de apă. Instalațiile frigorifice reîncărcabile și acumulate de apă se utilizează în perioada caldă a anului pentru temperatura aerului ($t \geq 5,0$ °C), iar în perioada rece a anului se folosesc doar acumulatele de apă. Instalațiile frigorifice precum AB-30, TXY-23, TXY-14, MBT-20, MKT-20, YB-10, OT-10, ΦY-40 etc. pot fi utilizate ca instalații frigorifice reîncărcabile

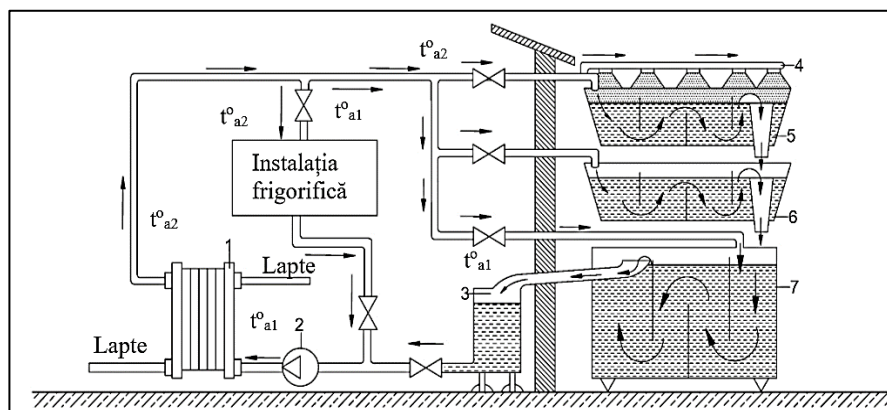


Figura 2.14 Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare sezonieră (IFS) pentru regiunea de nord al RM

1 – răcitor în flux; 2 - pompă; 3 - rezervor intermediar; 4 - bloc de pulverizare al acumulatorului de frig natural (AFN); 5 - rezervorul de sus AFN; 6 - rezervorul mediu AFN; 7- rezervorul de jos AFN.

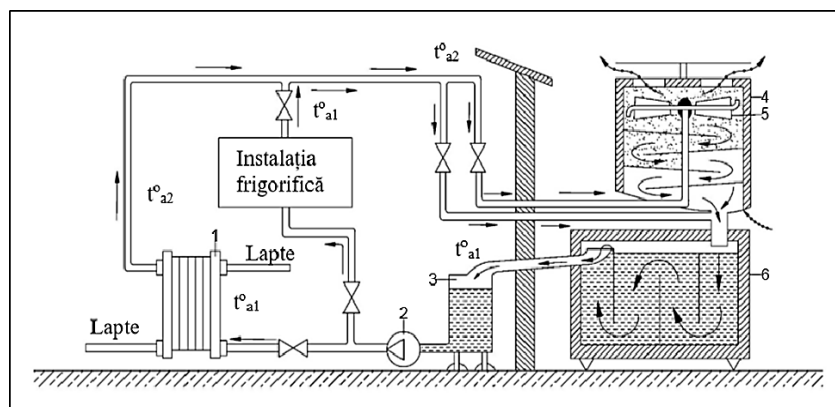


Figura 2.15 Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare combinata (IAC) pentru regiunea de nord al RM

1 - răcitor în flux; 2 - pompă; 3 - rezervor intermediar; 4 - bloc de pulverizare; 5 - conducte de pulverizare cu plăci aerodinamice; 6 - acumulator de frig natural și artificial.

Cercetările [4,5,6] au stabilit că în curînd de perspectivă va fi utilizarea tehnologiilor combinate pentru răcirea laptelui de tip modular cu pulverizatoare rotative aerodinamice extrem de eficiente și ejectoare de apă împreună cu acumulatori de frig folosind gheața în calitate de acumulare. Receptorul de frig natural este instalat în exterior în afara zonei de producție, iar IF reîncărcabilă este instalată în zona de producție. Astfel de sisteme oferă avantaje față de instalațiile frigorifice existente.

Sistemele de răcire bazate pe IAC, care funcționează pe bază de tehnologie cu consum redus de energie electrică pot funcționa pe tot parcursul anului în toate localitățile RM. Ele sunt capabile să genereze și să acumuleze frig, nu doar pentru ferme, dar și pentru depozitele de produse agricole: fructe și legume, flori și toate produsele vegetale. Eficiența IAC este obținută prin mărirea fiabilității sistemului și prin economisirea de energie electrică din cauza lipsei unui dispozitiv de ventilare. Extinderea domeniului de aplicare se realizează prin răcirea directă a laptelui în sezonul rece, fără instalații frigorifice.

Dacă părțile rotative ale pulverizatoarelor îngheață și pierd capacitatea de a se roti din cauza înghețurilor, atunci apa încălzită (agentul frigorific care parvine după răcirea laptelui) curge în găurile pulverizatoarelor și le „decongelează”. În acest caz, suprafețele aerodinamice sunt funcționale până la dezghețare. Prin urmare se realizează reglarea naturală a instalației și performanța acestora este menținută în toate regimurile de funcționare.

Avantajele IAC sunt:

- volum redus de metal utilizat datorită îmbunătățirii pulverizării și sporirii eficienței pulverizatoarelor aerodinamice rotative și îmbunătățirea elaborării corpului receptorului și al acumulatorului de frig;

- un nivel ridicat de unificare datorită utilizării unui singur bloc de evaporare pentru instalațiile de acțiune sezonieră și anuale;

- capacitate de răcire crescută prin mărirea suprafeței de pulverizare.

Testele preliminare ale sistemelor experimentale de răcire care utilizează frig natural în ferme au arătat că consumul de energie electrică poate fi redus de până la 9,3 ori. Prezența unui acumulator de frig permite de până la 3 ori reducerea puterii instalate și a capacității de răcire a instalațiilor de reîncărcare.

2.3 Metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică de răcire a laptelui cu utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră și instalațiilor de acțiune combinată pe anul întreg .

a) Metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică de răcire a laptelui cu utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră .

Cea mai răspândită din punct de vedere constructiv este instalația de acțiune sezonieră, care reprezintă un rezervor secționat (acumulator de frig natural) care constând din rezervoare de apă deschise situate unul deasupra celuilalt, instalate în afara încăperii [25]. În interiorul acumulatorului de frig este situat un sistem de țevi și pereți despărțitori, care asigură circulația apei atunci când se formează gheață. În calitate de agent frigorific este folosită apa. Apa rece (agent frigorific) este pompată printr-un răcitor în flux. În sezonul rece al anului, când apa din rezervoare îngheață, apa încălzită care vine din răcitorul de lapte curge peste suprafața gheții, se răcește și se scurge în RAR (Fig. 2.14).

Volumul total al rezervoarelor de IAS pentru apă rece este determinat din considerentul de 3 m³ la 1 tonă de lapte răcit atunci când este pre-răcit cu apă de la robinet până la temperatura de 14 ... 16°C.

S-a stabilit că utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră (IAS) este recomandabilă dacă temperatura agentului frigorific din acumulator nu depășește 4 °C. Capacitatea de acumulare a IAS trebuie să asigure răcirea laptelui de la prima mulsură. Timpul dintre mulsuri ar trebui să fie suficient pentru a încărca acumulatorul de frig natural (AFN). Capacitatea rezervorului determină capacitatea de acumulare a IAS.

Pentru a determina parametrii tehnici, să examinăm principalele regimuri de funcționare ale IAS (Figura 2.16) folosind datele prezentate în [25,26].

Ecuția balanței energetice are forma

$$q_L \cdot C_{TL} \cdot (t_{L1} - t_{L2}) = q_a \cdot C_{TA} (t_{af2} - t_{af1}), \quad (2.7)$$

unde q_L -productivitatea pompei de lapte,(m³/h); q_a - productivitatea pompei de apă,(m³/ h); C_{TL} , C_{TA} -capacități de temperatură specifică a laptelui și respectiv a apei, kJ / (m³ · °C); t_{L1} - temperatura inițială a laptelui, înainte de răcire, °C; t_{L2} -temperatura finală a laptelui după răcire, °C.

Din condițiile de funcționare a răcitorului în flux, rezultă că $\Delta = 2...3^{\circ}\text{C}$, $q_a / q_L = 3$; $t_{af1} = t^{\circ}$, când $0 < t^{\circ} < 3^{\circ}\text{C}$, $t_{L2} < 6^{\circ}\text{C}$, unde Δ este depășirea temperaturii laptelui la ieșire peste temperatura agentului frigorific la ieșirea din răcitorul în flux; t°_0 este temperatura aerului atmosferic, $^{\circ}\text{C}$.

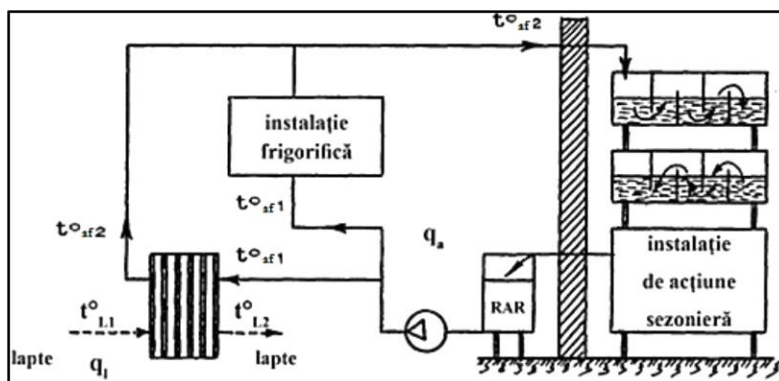


Figura 2.16 Schema tehnologică a sistemului de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră (IAS)

Ținând cont de ipotezele acceptate, ecuația va lua forma

$$(t_{L1}^{\circ} - t_{L2}^{\circ}) = 3 (t_{af2}^{\circ} - t_{L2}^{\circ} + 2) \quad (2.8)$$

După transformări, obținem

$$t_{af2}^{\circ} = (t_{L1}^{\circ} + 6) / 3 \quad (2.9)$$

Unde $t_{L1}^{\circ} = 32^{\circ}\text{C}$, $t_{af2}^{\circ} = 13^{\circ}\text{C}$.

Din condițiile acceptate, rezultă că capacitatea IAS ar trebui să fie de cel puțin trei ori mai mare față de cantitatea de lapte răcit. Când IAS funcționează cu răcitoare capacitive de lapte, acest raport este mai mare decât în cazul celor în flux. Răcirea în răcitoare capacitive se va efectua până la momentul în care temperaturile apei de intrare și ieșire vor fi practic egale. Bilanțul energetic al sistemului de răcire, are forma;

$$M_L C_{TL} (t_{L1}^{\circ} - t_{L2}^{\circ}) = V C_{TA} (t_{af2}^{\circ} - t_{af1}^{\circ}) \quad (2.10)$$

unde: M_L este cantitatea de lapte răcit, m^3 ; V - capacitatea AF, m^3 .

Dacă $C_A = V / M_L$ și luând în considerație ipotezele acceptate anterior, obținem

$$t_{L1}^{\circ} - 6 = C_A \cdot (t_{af2}^{\circ} - t^{\circ}_0) \quad (2.11)$$

În cazul răcirii laptelui fără o etapă preliminară de răcire ($t_{L1}^{\circ} = 32^{\circ}\text{C}$)

$$C_A = 26 / (t_{af2}^{\circ} - t^{\circ}_0) \quad (2.12)$$

Prin urmare, rezultă că, dacă permitem amestecarea apei încălzite cu agentul frigorific în AF, atunci la o temperatură a agentului frigorific la sfârșitul ciclului de răcire care nu depășește 6°C , va crește brusc volumul necesar V . Pentru a reduce volumul V , este necesar să împărțim rezervorul AF în secțiuni și să asigurăm răcirea laptelui consecutiv de la fiecare secție până la

egalarea temperaturii apei în fiecare secție cu temperatura laptelui în răcitorul capacitiv.

Divizăm volumul V în n părți egale (secțiuni), iar volumul relativ al fiecărei părți este k/n .

Din ecuația (2.7.) luând în considerare cerințele tehnologice acceptate anterior pentru prima parte k

$$t_{L1}^0 - t_{L2}^0 = [k (t_{af2}^0 - t_0^0)] / n \quad (2.13)$$

De aici

$$t_k^0 = \frac{t_{L1}^0 \cdot n}{n+k} + \frac{k \cdot t_0^0}{n+k}. \quad (2.14)$$

În consecință, pentru fiecare i parte

$$t_{ki}^0 = \frac{t_{L1(i-1)}^0 \cdot n}{n+k} + \frac{k \cdot t_0^0}{n+k}, \quad (2.15)$$

iar pentru următoarea $(i + 1)$ parte

$$t_{L2(i+1)}^0 = \frac{t_{L1i}^0 \cdot n}{n+k} + \frac{k \cdot t_0^0}{n+k} = \frac{t_{L1(i-1)}^0 \cdot n^2}{(n+k)^2} + \frac{k}{n+k} \left[\frac{n}{n+k} + 1 \right] \cdot t_0^0 \quad (2.16)$$

Din ecuațiile (2.15) și (2.16) se poate observa că expresia t_{L2}^0 pentru fiecare parte ulterioară este formată prin înmulțirea expresiei (2.16) cu $n / (n + k)$ și adăugarea $k \cdot t_0^0 / (n + k)$. Pentru ultima parte n

$$t_{L2n}^0 = \frac{t_{L1}^0 \cdot n^n}{(n+k)^n} + \frac{k}{n+k} \left[\frac{n^{n-1}}{(n+k)^{n-1}} + \frac{n^{n-2}}{(n+k)^{n-2}} \dots \right] t_0^0 \quad (2.17)$$

Expresia (2.17) permite să determinăm temperatura până la care laptele va fi răcit cu utilizarea consecutivă de la fiecare secție a AF. În tabelele 2.5, 2.6 sunt prezentate rezultatele calculării temperaturii până la care laptele poate fi răcit când avem specificate n , k , t_0^0 .

Din datele din tabelele 2.5 și 2.6, la $n = 3$, $C = 3$, $t_{L1}^0 = 32^\circ\text{C}$, reiese că este posibil să se realizeze o micșorare a temperaturii laptelui la un nivel sub 8°C . O creștere suplimentară a numărului de secțiuni are un efect redus asupra indicatorilor de funcționare a sistemului de răcire. Cu utilizarea unui sistem de pre-răcire, eficiența răcirii este semnificativă crescută.

Din tabel rezultă, că cu numărul de etape $n = 5$, chiar și la $t_0^0 = 6^\circ\text{C}$, laptele poate fi răcit până la 7°C iar la $t_0^0 = 4^\circ\text{C}$, pentru toate valorile de n , temperatura laptelui răcit va fi sub 6°C .

Testarea IAS a arătat că se va asigura răcirea laptelui până la $1...6^\circ\text{C}$ la $t_0^0 = 4...5^\circ\text{C}$. Totodată, consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui în timpul rece al anului a fost la nivelul de $0,6 \dots 0,8 \text{ kWh}$ pe 1 tonă.

Tabelul 2.5 Repartizarea temperaturii laptelui răcit cu conexiune consecutivă a secțiunilor AF. Temperatura laptelui furnizat pentru răcire $t^{\circ}_{L1} = 32^{\circ}\text{C}$

Temperatura mediului ambiant	$t^{\circ}_{L1} = 32^{\circ}\text{C}, C = 3$				
	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6
$t^{\circ}_0 = 0^{\circ}\text{C}$	5,1	3,8	3,2	3,0	2,8
$t^{\circ}_0 = 2^{\circ}\text{C}$	6,8	5,6	5,1	4,7	4,4
$t^{\circ}_0 = 4^{\circ}\text{C}$	8,5	7,3	6,8	6,2	5,9

Tabelul 2.6 Distribuția temperaturii laptelui răcit cu conexiune consecutivă a secțiunilor AF. Temperatura furnizată pentru răcirea laptelui $t^{\circ}_L = 16^{\circ}\text{C}$

Temperatura mediului ambiant	$t^{\circ}_L = 16^{\circ}\text{C}, C = 3$			
	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5
$t^{\circ}_0 = 0^{\circ}\text{C}$	2,40	1,88	1,60	1,43
$t^{\circ}_0 = 2^{\circ}\text{C}$	4,08	3,62	3,38	3,23
$t^{\circ}_0 = 4^{\circ}\text{C}$	5,76	5,38	5,16	5,03
$t^{\circ}_0 = 6^{\circ}\text{C}$	7,44	7,13	6,94	6,83

b) Metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor sistemului cu consum redus de energie electrică de răcire a laptelui cu utilizarea instalațiilor de acțiune combinată pe anul întreg.

Sistemul de răcire a laptelui care utilizează instalații de acțiune combinată (IAC) prevede utilizarea atât a frigului natural, cât și a celui artificial, generat de o instalație frigorifică reîncărcabilă (IF).

În sezonul rece, instalația funcționează ca o IAS. În sezonul cald al anului, IF răcește agentul din acumulatorul cu frig AF, care apoi este utilizat pentru răcirea laptelui. Ca IF poate fi folosită cea staționar, care este în funcțiune la fermă, cât și cea reîncărcabilă, cu o capacitate de răcire limitată. Reîncărcarea IF poate fi în orice moment al zilei în timpul pauzelor dintre mulsori, inclusiv noaptea folosind un tarif preferențial la energia electrică. Conectarea și deconectarea IF se efectuează printr-o comandă de timp sau printr-o comandă de la senzorii de temperatură ai agentului frigorific din acumulatorul combinat. Puterea necesară a IF depinde de regimul de funcționare al acestuia împreună cu AF (Fig. 2.17).

Tehnologia de răcire nu necesită schimbarea schemelor și echipamentelor existente utilizate pentru răcirea laptelui.

Pe baza analizei de mai sus pentru a determina caracteristicile tehnice și energetice ale unei linii cu tehnologie cu consum redus de energie electrică, a fost propusă următoarea metodă [25].

Se determină cantitatea de frig necesară pentru răcirea laptelui muls timp de o zi:

$$Q_{IF} = M_{\max} \cdot (t^{\circ}_{L1} - t^{\circ}_{L2}), \quad (2.18)$$

unde $M_{\max}$ este cantitatea maximă zilnic de lapte muls, m^3 ; t_{L1} , t_{L2} - temperatura laptelui, respectiv, înainte și după răcire, $^{\circ}C$.

Se determină capacitatea de răcire a instalației frigorifice, care este necesară pentru răcirea laptelui în timpul mulsului (răcire) T_r sau în timpul pauzei dintre mulsuri T_a (regimul de acumulare de frig).

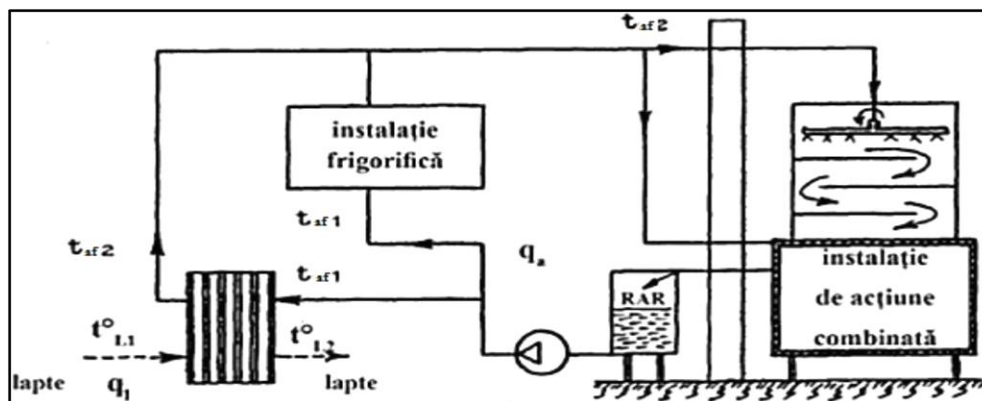


Fig. 2.17 Schema tehnologică a sistemului de răcire cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de acțiune combinate (IAC) pentru regiunea de nord a RM

$$Q_S = Q_{IF} / T_r, \quad Q_E = Q_{IF} / T_a \quad (2.19)$$

unde Q_S , Q_E - capacitatea de răcire a IF, respectiv, pentru o linie standard și o linie cu consum redus de energie electrică, mii kcal / h; T_r - timpul de răcire a laptelui, h; T_a este timpul acumulării de frig, h.

Se determină raportul dintre capacitatea de răcire a instalației frigorifice și puterea motorului electric al compresorului instalației frigorifice pentru linia standard C_{SE} (mii kcal / h / kW)

$$C_{SE} = Q_S / N_{SC} \quad (2.20)$$

unde N_{SC} este puterea instalată a motorului electric al compresorului instalației frigorifice într-o linie tehnologică standard, kW.

Se determină valoarea medie a C_E (mii kcal / h / kW)

$$E = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^n C_{SEi} \quad (2.21)$$

unde n este numărul de opțiuni luate în considerare în linia standard;

5. Se determină puterea motorului electric al compresorului instalației frigorifice N_{EC} pentru linia tehnologică cu consum redus de energie electrică:

$$N_{EC} = Q_E / C_E \quad (2.22)$$

6. Se determină raportul dintre cantitatea de apă din acumulatorul de frig la cantitatea de lapte răcit:

$$C_A = 3 \cdot C_f, \quad (2.23)$$

unde C_f este coeficientul de utilizare efectivă a rezervei de frig în laptele răcit.

Se determină C_f din expresia:

$$C_f = (t_{L1} - t_{L2}) / (t_{L1} - t_{af1} - 2), \quad (2.24)$$

unde t_{af1} este temperatura agentului frigorific la intrarea în răcitor sau la ieșirea din acumulatorul de frig și a evaporatorului instalației frigorifice, egală cu 2 °C

7. Productivitatea și puterea pompei de lapte și a pompei agentului frigorific sunt selectate la fel ca în linia standard, deoarece laptele este răcit și în timpul mulsului, numai că nu din instalația frigorifică, ci din acumulatorul de frig.

8. Se determină capacitatea pompei agentului frigorific din expresia:

$$q_a = Q_E / (t_{af2} - t_{af1}), \quad (2.25)$$

unde t_{af2} temperatura agentului frigorific la ieșirea din răcitorul în flux:

$$t_{af2} = [(t_{L1} + 2) \cdot (t_{af1} - 2)] / 3 \quad (2.26)$$

9. Se determină consumul specific de energie electrică pe zi W_{CS} (kWh/t):

$$W_{CS} = (W_{ra} + W_{ac}) / M_c \quad (2.27)$$

unde W_{ra} - consum de energie electrică la răcirea laptelui, kWh; W_{ac} - consum de energie electrică în timpul acumulării de frig, kWh.

Caracteristicile tehnice ale instalațiilor frigorifice utilizate în prezent în liniile standard de răcire a laptelui și valorile calculate C_E sunt prezentate în tabelul 2.7. Raportul de putere al motoarelor electrice ale compresoarelor IF standard la linia cu consum redus de energie electrică este prezentat în Tabelul 2.8. Coeficientul neuniformității sezoniere (Y_s), calculat în funcție de rezultatele activității economice a fermei pentru anul 2020 pe luni este prezentat în Tabelul 2.9.

IF reîncărcabilă selectată (Tabelul 2.8) în regimul de acumulare de frig va funcționa numai în anotimpurile calde și de tranziție. Aceasta este aproximativ șapte luni pe an pentru zona de nord a RM, unde temperatura mediului ambiant t_0 este peste 0°C. Coeficientul de neuniformitate sezonieră Y_s atinge valoarea maximă în luna iulie, prin urmare IF reîncărcabilă va fi încărcată complet în această lună. Dacă nu se aduc modificări tehnologiei de răcire a laptelui în toate cele șapte luni (de la sfârșitul lunii aprilie până în octombrie), IF reîncărcabilă va funcționa la maximum. Prezența unei diferențe a coeficienților de neuniformitate sezonieră Y_s înseamnă că rămâne o rezervă de frig în acumulatorul de frig după răcirea laptelui. Pentru utilizarea eficientă a acestei rezerve este necesar să se introducă modificări în sistemul de răcire.

Tabelul 2.7 Caracteristica tehnică a instalațiilor frigorifice utilizate în liniile standard de răcire a laptelui

Tipul instalației frigorifice	Capacitatea de răcire a IF, mii. kcal/h Q_s	Puterea motorului electric a compresorului IF, kW N_{EC}	Raportul dintre capacitatea de răcire Q_s și puterea motorului electric al compresorului IF, mii. kcal/h/kW, C_{SE}
AB-30	30	15,0	2,0
AB-14	14	5,0	2,8
MBT-20-1	18	6,5	2,77
MBT-14-1	14	5,0	2,8
YB-10	10	5,5	1,82
Media			$C_E = 2,44$

Tabelul 2.8 Puterile motoarele electrice ale compresoarelor IF ale liniilor standard și a liniilor cu consum redus de energie electrică la răcirea laptelui

Opțiuni de linii tehnologice. Mărimea fermei ,Capete.	Tipul instalației frigorifice, Cantitatea în linii tehnologice de răcire	Puterea motor el. al compresorului IF pentru cu consum redus de energie electrică, kW		Raport de putere al motorului electric al compresorului IF al liniei standard și o linie cu consum redus de energie electrică	
		Tehnologia mulsului pe zi			
		2 ori	3 ori	2 ori	3 ori
100	YB-10/1	1,21	1,29	4,55	4,26
200	AB-30/1	2,42	2,58	6,2	5,81
200	AB-14	2,42	2,58	4,13	3,88
200	MBT-14/2	2,42	2,58	4,13	3,88
400	MBT-20/2	4,83	5,16	2,69	2,52
				C _E =4.34	C _E =4.07

La răcirea laptelui pompa agentului frigorific direcționează agentul frigorific din partea inferioară a acumulatorului de frig și îl livrează în răcitorul în flux sau capacitativ, unde răcind laptele se încălzește, apoi se îndreaptă în partea superioară a acumulatorului de frig.

În regimul de acumulare de frig, dacă de modificat direcția de mișcare a fluxului de agent frigorific, putem evita trecerea întregii capacități a acumulatorului de frig prin evaporatorul IF. Astfel se va răci acea parte din rezervorul acumulatorului care s-a încălzit după răcirea laptelui. Agentul frigorific este preluat de pompă din partea superioară încălzită a acumulatorului de frig și se transmite la evaporatorul de refrigerare al IF, unde este răcit la temperatura setată și apoi intră în partea inferioară a acumulatorului de frig. Când toată apa încălzită trece prin evaporatorul IF

conform senzorului de temperatură a agentului frigorific sau în funcție de timp IF este deconectată de la rețea. IF va funcționa mai puțin prin cantitatea de trecere a părții rămase a agentului frigorific în acumulatorul de frig, reducând astfel consumul specific de energie pentru răcirea laptelui. Calculele efectuate, luând în considerație tabelul 2.9, arată că timpul de funcționare al IF, timp de șapte luni (aprilie-octombrie), când direcția de mișcare a fluxului agentului frigorific se modifică în regimurile de răcire a laptelui și de acumulare de frig, se reduce în medie cu 16%.

$$Y_N = (26,0 + 11,3 + 3,5 + 0 + 11,3 + 22,5 + 37,2) / 7 = 16,0\%$$

Tabelul 2.9 Distribuirea coeficientului de neuniformitate sezonieră a fermei din s. Corbu r-nul Donduseni.

Lunile	Coeficient de neuniformitate sezonieră, Y_S	Temperatura aerului, °C	Schimbarea Y_S față de iulie, %, Y_N
ianuarie	0,08	-5,4	-
februarie	0,068	-4,5	-
martie	0,075	1,3	-
aprilie	0,088	+ 5,6	26,0
mai	0,105	+ 17,5	11,3
iunie	0,113	+ 21,0	3,5
iulie	0,117	+ 24,3	0
august	0,105	+ 25,1	11,3
septembrie	0,092	+ 17,1	22,5
octombrie	0,075	+ 13,0	37,2
noiembrie	0,066	4,4	-
decembrie	0,063	-3,9	-

Acest efect va fi atins dacă tranziția de la un regim la altul, precum și gestionarea acestor regimuri, vor fi automatizate. Pe baza metodologiei descrise, parametrii liniei tehnologice de răcire a laptelui au fost determinați pe exemplul unei ferme de 200 de vaci pentru muls de 2 și 3 ori pe zi și introduși în tabelul 2.10 Astfel, o analiză a regimurilor de funcționare a acumulatorilor automatizate de frig de acțiune combinată arată că utilizarea IAC în sistemele de răcire și dirijarea automatizată al acestora permite reducerea consumului de metal al echipamentelor și a consumului specific de energie electrică. Gestionarea timpului de funcționare a IF reîncărcabile și reglarea prin aprecierea timpului în funcție de cantitatea de lapte răcit, asigură regimul optim de încărcare a IAC la un consum minim de energie electrică.

Tabelul 2.10 Parametrii liniei tehnologice pentru răcirea laptelui pe exemplul unei ferme de 200 de vaci pentru regiunea de nord a RM pentru muls de 2 și 3 ori pe zi.

Parametrii liniei tehnologice de prelucrare a laptelui (valori calculate)	Tipul liniei de procesare		
	Linie standard de răcire	Linie tehnologică cu consum redus de en. el.	
Cantitatea de frig necesară pentru răcirea volumului zilnic de lapte muls Q_z (mii kcal)	80,0	80,0	80,0
Capacitate de răcire a IF (mii kcal / h), Q_r	30,0	5,1	5,4
Puterea compresorului IF N_c , (kW)	15,0	2,45	2,6
Durata răcirii laptelui pe zi $T_{ra}(h)$	3,5	3,5	3,5
Durata de încărcare a acumulatorului pe zi, $T_i(h)$	-	$2 \cdot 8=16$	$3 \cdot 5=15$
Raportul dintre cantitatea de apă din acumulatorul de frig și cantitatea de lapte răcit, C_A	-	3	3
Capacitatea pompei evaporatorului q_e (m^3/h)	10	0,55	0,58
Capacitatea pompei de lapte, q_L (m^3/h)	0,8	0,8	0,8
Capacitatea pompei agentului frigorific, q_a (m^3/h)	-	2,4	2,4
Puterea pompei evaporatorului, N_e (kW)	1,5	Până la 1,0	Până la 1,0
Puterea pompei de lapte, N_L (kW)	1,1	1,1	1,1
Puterea pompei agentului frigorific, N_a (kW)	-	1,5	1,5
Puterea pompei sistemului de răcire a condensatorului (răcire circulantă) N_{rc} , (kW)	4,0	1,0	1,0
Puterea ventilatorului turnului de răcire N_r (kW)	1,5	-	-

Concluzii la capitolul 2.

1. Lipsa unei baze științifice sistematizate pe problema obținerii de produse lactate de înaltă calitate în ferme împiedică dezvoltarea de propuneri și recomandări concrete, fundamentate, pentru elaborarea unor tehnologii automatizate progresive de prelucrare a laptelui și, ca rezultat, a utilajului. Sunt necesare noi tehnici metodologice și metode practice pentru sinteza tehnologiilor automatizate cu consum redus de energie electrică, mijloace tehnice și un sistem unificat de echipamente electrice, care să asigure intensificarea procesului de prelucrare a laptelui în ferme și care să garanteze obținerea produselor lactate de calitate necesară cu îmbunătățirea caracteristicilor energetice, de mediu și operaționale.

2. Indicatorii cantitativi care caracterizează factorii de reducere a calității laptelui variază foarte mult. Lipsa datelor cu privire la influența parametrilor echipamentelor tehnologice și a regimurilor de funcționare a verigilor liniei tehnologice asupra indicatorilor de calitate a laptelui face dificilă alegerea soluției tehnice optime, calcularea parametrilor echipamentului și a regimurilor de funcționare a acestuia, ceea ce complică în mod semnificativ formarea liniilor tehnologice cu noi tehnologii și mijloace tehnice.

3. Structurile liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui la ferme sunt semnificativ diferite una față de alta și depind de factorii aliații, care variază esențial în timp, de numărul de vaci, de productivitatea lor, de tehnologia utilizată, de soluțiile arhitecturale și de planificare, de condițiile sanitare și igienice și metodele de livrare a laptelui pentru prelucrarea ulterioară. Prin urmare, linia tehnologică trebuie considerată ca un sistem neliniar, nestăionar, dinamic cu parametri distribuiți, caracterizat printr-o variație largă a proprietăților tehnologice în ciclurile zilnice, sezoniere și anuale.

4. Principiile propuse de elaborare a liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică ca obiecte unitare de dirijare complexe se bazează pe o abordare sistematică complexă a cercetării și fundamentării regimurilor de lucru a verigilor și a parametrilor echipamentelor electrice, a tehnologiei de prelucrare a laptelui și reprezintă baza științifică și metodologică pentru crearea unor metode practice eficiente de cercetare a tehnologiilor cu consum redus de energie electrică, mijloace tehnice și un SUE unificat, asigurând obținerea de produse lactate de înaltă calitate la ferme.

5. Pentru o evaluare cantitativă a tehnologiilor cu consum redus de energie electrică, incluzând acumularea automatizată a frigului natural și artificial, este propus un sistem de indicatori care pot caracteriza verigi individuale sau o linie tehnologică în ansamblu. Metoda se bazează pe utilizarea unui sistem de indicatori unitari C_u , complecși C_c și indicatori complecși generalizați C_{cg} care caracterizează diferite proprietăți ale sistemului studiat.

Indicatorii unitari C_u includ indicatori care variază în timpul funcționării sistemului conform unei legi aleatorii (de exemplu, intensitatea fluxurilor de lapte Q_f și a agentului frigorific Q_{af} , temperaturile laptelui t_{L1}° , agentului frigorific t_{af1}° și aerului ambiant t_0° ; capacitatea de acumulare W_a etc.).

În calitate de indicatori complecși C_c sunt luați indicatorii care caracterizează proprietățile energetice C_w și economice C_e ale sistemului. Indicatorul complex generalizat (ICG) C_{cg} caracterizează cantitativ nivelul tehnic al sistemului ca un întreg.

6. Funcțiile cheie pentru care se realizează justificarea și selectarea tehnologiilor cu consum redus de energie electrică și a mijloacelor tehnice se bazează pe două criterii: C_w energetic și C_e economic.

$$C_w = C_{cg} \rightarrow \min, \text{ unde } C_{cg} \leq C_{per}$$

$$C_e = C_{cg} \cdot E_v \rightarrow \min$$

unde C_{per} este valoarea permisă a indicatorului unitar; E_v este un coeficient care ia în considerare efectul economic real al variantei V.

Conform primului criteriu, funcția cheie este elaborată atunci când este necesar să se verifice strategia de economisire a energiei electrice selectată. Conform celui de-al doilea criteriu, funcția cheie este elaborată atunci când au fost selectate mai multe strategii pentru funcția C_w și este necesar să o alegeți pe cea mai eficientă.

7. La formarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică cu o proporție optimă a utilizării frigului natural și artificial pe criteriu energetic C_w , se propune o metodă care permite fundamentarea celei mai eficiente variante în funcție de varianta de completare a liniei cu utilaj și temperatura medie a aerului atmosferic $\Delta^\circ\text{C}$ în timpul rece a anului în zona de amplasare a obiectului (Fig. 2.2). Nomograma este reprezentată grafic în coordonatele $C_w - n - \Delta^\circ\text{C}$, unde n este o valoare discretă a opțiunii de completare a liniei cu utilaj.

8. Durata de funcționare al IF și consumul specific de energie electrică timp de 7 luni (aprilie-octombrie) se reduc în medie cu cca 16%, atunci când direcția de mișcare a fluxului agentului frigorific se modifică în regimurile de răcire a laptelui (de jos în sus) și de acumulare de frig (de sus în jos) în acumulatorul de frig.

3. MODELE MATEMATICE ȘI METODE DE CALCUL A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL.

3.1 Regimurile de răcire a laptelui și acumularea frigului natural și artificial. Cerințe tehnologice și restricții.

Pentru a justifica parametrii și regimurile de funcționare eficiente ale unui sistem de răcire cu consum redus de energie electrică cu IAS și IAC, au fost cercetate două regimuri principale:

- regimul de răcire a laptelui folosind acumulatori de frig natural și artificial (AF)

$$C_A = f(t_{L1}^0, t_{L2}^0, t_{af1}^0, t_{af2}^0, t_o^0, q_{af}, T_r, M_L), \quad (3.1)$$

unde C_A este raportul dintre cantitatea de apă (agent frigorific) din acumulatorul de frig V_{acf} la cantitatea de lapte răcit M_L ; t_{L1}^0 - temperatura inițială a laptelui, înainte de răcire, $^{\circ}\text{C}$; t_{L2}^0 - temperatura finală a laptelui, după răcire, $^{\circ}\text{C}$; t_{af1}^0 este temperatura agentului frigorific la intrare în răcitor sau la ieșirea din acumulatorul de frig și a evaporatorului instalației frigorifice, $^{\circ}\text{C}$; t_{af2}^0 este temperatura agentului frigorific la ieșirea din răcitor, $^{\circ}\text{C}$; t_o^0 - temperatura aerului atmosferic (exterior), $^{\circ}\text{C}$; q_{af} este productivitatea pompei agentului frigorific AF, (m^3/h); T_r este durata de răcire a laptelui, h; M_L - cantitatea de lapte răcit, m^3 ;

- regimul de acumulare a frigului natural și artificial:

$$Q_S = f(t_{L1}^0, t_{L2}^0, t_{af1}^0, t_{af2}^0, t_o^0, q_{af}, T_p, T_a, M_L), \quad (3.2)$$

unde Q_S este capacitatea de răcire a sistemului: sau a instalației frigorifice reîncărcabile, mii kcal/h; T_p - durata de pauză dintre mulșori, h; T_a este durata acumulării de frig, h

Pentru a elabora modele matematice ale proceselor de răcire a laptelui, acumulării de frig și analizei balanței energetice al sistemului, sunt introduse următoarele cerințe tehnologice și restricții:

1. Temperatura finală a laptelui la ieșire din răcitorul în flux după răcire t_{L2}^0 diferă de temperatura apei (agentului frigorific) de la intrare:

în răcitorul în flux t_{af1}^0 cu 2°C [25]

$$t_{L2}^0 = t_{af1}^0 + 2. \quad (3.3)$$

2. Din condițiile de funcționare ale răcitorului în flux, rezultă:

$$q_{af} / q_l = 3, \quad (3.4)$$

q_l - productivitatea pompei de lapte, m^3/h ; q_{af} - productivitatea pompei agentului frigorific, m^3/h ;

3. Temperatura laptelui răcit t_{L2} nu trebuie să depășească 6°C .

$$t_{L2}^0 \leq 6^{\circ}\text{C}; \quad (3.5)$$

4. Durata de răcire a laptelui T_r nu trebuie să depășească 2 ore

$$T_r < 2 \text{ ore}; \quad (3.6)$$

5. Laptele este pre-răcit până la 16°C

$$t_{L1}^0 = 16^{\circ}\text{C}; \quad (3.8)$$

6. Durata acumulării de frig T_a nu trebuie să depășească durata de pauză dintre mulșori T_p :
 pentru două mulșori - 10 ore; pentru trei mulșori - 4 ore.

$$T_a < 10 \text{ h} - \text{pentru două mulșori}, \quad (3.9)$$

$$T_a < 4 \text{ ore} - \text{pentru trei mulșori}. \quad (3.10)$$

7. Neglijăm pierderea de căldură, $\Delta Q = 0^\circ \text{C}$,

8. Temperatura inițială a agentului frigorific t_{af1}^0 este considerată a fi egală cu temperatura aerului atmosferic din exterior t_0^0 , cu condiția că $0 < t_0^0 < 3^\circ \text{C}$

$$t_{af1}^0 = t_0^0, \quad 0 < t_0^0 < 3^\circ \text{C}. \quad (3.11)$$

9. C_{TL} , C_{TA} - capacitățile termice specifice ale laptelui și respectiv ale apei, $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ \text{C})$, le considerăm egale $C_{TL} = C_{TA}$.

10. La umplerea răcitorului capacitiv la jumătate din capacitatea sa, durata de răcire T_r nu trebuie să depășească 2 ore, adică:

$$T_r < 2 \text{ ore}; \quad M_L = 1,25T; \quad T_r = 3T, \quad (3.12)$$

unde T este durata constantei de răcire, h ($3T = 2 \text{ h}$, $T = 0,67 \text{ h}$)

11. Coeficientul de transfer al căldurii în timpul procesului de răcire este egal cu $1,87 \text{ kcal}/\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$ [25]

$$c = C_{TL} / T = 1,25 / 0,67 = 1,87 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C} \quad (3.13)$$

12. V_r - volumul răcitorului capacitiv este luat conform datelor pașaportului și este egal cu $0,25 \text{ m}^3$

$$V_r = M_L / 5 = 0,25 \text{ m}^3 \quad (3.14)$$

3.2 Modele matematice și metode de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux cu amestecarea și fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.

a) Modelul matematic și metoda de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux cu amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.

Să examinăm procesul de răcire a laptelui într-un răcitor în flux cu amestecarea a agentului frigorific în AF și modul de acumulare a frigului în AF, cu scopul de a determina cantitatea necesară de agent frigorific pentru răcirea a 1 tonă de lapte până la 6°C și capacitatea frigorifică a instalației frigorifice Q_{IF} . În Fig. 3.1 este prezentată o schemă tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux și a acumulării de frig natural și artificial cu amestecarea a agentului frigorific în AF.

Ecuția bilanțului energetic a laptelui pentru răcire are forma

$$q_L C_{TL} (t_{L1}^0 - t_{L2}^0) = q_{af} C_{TA} (t_{af2}^0 - t_{af1}^0) \quad (3.15)$$

Ținând cont de parametrii de proiectare a răcitorului, ecuația (3.16) ia următoarea formă

$$(t_{L1}^0 - t_{L2}^0) = 3 \cdot (t_{af2}^0 - t_{af1}^0) \text{ sau}$$

$$t_{af2}^0 = (t_{L1}^0 + 2 t_{af1}^0 - 2) / 3 \quad (3.16)$$

Ecuția bilanțului energetic pentru un acumulator de frig natural cu amestecarea agentului frigorific va fi următoarea:

$$q_{af} \cdot (t_{af2}^0 - t_{af1}^0) \cdot dT_r = V \cdot dt_{af1}^0 \quad (3.17)$$

Ecuțiile (3.16) și (3.17) permit determinarea dependențelor:

$t_{L2}^0 = f(C_A)$ și $t_{af2}^0 = f(C_A)$, unde $C_A = V/M_L$

$$\left. \begin{aligned} t_{af2}^0 &= (t_{af2}^0 + 2 t_{af2}^0 - 2) / 3 \\ q_{af} (t_{af2}^0 - t_{af1}^0) dT_r &= V d t_{af2}^0 \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

Având în vedere că $q_L \cdot T_r = M_L$, $q_{af} = 3 q_L$, $1 / C_A = T_r q_L / V = \tau^*$, după înlocuirea în (3.18) și transformări, obținem un sistem de ecuații care ne permite să determinăm cantitatea necesară de apă (agent frigorific) V , care asigură răcirea laptelui la temperatura necesară t_{L2}^0 cunoscând condițiile inițiale t_{L1}^0, t_0^0, M_L [25,35].

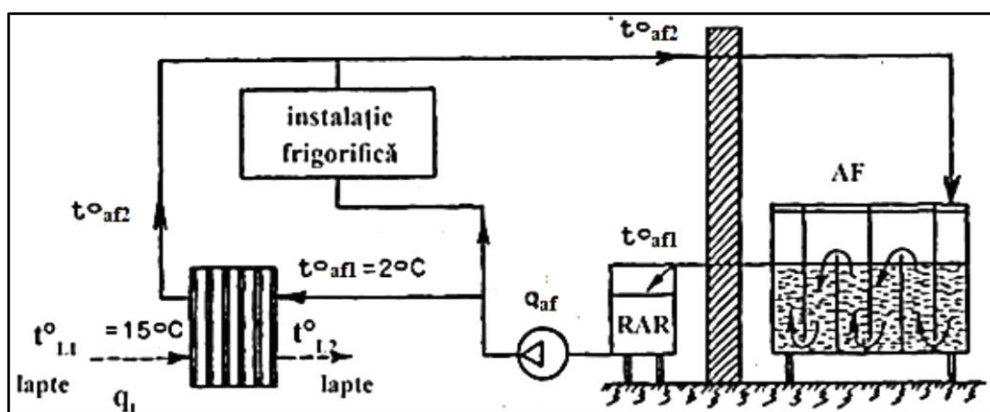


Fig. 3.1 Schema tehnologică a procesului de răcire într-un răcitor în flux și a acumulării de frig natural și artificial cu amestecarea a agentului frigorific în acumulatorul de frig

$$\left. \begin{aligned} t_{af1}^0 &= t_{L1}^0 - 2 - (t_{L1}^0 - t_0^0 - 2) \exp(-\tau), \\ t_{af2}^0 &= (t_{L1}^0 + 2 t_{af1}^0 - 2) / 3, \\ t_{L2}^0 &= t_{af1}^0 + 2 \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

Procesul eficient de răcire a laptelui poate continua până la $t_{L2}^0 = 6^\circ\text{C}$, atunci $t_{af1}^0 = 2...4^\circ\text{C}$. Să exprimăm din expresia (3.19) raportul cantității de agent frigorific la cantitatea de lapte răcit C_A print $t_{L1}^0, t_0^0, t_{af1}^0$

$$C_A = [\ln(\frac{t_{L1}^0 - t_0^0 - 2}{t_{L1}^0 - t_{af1}^0 - 2})]^{-1} = [\ln(\frac{t_{L1}^0 - t_0^0 - 2}{t_{L1}^0 - 6})]^{-1} \quad (3.20)$$

Expresiile (3.19) și (3.20) reprezintă un model matematic al procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux de la acumulator de frig natural cu amestecarea agentului frigorific. Sunt determinate matematic dependențele temperaturii agentului frigorific în AF de temperatura laptelui răcit și multiplicitatea C_A a cantității de agent frigorific V la cantitatea de lapte răcit M_L , în funcție de temperatura inițială a agentului frigorific t_{af1}^0

În ecuația (3.20), valorile C_A și t_{af1}^0 sunt mărimi variabile. În condiții reale, temperatura agentului frigorific t_{af1}^0 în AF nu este setată, prin urmare, pentru a o determina într-o stare stabilă, este necesar să se ia în considerație ecuația bilanțului energetic, unde cantitatea de energie termică din lapte este egală cu cantitatea de energie termică care intră în răcitorul în flux cu agentul frigorific din AF, neglijând pierderile de căldură [25]

$$M_L (t_{L1}^0 - t_{L2}^0) = V (t_{af1}^0 - t_0^0), \quad (3.21)$$

$$C_A = \frac{V}{M_L} = \frac{t_{L1}^0 - t_{L2}^0}{t_{af1}^0 - t_0^0} \quad (3.22)$$

Dacă $t_{af1}^0 = 4^\circ\text{C}$, atunci laptele va fi răcit sub 6°C . Luând în considerație cerințele și limitările tehnologice (3.2) ... (3.11) datele de mai sus și transformând expresiile (3.20) și (3.21) obținem:

$$C_A = [\ln(\frac{t_{L1}^0 - t_0^0 - 2}{t_{L1}^0 + 2t_{af1}^0 - 2})]^{-1} = [\ln(\frac{16}{14 - t_{af1}^0})]^{-1}, \quad (3.23)$$

$$C_A = \frac{V}{M_L} = \frac{t_{L1}^0 - t_{L2}^0}{t_{af1}^0 - t_0^0} = \frac{10}{t_{af1}^0 - 2}. \quad (3.24)$$

Punctul de intersecție a celor două curbe $C_A = f(t_{af1}^0)$ și $C_A = f(t_{af1}^0)$ (Fig. 3.2) este o soluție la problema dată și o variantă rațională a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux prin amestecarea agentului frigorific într-un acumulator de frig natural.

Astfel, pentru a răci laptele într-un răcitor în flux timp de 2 ore de la 16°C la 6°C cu un agent frigorific cu o temperatură inițială de 2°C , este necesară o cantitate de agent frigorific de 2,4 ori mai mare decât cantitatea de lapte răcit. În acest caz, temperatura agentului frigorific în AF la sfârșitul ciclului de răcire va fi de $5,4^\circ\text{C}$.

Având în vedere că t_{L1} și t_0 pot lua valori în intervalele $0 < t_0 < 3^\circ\text{C}$, $8^\circ\text{C} < t_{L1} < 16^\circ\text{C}$, respectiv se determină dependența $C_A = f(t_0^0)$ (Tabelul 3.1 și Fig. 3.3).

Acumularea de frig în AF. Capacitatea de răcire a instalației frigorifice Q_{IF} a sistemului de răcire depinde de tehnologia de muls adoptată la fermă, două mulsori pe zi sau trei mulsori pe zi:

$$Q_{IF} = [M_L (t_{L1}^0 - 6)] / T_p, \quad (3.25)$$

Cu tehnologia existentă de răcire a laptelui, instalația frigorifică funcționează în timpul răcirii și întregul ciclu $T_p = T_r = 2$ ore. Pentru a răci 1 tonă de lapte, capacitatea sa de răcire va fi:

$$Q_{IF} = [M_L (t_{L1}^0 - 6)] / T_p = [10^3 (16 - 6)] / 2 = 5,0 \quad \text{mii kcal/h}$$

Pentru sistemele de răcire care utilizează un acumulator de frig natural, capacitatea frigorifică a unei instalații frigorifice pentru reîncărcare este determinată luând în considerație cerințele tehnologice acceptate și limitările enunțate mai sus.

Tabelul 3.1 Distribuția dependenței raportului C_A a volumului din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura laptelui furnizat pentru răcire t_{LI}° și temperatura aerului atmosferic exterior la ($0 < t_0 < 3^{\circ}\text{C}$).

Amestecarea perfectă a agentului frigorific în AF					
$C_A = V/M_L$	Valorile	$t_0^{\circ} = 0^{\circ}\text{C}$	$t_0^{\circ} = 1^{\circ}\text{C}$	$t_0^{\circ} = 2^{\circ}\text{C}$	$t_0^{\circ} = 3^{\circ}\text{C}$
	$t_{LI}^{\circ} = 8^{\circ}\text{C}$	1,0	1,1	1,4	2,4
	$t_{LI}^{\circ} = 9^{\circ}\text{C}$	1,2	1,4	1,9	3,4
	$t_{LI}^{\circ} = 10^{\circ}\text{C}$	1,4	1,7	2,4	4,4
	$t_{LI}^{\circ} = 11^{\circ}\text{C}$	1,7	2,1	2,9	5,4
	$t_{LI}^{\circ} = 12^{\circ}\text{C}$	2,0	2,4	3,4	6,4
	$t_{LI}^{\circ} = 13^{\circ}\text{C}$	2,2	2,7	3,9	7,4
	$t_{LI}^{\circ} = 14^{\circ}\text{C}$	2,5	3,1	4,4	8,4
	$t_{LI}^{\circ} = 15^{\circ}\text{C}$	2,7	3,4	4,9	9,4

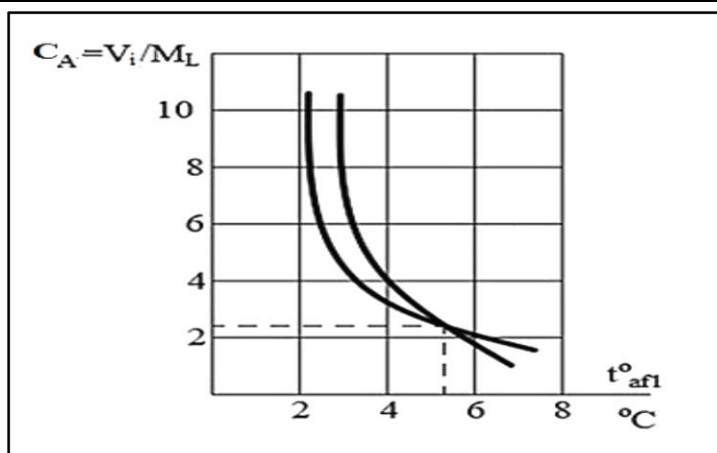


Fig. 3.2 Dependența multiplicității raportului C_A a volumului de agent frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° .

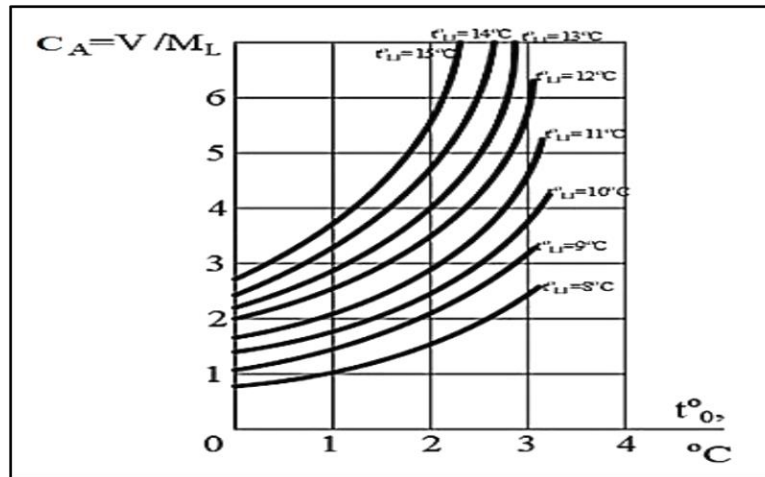


Figura 3.3 Dependența C_A a raportului volumului de agent frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de la temperatura aerului atmosferic exterior t° , cu condiția, că $0 < t^\circ_0 < 3^\circ\text{C}$.

Pentru două mulșori pe zi:

$$Q_{af} = [M_L (t_{L1}^0 - 6)] / T_a = [10^3 (16 - 6)] / 10 = 1,0 \text{ mii kcal/h}$$

Pentru tehnologia de mulș de trei ori pe zi:

$$Q_{af} = [M_L (t_{L1}^0 - 6)] / T_a = [10^3 (16 - 6)] / 4 = 2,5 \text{ mii kcal/h}$$

Astfel, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, acumularea artificială de frig în pauzele dintre mulșori face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice de 5 ori în cazul a două mulșori și de 2 ori în cazul a trei mulșori pe zi.

Dacă de utilizat efectiv rezerva de frig în lapte suprarăcit $t_{L2}^0 = 4 \dots 6^\circ\text{C}$ (aproximativ 2°C), se poate de adăugat lapte încălzit cu $t_{L1}^0 = 16^\circ\text{C}$ și astfel de obținut lapte cu $t_{L2}^0 = 6^\circ\text{C}$. În acest caz, temperatura agentului frigorific din AF va crește mai mult de 4°C . Din aceste condiții, este posibil să se determine productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} , care asigură regimul optim de acumulare de frig de la instalația frigorifică (regimul de reîncărcare a AF)

$$q_{af} = \frac{C_A \cdot M_L}{4} \ln \frac{t_{sr}^0 - 2}{t_{sa}^0 - 2}, \quad (3.26)$$

unde q_{af} este productivitatea pompei agentului frigorific în regimul de acumulare de frig de la instalația frigorifică, (m^3/h); t_{sr}^0 este temperatura agentului frigorific în AF la sfârșitul răcirii laptelui, $^\circ\text{C}$; t_{sa}^0 - temperatura agentului frigorific la sfârșitul acumulării, $^\circ\text{C}$.

La $t_{L1}^0 = 16^\circ\text{C}$ și $t_{L2}^0 = 6^\circ\text{C}$, obținem:

$$C_A = [\ln \frac{t_{L1}^0 - t_{sa}^0 - 2}{t_{L1}^0 - t_{sr}^0 - 2}]^{-1} = [\ln \frac{14 - t_{sa}^0}{14 - t_{sr}^0}]^{-1}, \quad (3.27)$$

$$C_{A1} = \frac{V}{M_L} = \frac{t_{L1}^0 - t_{L2}^0}{t_{sr}^0 - t_{sa}^0} = \frac{10}{t_{sr}^0 - t_{sa}^0}. \quad (3.28)$$

Setând temperatura agentului frigorific la sfârșitul acumulării t_{sa}° , este posibil să se determine valoarea t_{sr}° la care $C_A = C_{A1}$, rezultatele calculului sunt prezentate în Tab.3.2, Fig.3.4 care ne arată dependențele $C_A = f(t_{sa}^{\circ})$ și $q_{af} = f(t_{sa}^{\circ})$ pentru diferite valori ale laptelui prelucrat M_L .

Tabelul 3.2 Dependența productivității pompei agentului frigorific q_{af} și C_A a multiplicității volumului agentului frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura finală a agentului frigorific în timpul acumulării frigului t_{sa}° .

Amestecarea a agentului frigorific în AF							
$t_{sr}^{\circ}, ^{\circ}C$		2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$t_{sa}^{\circ}, ^{\circ}C$		5,7	5,6	5,5	5,3	5,1	5,0
C_A		2,6	2,7	3,6	3,4	4,0	4,6
q_{af} m^3/h	$M_L = 1 m^3$	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,3
	$M_L = 2 m^3$	4,6	3,9	3,3	2,9	2,7	2,5
	$M_L = 3 m^3$	6,8	5,7	4,8	4,4	4,1	3,8

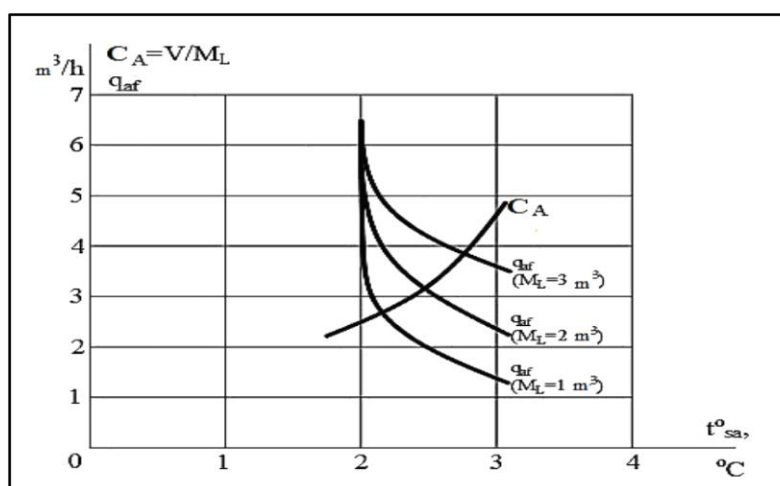


Fig. 3.4 Dependența productivității pompelor agentului frigorific q_{af} și C_A a raportului volumului agentului frigorific în acumulator V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura finală a agentului frigorific în timpul acumulării de frig t_{sa}° .

După cum se vede din graficul de mai sus, cu o creștere a valorii temperaturii de acumulare t_{sa}° , productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} scade exponențial, iar raportul C_A crește. Dacă plecăm de la condiția că $q_{af} = C_A$, atunci punctele de intersecție ale curbelor sunt opțiunea optimă pentru alegerea parametrilor pompei agentului frigorific și a temperaturii finale a agentului frigorific în timpul acumulării de frig t_{sa}° în timpul T_a .

Astfel, odată cu amestecarea a agentului frigorific în AF, utilizarea efectivă a rezervei de frig în laptele suprarăcit permite reducerea raportului dintre volumul agentului frigorific și cantitatea de lapte răcit de 2,1 ori și productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} de 1,4 ... 1,7 ori

în comparație cu metoda de răcire a laptelui, când nu este folosită rezerva de frig din laptele suprarăcit.

b) Modelul matematic și metoda de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.

Să analizăm procesul de răcire a laptelui într-un răcitor în flux (schimbător de căldură) cu răcirea în regim de neamestec a agentului frigorific în AF pentru a determina cantitatea necesară de agent frigorific pentru răcirea 1 tonă de lapte până la 6°C și capacitatea frigorifică a instalației frigorifice Q_{IF} (Fig. 3.5).

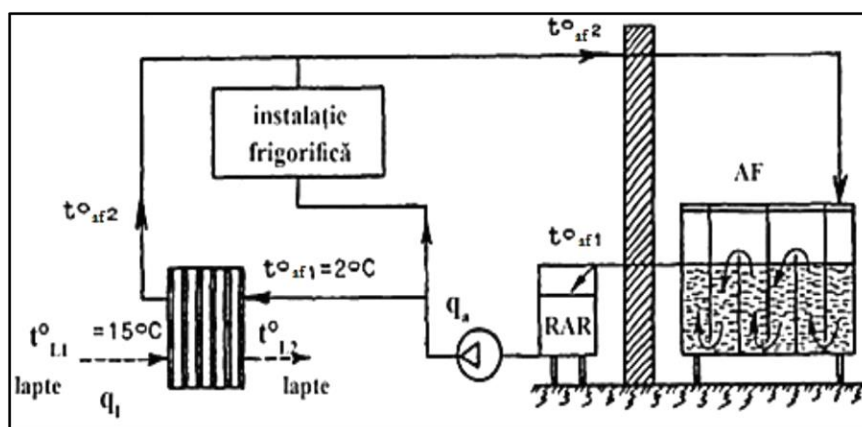


Fig. 3.5. Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor în flux și a acumulării de frig natural și artificial în regim de neamestec a agentului frigorific în acumulatorul de frig (AF)

Din datele de proiectare și tehnologice ale acumulatorului de frig natural rezultă că temperatura agentului frigorific este distribuită în timp pentru diferite cicluri de răcire (pentru comoditate, vom utiliza mai jos t în loc de t^o).

$$t_{af1}^I = t_0, t_{af1}^{II} = t_{af2}^I, \dots, t_{af1}^n = t_{af2}^{n-1}, \quad (3.29)$$

Indicele superioare indică numărul ciclului de funcționare. Ecuația bilanțului energetic pentru un răcitor în flux va consta din mai multe cicluri și vor avea formă după cum urmează:

$$q_L \cdot C_{TL} (t_{L1} - t_{L2}) = q_a \cdot C_{TA} (t_{af2}^I - t_{B1}) \quad (3.30)$$

Ținând cont de parametrii de proiectare ai răcitorului în flux, ecuația (3.30) pentru primul ciclu va lua următoarea formă:

$$t_{af2}^I = (t_{L1} + 2 \cdot t_0 - 2) / 3 \quad (3.31)$$

Pentru cel de-al doilea ciclu:

$$q_L C_{TL} (t_{L1} - t_{L2}) = q_a \cdot C_{TA} (t_{af2}^{II} - t_{af2}^I)$$

$$t_{af2}^{II} = \frac{t_{L1}^0 + 2t_{af2}^I - 2}{3} = \frac{t_{L1}^0 - 2}{3} + \frac{2}{3^2}(t_{L1}^0 + 2t_0 - 2) \quad (3.32)$$

Pentru al treilea ciclu:

$$t_{af2}^{III} = \frac{t_{L1}^0 + 2t_{af2}^{II} - 2}{3} = \frac{t_{L1}^0 - 2}{3} + \frac{2(t_{L1}^0 - 2)}{3} + \frac{2^2}{3^3}(t_{L1}^0 + 2t_0 - 2) \quad (3.33)$$

Pentru ciclul al n-lea, ecuația bilanțului energetic va avea forma:

$$t_{af2}^n = \frac{1}{3}[(t_{L1}^0 - 2)(1 + \frac{2}{3} + \frac{2^2}{3^3} + \frac{2^{n-2}}{3^{n-2}}) + (t_{L1}^0 + 2t_0 - 2)\frac{2^{n-1}}{3^{n-1}}] \quad (3.34)$$

$$n = (2, 3, 4, 5 \dots)$$

În regim de neamestec a agentului frigorific în AF în timpul răcirii laptelui cu un agent frigorific care are $t_{af1} = 2..4^\circ\text{C}$, temperatura laptelui răcit va fi sub 6°C ($t_{L2} < 6^\circ\text{C}$), deoarece o parte din frig va dispărea odată cu laptele răcit. Pentru utilizarea optimă a rezervei de frig și asigurarea răcirii laptelui până la 6°C ($t_{L2} = 6^\circ\text{C}$), raportul dintre cantitatea de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L trebuie să fie egal cu:

$$C_A = \frac{V}{M_L} = \frac{t_{L1}^0 - 6^\circ\text{C}}{t_{L1}^0 - t_{L2}^0} = \frac{3 \cdot (t_{L1}^0 - 6^\circ\text{C})}{t_{L1}^0 - t_{af1}^0 - 2} \quad (3.35)$$

Atunci, luând în considerație cerințele tehnologice și constrângerile adoptate (3.2 ... 3.11), obținem:

$$C_A = \frac{V}{M_L} = \frac{3 \cdot (t_{L1}^0 - 6^\circ\text{C})}{t_{L1}^0 - t_{af1}^0 - 2} = \frac{3 \cdot (16 - 6)}{16 - 2 - 2} = 2,5,$$

$$t_{af2}^0 = (t_{L1}^0 + 2t_0^0 - 2) / 3 = 6,0^\circ\text{C},$$

$$q_{af} = V / T_a = (C_A \cdot M_L) / T_a = (2,45 \cdot M_L) / 4 = 0,63 M_L$$

În Fig. 3.6 este prezentată dependența $C_A = f(t_{af1})$

Astfel, raportul necesar a volumului de agent frigorific la cantitatea de lapte răcit C_A pentru răcirea 1 tonă de lapte până la 6°C va fi de 2,5, la $t_0^0 = 2^\circ\text{C}$. Temperatura agentului frigorific din AF la sfârșitul procesului de răcire va fi $t_{af2}^0 = 6,0^\circ\text{C}$.

Odată cu utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit, raportul dintre cantitatea de agent frigorific și cantitatea de lapte refrigerat C_A și productivitatea pompei agentului frigorific în regimul de acumulare de frig q_{af} în regim de neamestec se va reduce de 1,2 ori.

Comparativ cu regimul de amestecare a agentului frigorific în AF regimul de neamestecare a agentului frigorific permite o reducere de 3,3 ori a productivității pompei agentului frigorific în regimul de acumulare de frig q_{af} și, în consecință, a capacității de refrigerare a instalației frigorifice.

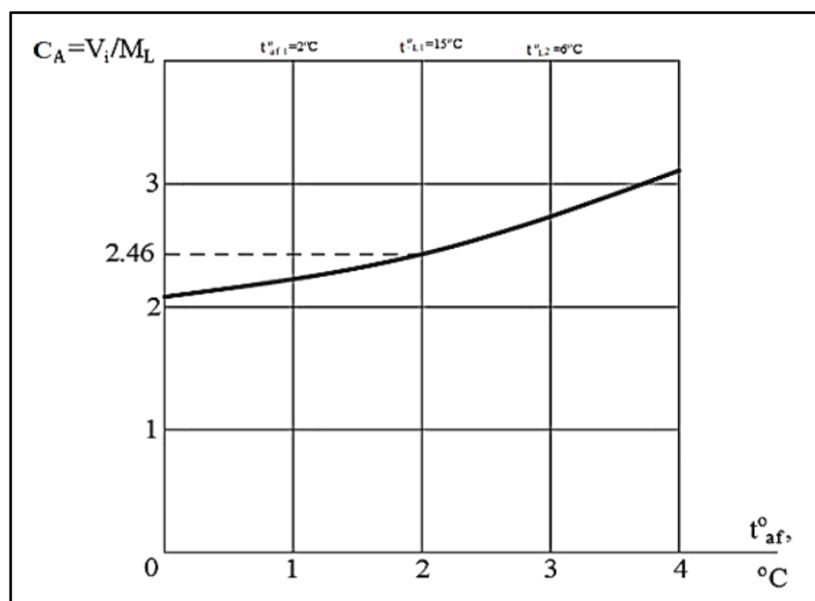


Fig. 3.6 Dependența raportului C_A a volumului de agent frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af}^o .

3.3 Modele matematice și metode de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv cu amestecarea și fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.

a) Modelul matematic și metoda de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv cu amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.

Să examinăm procesul de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv cu amestecarea agentului frigorific în AF, pentru a determina cantitatea necesară de agent frigorific pentru răcirea 1,25 tone de lapte până la 6°C și capacitatea de răcire a instalației frigorifice Q_{if} (Fig.3.7).

În descrierea matematică, analiza și alcătuirea bilanțului energetic al regimului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv cu amestecarea a agentului frigorific în AF, au fost folosite datele și rezultatele cercetării prezentate în lucrările 39 și 109.

Luând în considerație cerințele tehnologice și restricțiile acceptate, vom prezenta forma finală a modelului matematic pentru sistemul cu consum redus de energie electrică. care este alcătuit din trei ecuații de ordinul întâi [25,107]

Din ecuațiile (3.36 ... 3.38), este posibil să se stabilească cel mai mic raport dintre cantitatea de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L la care se asigură răcirea laptelui până la $t_{L2}^o = 6^\circ\text{C}$.

$$\begin{cases} t_{L2}^o = -0,025 \cdot 1,5 \cdot (t_{L2}^o - t_{af2}^o), \\ t_{af1}^o = [0,025 \cdot q_a \cdot (t_{af2}^o - t_{af1}^o)] / (C_a \cdot 1,25) + t_{af1}^o, \end{cases} \quad (3.37)$$

$$= 0,025 \cdot [1,87 \cdot (t_{L2}^o - t_{af2}^o)] + [q_a \cdot (t_{af1}^o - t_{af2}^o)] / 0,025 + t_{af2}^o. \quad (3.38)$$

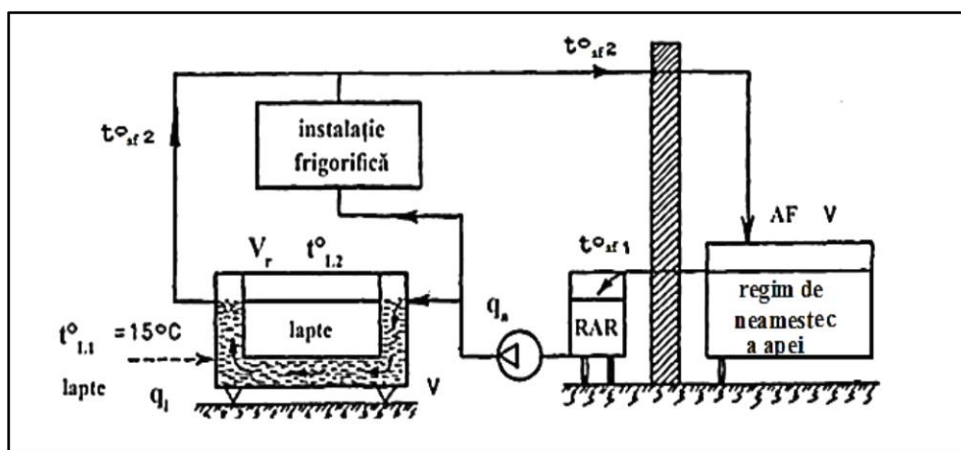


Fig. 3.7 Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv și acumularea în regim de amestec a agentului frigorific în acumulatorul de frig.

. Modelând temperatura laptelui răcit în valorile necesare și creșterea C_A până la o valoare la care obținem $t_{L2}^o = 6^oC$ (Fig. 3.8), dependența $t_{L2}^o = f(t_{af1}^o)$. Rezolvarea ecuațiilor (3.36. ...3.38) arată că la $t_{L1}^o = 16^oC$, $t_{af1}^o = 2^oC$, $T_r = 2$ h, raportul minim dintre volumul agentul frigorific și cantitatea de lapte răcit este $C_A = 3$, adică cantitatea necesară de agent frigorific în AF pentru răcirea a 1,25 tone de lapte până la temperatura de 6^oC ar trebui să fie $V = 3,75$ tone.

În regimul de acumulare de frig, temperatura agentului frigorific la care este necesar să se răcească prin utilizarea unei instalații frigorifice este determinată din expresia:

$$t_{af1}^o = (t_{af1}^k - 2) \exp(-\tau) + 2, \quad (3.39)$$

Unde $\tau^* = T_a / AF_1 = T_a q_{af} / V = 4 q_{ax} / 3,75$; $AF_1 = V / q_{af}$ - constanta de timp a acumulării de frig;

În Fig. 3.8 ... 3.10 sunt prezentate dependențele $t_{L2}^o = f(t_{af1}^o)$ și $q_{af} = f(t_{af1}^o)$, obținute pe baza datelor din tabelele 3.3 ... 3.5, care fac posibilă determinarea următorilor parametri la amestecarea a agentului frigorific în AF:

- raportul optim C_A dintre volumul de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L ;
- productivitatea pompei agentului frigorific q_a în regimul de răcire a laptelui;
- productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} în regimul de acumulare de frig de la instalația frigorifică;
- temperatura agentului frigorific t_{af1}^o până la care este necesar să se răcească agentul frigorific utilizând o instalație frigorifică.

Tabelul 3.3 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}° de temperatura agentului frigorific în acumulatorul de frig natural t_{af1}° la $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$ și diferite valori ale C_A . [106]

Amestecarea perfectă a agentului frigorific în AF, $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$							
Valorile $t_{af1}^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$		2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$C_A =$ V/M_L	$C_A = 2$	6,45	6,52	6,65	6,78	6,91	7,03
	$C_A = 3$	5,69	5,76	5,90	6,05	6,30	6,53
	$C_A = 4$	5,25	5,33	5,48	5,63	5,78	5,93
	$C_A = 5$	4,97	5,05	5,20	5,36	5,51	5,67

Tabelul 3.4 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}° de la temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}° când $C_A=3$ la diferite valori a productivității pompei agentului frigorific q_a . [106]

Amestecarea perfectă a agentului frigorific în AF, $C_A = 3$				
$q_a,$ m^3/h	Valorile	$t_{af1}^{\circ}=2,2^{\circ}\text{C}$	$t_{af1}^{\circ}=2,4^{\circ}\text{C}$	$t_{af1}^{\circ}=2,6^{\circ}\text{C}$
	$q_a = 1$	7,3	7,45	7,6
	$q_a = 2$	6,2	6,4	6,5
	$q_a = 3$	5,9	6,1	6,2
	$q_a = 4$	5,8	5,9	6,0
	$q_a = 5$	5,7	5,8	5,9

Tabelul 3.5 Dependența productivității pompei agentului frigorific a instalației frigorifice q_a de temperatura agentului frigorific în acumulatorul de frig natural t_{af1}° în regimul de acumulare de frig în AF la $C_A = 3$, $V = 3,75 \text{ m}^3$, $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$. [106]

Amestecarea perfectă a agentului frigorific în AF						
$C_A = 3$, $V = 3,75 \text{ m}^3$, $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$						
$t_{af1}^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$\tau^* = 4 - q_{af}/3,75$	3,6	2,9	2,2	1,8	1,5	1,3
$q_a, \text{m}^3/\text{h}$	3,3	2,6	2,0	1,6	1,3	1,2

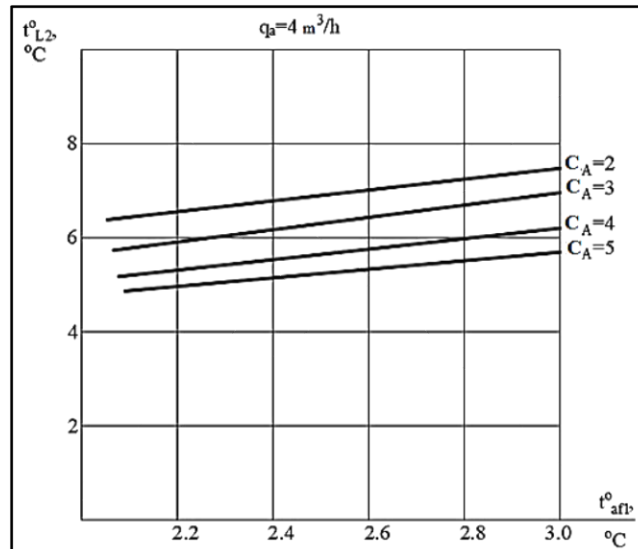


Fig. 3.8 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}^o de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}^o la productivitatea pompei agentului frigorific $q_a = 4 \text{ m}^3/\text{h}$ și diferite valori ale C_A . [106]

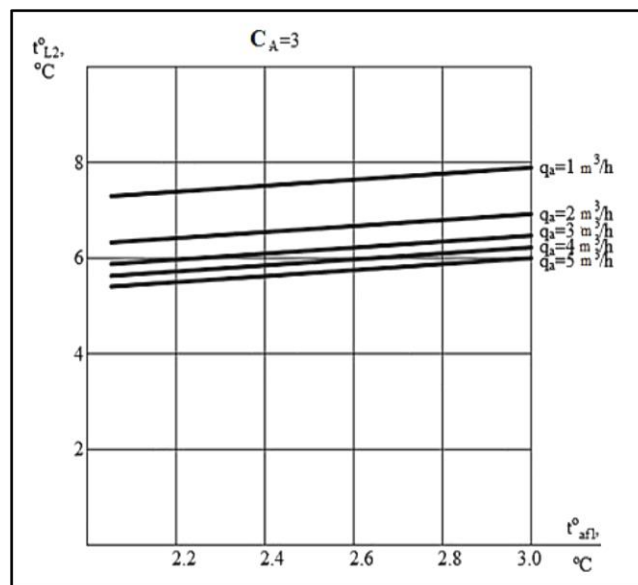


Fig. 3.9 Dependența temperaturii laptelui răcit t_{L2}^o de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1}^o la $C_A=3$ și diferite valori ale productivității pompei agentului frigorific q_a . [106]

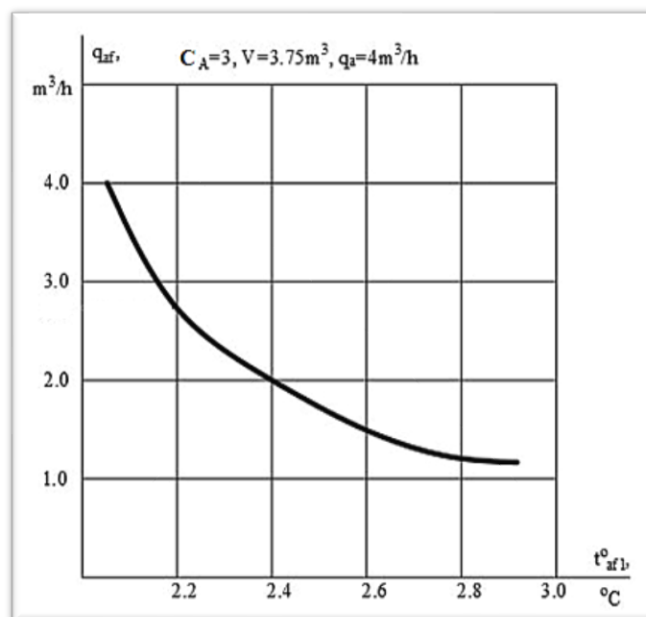


Fig. 3.10 Dependența productivității pompei agentului frigorific a instalației frigorifice q_{af} de temperatura agentului frigorific din acumulatorul de frig natural t_{af1} în regimul de acumulare de frig în AF, când $C_A = 3$, $V = 3,75 m^3$, $q_a = 4 m^3/h$. [106]

Ca rezultat, sa constatat că pentru răcirea laptelui într-un răcitor capacitiv de la $16^{\circ}C$ la $6^{\circ}C$ cu amestecarea agentului frigorific în AF timp de 2 ore, raportul optim C_a dintre volumul de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L ar trebui să fie $C_A = 3$, iar productivitatea pompei agentului frigorific este $q_a = 4 m^3/h$. În acest caz, temperatura agentului frigorific trebuie să fie $t_{af1} = 2,4^{\circ}C$. În regimul de acumulare a frigului de la instalația frigorifică, productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} se reduce de 2 ori și este $q_a = 2 m^3/h$.

Capacitatea de răcire a instalației frigorifice Q_{IF} a sistemului de răcire pentru răcirea a 1 tonă de lapte pentru întregul ciclu la $T_p = T_r = 2h$ pentru liniile standard existente va fi:

$$Q_{IF} = [M_L \cdot (t_{L1}^0 - 6)] / T_p = [1,25 \cdot (16 - 6)] / 2 = 6,25 \text{ mii kcal/h}$$

Pentru sistemele de răcire care utilizează un acumulator de frig natural, capacitatea frigorifică a instalației frigorifice Q_{IF} pentru reîncărcarea sa este determinată luând în considerare cerințele tehnologice acceptate și restricțiile enunțate mai sus. Având în vedere că $T_a < 10$ ore - pentru două mulsori pe zi, $T_a < 4$ ore - pentru trei mulsori pe zi, respectiv, obținem:

Pentru tehnologia de două mulsori:

$$Q_{IF} = [M_L \cdot (t_{L1}^0 - 6)] / T_a = [1,25 \cdot (16 - 6)] / 10 = 1,25 \text{ mii kcal/h}$$

Pentru tehnologia de trei mulsori:

$$Q_{IF} = [M_L \cdot (t_{L1}^0 - 6)] / T_a = [1,25 \cdot (16 - 6)] / 4 = 3,13 \text{ mii kcal/h}$$

Astfel, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, acumularea artificială de frig în pauzele dintre mulșori permite reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice de cca 2 ori pentru trei mulșori și cca 5 ori pentru două de mulșori.

b) Modelul matematic și metoda de calcul a procesului de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv fără amestecarea agentului frigorific în acumulatorul de frig.

Să analizăm procesul de răcire a laptelui într-un răcitor capacitiv în regim de neamestec a agentului frigorific în AF, cu scopul de a determina volumul necesar de agent frigorific pentru răcirea 1,25 tone de lapte până la 6°C și capacitatea de răcire a instalației frigorifice Q_{IF} (Fig. 3.11).

Descrierea matematică, analiza și soluția bilanțului energetic al regimului de răcire a laptelui într-un răcitor de căldură capacitiv fără amestec a agentului frigorific în AF sunt descrise și prezentate în lucrările [13,107,109]. Luând în considerație cerințele tehnologice și limitările acceptate, prezentăm forma finală a modelului matematic descris de două ecuații de ordinul întâi și o ecuație algebrică:

$$t_{L2}^0 = -0,025 \cdot 1,5 \cdot (t_{L2}^0 - t_{af2}^0) \quad (3.40)$$

$$t_{af2}^0 = 0,025 \cdot [7,48 \cdot (t_{L2}^0 - t_{af2}^0) + 4 q_a \cdot (t_{af1}^0 - t_{af2}^0)] + t_{af2}^0 \quad (3.41)$$

$$C_a = (q_a \cdot T_r) / M_L \quad (3.42)$$

Stabilind durata de răcire a laptelui $T_r = 2$ h, determinăm productivitatea pompei agentului frigorific q_a , care asigură răcirea laptelui la $t_{L2}^0 = 6^\circ\text{C}$. Ca rezultat, sa constatat că pentru răcirea laptelui într-un răcitor capacitiv de la 16°C la 6°C în decurs de 2 ore, productivitatea pompei agentului frigorific este de 1,2 m³/h. Cel mai mic raport dintre volumul de agent frigorific V și cantitatea de lapte răcit M_L este:

$$C_a = (q_a \cdot T_r) / M_L = (1,2 \cdot 2) / 1,25 = 1,9$$

În regimul de acumulare de frig de la instalația frigorifică, productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} este determinată din următoarea expresie:

$$q_{af} = V_r / T_a = (q_a \cdot T_r) / T_a = (q_a \cdot 2) / 4 = q_a / 2 = 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Capacitatea de răcire a instalației frigorifice Q_{IF} a sistemului de răcire:

$$Q_{IF} = [M_L \cdot (t_{L1}^0 - 6)] / T_p$$

Pentru a răci 1 tonă de lapte pentru întregul ciclu $T_p = T_r = 2$ h, capacitatea de răcire a instalației frigorifice pentru liniile standard existente va fi:

$$Q_{IF} = [M_L \cdot (t_{L1}^0 - 6)] / T_p = [1,25 \cdot (16 - 6)] / 2 = 6,25 \text{ mii kcal/h}$$

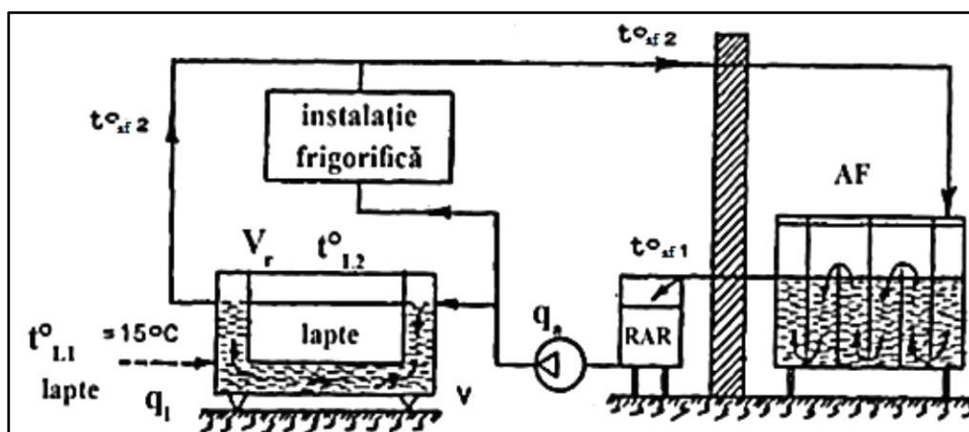


Fig. 3.11 Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un racitor capacitiv și acumularea de frig în regim de neamestec a agentului frigorific în acumulatorul de frig.

Pentru sistemele de răcire care utilizează un acumulator de frig natural, capacitatea frigorifică a instalației frigorifice Q_{IF} pentru reîncărcare lui este determinată luând în considerație cerințele și limitările tehnologice acceptate enunțate mai sus. Având în vedere că $T_a < 10$ ore - pentru două mulsuri, $T_a < 4$ ore - pentru trei mulsuri pe zi, respectiv, obținem:

$$Q_{IF} = [M_L \cdot (t_{L1}^0 - 6)] / T_a = [1,25 \cdot (16 - 6)] / 10 = 1,25 \text{ mii kcal/h}$$

Pentru tehnologia de trei mulsuri:

$$Q_{IF} = [M_L \cdot (t_{L1}^0 - 6)] / T_p = [1,25 \cdot (16 - 6)] / 4 = 3,13 \text{ mii kcal/h}$$

Astfel, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, acumularea artificială de frig în pauzele dintre mulsuri face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice de 5 ori pentru două mulsuri și de 2 ori pentru trei mulsuri.

În tabelul 3.6 sunt prezente caracteristicile comparative ale parametrilor acumulatorului de frig natural și artificial: raportul dintre volumul agentului frigorific și volumul de lapte răcit C_A , productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} pentru reîncărcarea AF și temperatura de acumulare t_{af1} , în funcție de metoda de răcire a laptelui. Cel mai eficient este regimul fără amestec a agentului frigorific, care permite acumularea de frig până la o temperatură mai joasă ($t_{af1}=2^\circ\text{C}$) cu un raport minim al volumelor de agent frigorific față de lapte ($C_A = 2,5$). Odată cu utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit, raportul dintre cantitatea de agent frigorific și cantitatea de lapte refrigerat C_A și productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} în timpul acumulării de frig în regimul fără amestec a agentului frigorific, se micșorează de 1,2 ori.

Tabelul 3.6 Caracteristicile comparative ale parametrilor acumulatorului de frig, productivitatea pompei agentului frigorific pentru reîncărcarea AF și temperatura de acumulare în funcție de metoda de răcire a laptelui. [106]

Parametrii acumulatorului de frig	Metoda de răcire			
	Răcitor în flux		Răcitor capacitiv	
	Cu amestecare	Fără amestecare	Cu amestecare	Fără amestecare
C_A	3,0	2,5	3,0	1,9
$t_{af1}, ^\circ\text{C}$	2,4	2,0	2,4	2,0
$q_{af}, \text{m}^3/\text{h}$	$2-M_L$	$0,63-M_L$	2,0	0,6

3.4 Modelul matematic și metoda de calcul a procesului de acumulare a frigului natural și artificial în acumulatorul de frig.

Un dezavantaj semnificativ al instalațiilor de acest tip este consumul ridicat de material. Raportul dintre capacitatea acumulatorului de frig (AF) și cantitatea de lapte răcit este $C_I = 6$, adică pentru fiecare tonă de lapte răcit este necesar 6 m^3 de capacitate AF. Acest lucru duce la un consum ridicat de metal. Un alt dezavantaj al unor astfel de instalații este automatizarea incompletă.

Scopul AF într-un sistem combinat de răcire a laptelui este acumularea de frig în intervalele de răcire a laptelui. În funcție de cantitatea de lapte răcit și de temperatura inițială a acestuia, durata de încărcare pentru AF se schimbă. Capacitatea frigorifică a compresorului instalației frigorifice, puterea echipamentelor electrice, capacitatea AF trebuie selectate în funcție de cantitatea maximă unică de lapte răcit. La o cantitate mai mică de lapte răcit, durata de funcționare ar trebui să fie mai scurtă. Principalul consumator de energie electrică din instalație este compresorul instalației frigorifice, care în sezonul cald funcționează pentru a încărca AF. Pentru a automatiza procesul de încărcare al AF, este necesar să selectăm parametrul de control și senzorul pentru a obține informații despre starea obiectului de dirijat.

Principalii parametri de control sunt durata de acumulare și temperatura apei în AF.

Durata este un parametru indirect, care nu reflectă starea obiectului de control și reglare. Durata de timp trebuie modificată de fiecare dată când se schimbă cantitatea de lapte răcit.

Temperatura agentului frigorific t_a este un parametru de control mai acceptabil, deoarece caracterizează rezerva de frig în AF. Cu toate acestea, atunci când se reglează în funcție de temperatură, apar o serie de dificultăți care nu pot fi depășite doar prin soluții tehnice simple.

În funcție de schema tehnologică, sunt posibile două regimuri principale de încărcare a AF:

- regimul de amestecare a apei calde și reci;

- regimul fără amestecare.

În primul regim, are loc amestecarea cu apă încălzită, iar temperatura agentului frigorific în întregul volum este rapid egalizată. În al doilea regim, agentul frigorific furnizat dedesubt, fără a se amesteca cu apă caldă, îl deplasează în afară. Temperatura apei în straturile superioare este mai mare decât în cele inferioare.

Să luăm în considerație principalele regimuri de funcționare ale AF automatizate. Dependența temperaturii agentului frigorific t_a în AF de durata de încărcare în regimul de amestecare este exponențială:

$$t_a = t_{af1} \exp(-(\tau / T)) \quad (3.43)$$

unde t_{af1} este temperatura inițială a agentului frigorific, °C; τ – durata de timp, ore; T - constantă de timp al AF.

La rândul său:

$$T_a = V/Q, \quad (3.44)$$

unde V este capacitatea AF, m³; Q - alimentarea cu apă rece, m³/h.

În Fig. 3.12 este prezentat graficul modificării temperaturii agentului frigorific în AF în timpul încărcării.

Modul de dirijare al funcționării AF afectează în mod semnificativ capacitatea sa V și, în consecință, consumul de metal.

Considerăm că regulatorul de temperatură are un setpoint de funcționare pentru t_s și o zonă de Δt_s insensibilitate. Senzorul de temperatură dă un semnal de oprire la o temperatură $t = t_s \pm \Delta t_s$. Respectiv, momentele de timp în care instalația frigorifică este oprită vor fi τ_1 și τ_2 .

Dacă eroarea de răspuns a regulatorului de temperatură are un semn "+", atunci instalația frigorifică se va opri la o temperatură de $t_+ = t_s + \Delta t_s$. Dacă eroarea de răspuns a regulatorului are un semn "-", atunci oprirea va avea loc la temperatura $t_- = t_s - \Delta t_s$. În primul caz AF, nu va fi încărcat suficient, deoarece temperatura sa va fi mai mare decât valoarea calculată, iar în al doilea caz va fi supraîncărcat.

În al doilea caz, timpul de încărcare va crește semnificativ, deoarece punctul de lucru va fi pe partea plană a exponentei graficului din Fig 3.12.

O caracteristică a AF este o mică diferență de temperatură de la începutul și la sfârșitul încărcării. Pentru a putea răci laptele până la $t_{L1} = 4 \dots 6^\circ\text{C}$, așa cum necesită tehnologia, este necesar să avem o temperatură a agentului frigorific t_{af1} la intrarea în răcitor în jur de $1 \dots 2^\circ\text{C}$. Prin urmare, temperatura agentului frigorific din AF nu trebuie să fie mai mare de 4°C . Această temperatură corespunde cu începutul ciclului de răcire a agentului frigorific din AF.

Temperatura agentului frigorific direcționat din evaporatorul IF nu poate fi mai mică de

0°C. Setarea reglatorului de temperatură trebuie să fie aproape de 1°C. Atunci diapazonul de lucru al temperaturilor va fi de 2°C.

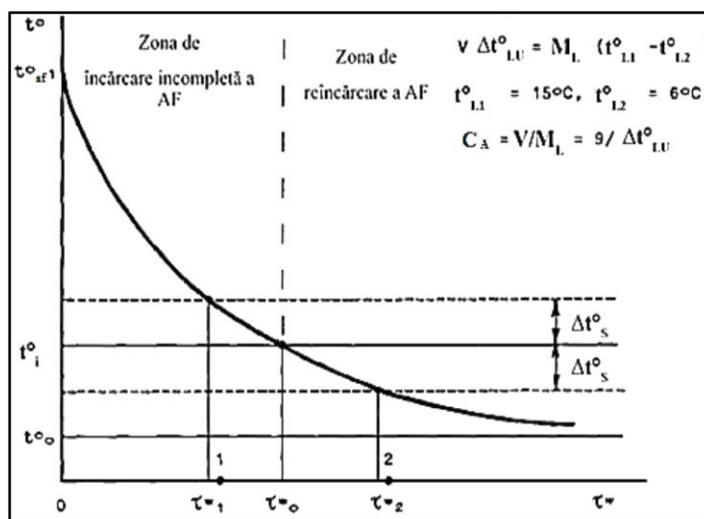


Fig. 3.12 Graficul variației temperaturii t într-un acumulator de frig automatizat (AF) [25,106]

V - capacitatea lui AF, m^3 ; Δt_{Lu}° - intervalul de lucru, $^{\circ}\text{C}$; M_L este cantitatea de lapte răcit, m^3 ; t_{L1}° , t_{L2}° - temperatura inițială și finală a laptelui, $^{\circ}\text{C}$; - raportul cantității de agent frigorific din acumulatorul de frig V la cantitatea de lapte răcit M_L .

Reglatoarele de temperatură produse de industrie au o eroare de ordinul $0,5^{\circ}\text{C}$. În acest caz, IF va fi oprită la o temperatură de răcire de $1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Intervalul de temperatură utilizat va fi de $2,5 \dots 3,5^{\circ}\text{C}$. Capacitatea V depinde de intervalul de lucru al AF. Prin urmare, modul de dirijare al lucrului AF afectează în mod semnificativ capacitatea sa V și, în consecință, consumul de material.

Dependența capacității V al AF de intervalul de lucru al AF este obținută din bilanțul de energie:

$$V \cdot \Delta t_{Lu}^{\circ} = M_L \cdot (t_{L1}^{\circ} - t_{L2}^{\circ}) \quad (3.45)$$

unde V este capacitatea AF, m^3 ; Δt_{Lu}° - intervalul de temperatură, $^{\circ}\text{C}$; M_L , - cantitatea de lapte răcit, m^3 ; t_{L1}° - temperatura inițială a laptelui, $^{\circ}\text{C}$; t_{L2}° - temperatura finală a laptelui, $^{\circ}\text{C}$.

Acceptăm $t_{L1}^{\circ} = 16^{\circ}\text{C}$, $t_{L2}^{\circ} = 6^{\circ}\text{C}$. Atunci :

$$C_A = V / M_L = 10 / \Delta t_{Lu}^{\circ} \quad (3.46)$$

Din ultima ecuație rezultă că capacitatea relativă a AF (capacitatea la $1 m^3$ de lapte) este invers proporțională cu intervalul de lucru al AF. Dacă luăm $\Delta t_{Lu}^{\circ} = 3$, atunci $C_A = 3,3$. În absența automatizării $C_A = 3$ ar trebui considerată valoarea minimă realizabilă. AF existente testate pe liniile tehnologice de răcire a laptelui au $C_A = 3,3$ prin urmare există o rezervă suficientă pentru reducerea materialelor. Vom examina rezervele reducerii consumului specific de energie electrică.

În timpul perioadei de încărcare al AF, puterea instalației frigorifice nu se schimbă. Prin urmare, consumul de energie electrică este determinat de timpul funcționării lui.

Rezerva de frig necesară este proporțională cu cantitatea de lapte răcit, prin urmare, timpul de funcționare al IF ar trebui să se modifice automat în conformitate cu programul de alimentare cu lapte. Dacă cantitatea de lapte răcit este mai mică decât valoarea calculată, care se presupune că este egală cu cantitatea maximă de lapte M_{max} , de la o mulsoare atunci când laptele este răcit, agentul frigorific în AF nu este încălzit până la temperatura calculată t°_1 . Prin urmare, încărcarea AF începe la o temperatură $t'_1 < t_1$ (Fig. 3.12). Respectiv, este necesar de mai puțin timp pentru a răci agentul frigorific datorită frigului furnizat de AF

Prezența unei zone de insensibilitate duce la o încălcare a constantei raportului dintre cantitatea de lapte răcit și timpul de încărcare al AF. Să determinăm cât de semnificativă este influența lărimii zonei de insensibilitate asupra timpului de funcționare al AF. Din ecuația (3.43), timpul de încărcare al AF în unități relative(u. r.) cu o eroare egală cu zero, va fi după cum urmează:

$$\tau_0^* = \tau_{30} / T = \ln [(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) / (t^{\circ}_s - t^{\circ}_0)] \quad (3.47)$$

Cu o eroare negativă ($\Delta t^{\circ}_s < 0$):

$$\tau_{(-)}^* = \ln [(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) / (t^{\circ}_s - \Delta t^{\circ}_s - t^{\circ}_0)] \quad (3.48)$$

Cu o eroare pozitivă ($\Delta t^{\circ}_s > 0$):

$$\tau_{(+)}^* = \ln [(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) / (t^{\circ}_s + \Delta t^{\circ}_s - t^{\circ}_0)] \quad (3.49)$$

La răcirea unei cantități constante de lapte în regimul de amestecare a agentului frigorific, la $t^{\circ}_1 = 4^{\circ}\text{C}$, $t^{\circ}_0 = 1^{\circ}\text{C}$, $t^{\circ}_s = 2^{\circ}\text{C}$, $\Delta t^{\circ}_s = 0,5^{\circ}\text{C}$.

Înlocuind valorile din (3.47), (3.48), (3.49), obținem:

$$\tau_0^* = 1,1; \tau_{(-)}^* = 1,79; \tau_{(+)}^* = 0,69$$

Dacă luăm ca bază τ_0^* , atunci la o eroare negativă, vom avea o creștere a duratei de timp de încărcare al AF comparativ cu reglarea ideală fără amestec a agentului frigorific din AF ($\Delta t^{\circ}_s = 0$) cu 63%, la o eroare pozitivă, o scădere cu 37%. După cum arată calculele, la o eroare pozitivă, temperatura laptelui în loc de valoarea necesară ($6,0^{\circ}\text{C}$) va fi peste $8,0^{\circ}\text{C}$.

Astfel, la o eroare negativă, va exista un exces semnificativ de consum de energie electrică, iar la o eroare pozitivă, va exista o insuficiență de răcirea laptelui. În consecință, opțiunea de automatizare a AF utilizând un senzor de temperatură nu oferă rezultatele necesare în timpul regimului de funcționare de amestecare a apei încălzită cu un agent frigorific.

În regimul fără de amestec a agentului frigorific, senzorul de temperatură va fi declanșat în funcție de mișcarea graniței dintre apa caldă și cea rece, adică de fapt de la nivelul apei reci din AF. În acest caz, setarea și eroarea de temperatură a senzorului nu afectează durata de încărcare a AF, funcționarea AF are loc

întotdeauna cu un volum constant de apă rece. Prin urmare, capacitatea AF trebuie calculată în funcție de cantitatea maximă de lapte răcit. Cu cantități mici de lapte, se va observa un consum excesiv de energie electrică. Dacă alegem durata de încărcare ca parametru de control, atunci la valoarea sa constantă, va exista și un consum excesiv de energie electrică. Corespunderea completă între durata de încărcare al AF și cantitatea de lapte răcit poate fi obținută dacă, în funcție de cantitatea de lapte și de temperatura acestuia, se modifică setarea duratei de timp de încărcare, cu consum specific minim de energie electrică. Pentru a pune în aplicare o astfel de lege de reglementare, este necesar de utilizat un microcontroler, care controlează evidența laptelui și dirijează prelucrarea acestuia [25,106].

Ca rezultat al cercetării efectuate, sa constatat că, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, acumularea de frig artificial în pauzele dintre mulsori face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice de 5 ori cu două mulsori și de 2 ori cu trei mulsori. La amestecarea a agentului frigorific în AF, utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit face posibilă reducerea raportului dintre volumul agentului frigorific și volumul de lapte răcit C_A de cel puțin 2 ori, iar productivitatea pompei agentului frigorific q_{af} de 1,4 ... 1,7 ori comparativ cu metoda de răcire a laptelui, atunci când nu se folosește rezerva de frig din laptele suprarăcit.

Concluzii la capitolul 3

1 Modelele matematice elaborate ale procesului de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial fac posibilă determinarea parametrilor sistemului de răcire, stabilirea unei legături între principalii parametri ai mijloacelor tehnice cu consum redus de energie electrică cu tehnologia de prelucrare a laptelui și cu temperatura aerului atmosferic, minimizarea consumului de energie electrică și utilizarea în mod optim a capacității acumulatorilor de frig natural și artificial

2 S-a propus o metodă pentru calcularea și fundamentarea parametrilor unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică în răcitoare capacitive și în flux cu utilizarea instalațiilor de acțiune sezonieră și a instalațiilor cu acțiune combinată. Au fost cercetate două regimuri de bază de reîncărcare a AF: regimul de amestec, în care agentul frigorific se amesteca cu apă încălzită și temperatura agentului frigorific în întregul volum treptat crește și regimul de neamestec, în care temperatura agentului frigorific rămâne constantă. Studiul și analiza regimurilor au făcut posibilă fundamentarea și determinarea modalităților eficiente de acumulare a frigului natural și artificial.

S-a stabilit că, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, regimul de acumulare de frig artificial, efectuat în pauzele dintre mulsuri, face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice reîncărcabile de până la 5 ori pentru două mulsuri și până la 2 ori pentru trei mulsuri. Utilizarea rezervei de frig în laptele suprarăcit cu amestecarea a agentului frigorific în AF, permite reducerea raportului dintre volumul agentului frigorific și volumul laptelui răcit de cel puțin 2 ori, iar productivitatea pompei agentului frigorific de 1,4 ... 1,7 ori comparativ cu metoda tradițională de răcire a laptelui.

3 Cel mai eficient regim este deplasarea agentului frigorific fără amestec în AF, care permite acumularea de frig până la o temperatură mai mică de 2°C cu un raport minim dintre volumul agentului frigorific și lapte $C_A = 2,45$. Odată cu utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit, raportul dintre cantitatea de agent frigorific și cantitatea de lapte răcit și productivitatea pompei agentului frigorific în timpul acumulării de frig în regim fără de amestec în AF sunt reduse de 1,2 ori. În comparație cu regimul de amestec, regimul de neamestec a agentului în AF permite de cel puțin de 2 ... 3 ori reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice reîncărcabile.

4 S-a stabilit că utilizarea acumulatorilor de frig natural și artificial în linia tehnologică cu pre-răcirea laptelui face posibilă reducerea consumului specific de energie electrică pentru răcire în sezonul rece al anului de cca 9,3 ori, puterea instalată a utilajelor electrice și capacitatea de răcire a instalațiilor frigorifice reîncărcabile de până la 3 ori, consumul de materiale pentru elaborarea acumulatorilor de până la 6 ori, mărirea capacității de acumulare a sistemului de cca 2 ori, comparativ cu metodele tradiționale de răcire a laptelui cu frig natural.

4. CERCETAREA REGIMURILOR DINAMICE, ENERGETICE ȘI DE AUTOMATIZARE A ECHIPAMENTELOR LINIILOR PENTRU PRELUCRAREA PRIMARĂ A LAPTELUI CU UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI ARTIFICIAL (PE EXEMPLUL REGIUNII DE NORD A RM).

4.1 Cercetarea regimurilor dinamice ale liniei tehnologice pentru prelucrarea laptelui cu consum redus de energie electrică.

Modelele dinamice ale majorității obiectelor liniilor tehnologice cu consum redus de energie electrică sunt obiecte complexe cu parametri distribuiți și neliniari. Cu toate acestea, în multe cazuri, într-un punct al unei stări date, caracteristicile lor se liniarizează și în majoritatea cazurilor modelele dinamice ale unor astfel de obiecte cu o precizie suficientă pentru calculele tehnice pot fi înlocuite cu o sinteză a parametrilor verigilor elementare[33,106]. Datorită complexității obiectelor de control, mai multe procese pot avea loc simultan în linii tehnologice, de exemplu, hidrodinamice, termice, de masă. Prin urmare, atunci când se dezvoltă modele matematice, pot fi luate în considerare diferite niveluri de modelare, de la procese individuale la secțiuni tehnologice întregi.

În Fig. 4.1 sunt prezentate ciclogramele funcționării verigilor liniei în perioadele calde (a) și reci (b) ale anului. În perioada rece (b), datorită utilizării pre-răcirii laptelui și a frigului natural al aerului atmosferic, pompa sistemului de răcire a condensatorului 4 și compresorul 5 al utilajului frigorific nu sunt utilizate. Ciclograme de funcționare a utilajului automat cu o acționare electrică controlată discret, cum ar fi un separator de aer 1 al pompei de lapte, un dispozitiv de reglare (dozator) 2, o pompă de lichid de răcire 3, precum și o unitate de control al programului pentru un agitator al rezervorului de lapte 6, având o frecvență mare de comutare, în figură este condiționat arătat de o linie continuă.

Ciclogramele dinamice ale acumulatorilor de frig natural și artificial și modul lor de funcționare sunt prezentate în Fig. 4.2.

Analiza regimurilor dinamice de funcționare a utilajului liniei tehnologice cu tehnologia cu consum redus de energie electrică indică că blocul de dirijare al pompei de lapte a separatorului de aer 1, pompei distribuitorului 2, pompei lichidului de răcire 3, precum și dispozitivul de amestecare al rezervoarelor de termos, are o frecvență mare de operații ($3 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-6}$ operații /h) [25,106], care în procesul de utilizare a utilajului pe bază de relee prin contacte afectează operabilitatea și fiabilitatea utilajului electric ale verigilor și ale întregului sistem în ansamblu. Prin urmare, pentru a îmbunătăți calitatea funcționării liniei, fiabilitatea acesteia, este necesar de utilizat indicatori de fiabilitate ridicată, folosind circuite de control combinate, inclusiv elemente de contacte cu relee și elemente fără contact realizate pe circuite

integrate, elemente logice și contacte controlate magnetic.

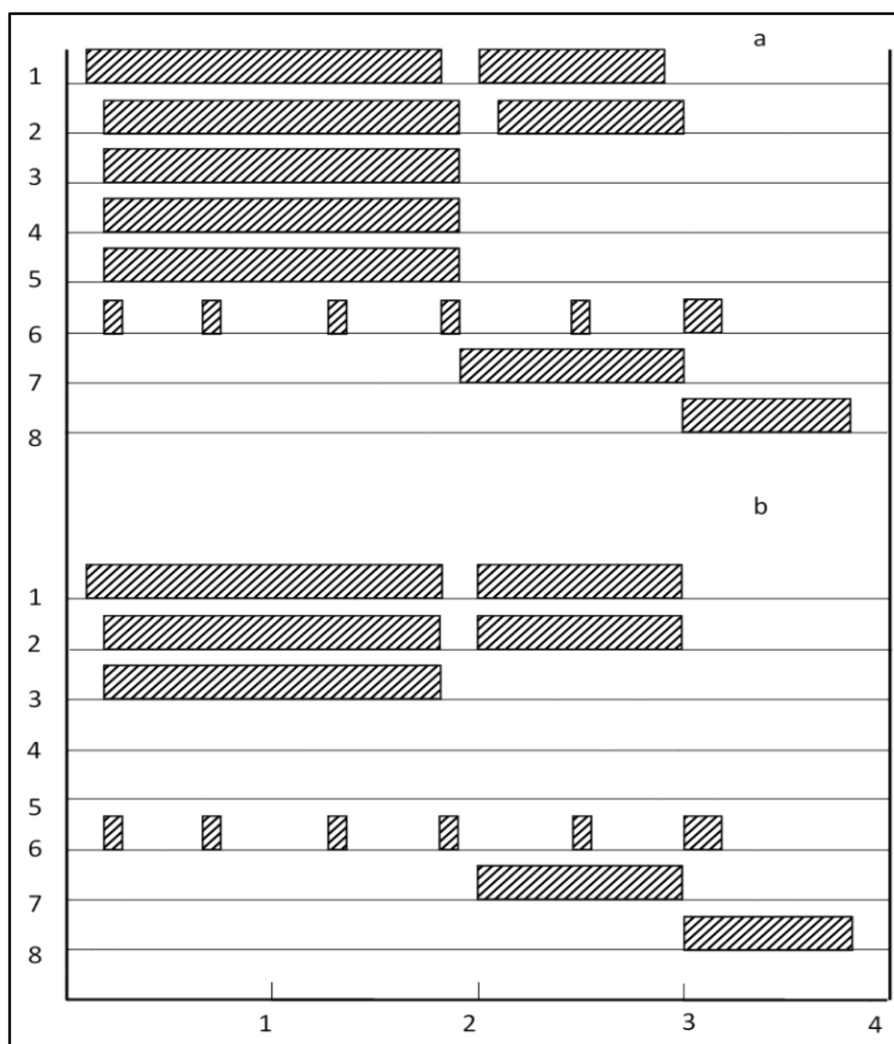


Fig. 4.1. Ciclograme de funcționare a liniei de prelucrare a laptelui cu consum redus a energiei electrice pentru ferma de lapte în perioadele calde (a) și reci (b) ale anului:

1 - separator de aer universal al pompei de lapte PLU-6; 2 - pompa de lapte; 3 - pompă de lichid de răcire; 4 - pompă pentru sistemul de răcire a condensatorului utilajului frigorific; 5 - compresorul utilajului frigorific; 6 - dispozitiv de amestecare pentru rezervorul de lapte al termosului; 7 - pompă pentru spălarea în circulație a sistemelor de alimentare cu lapte; 8 - pompa de lapte a sistemului de distribuire a laptelui de la fermă

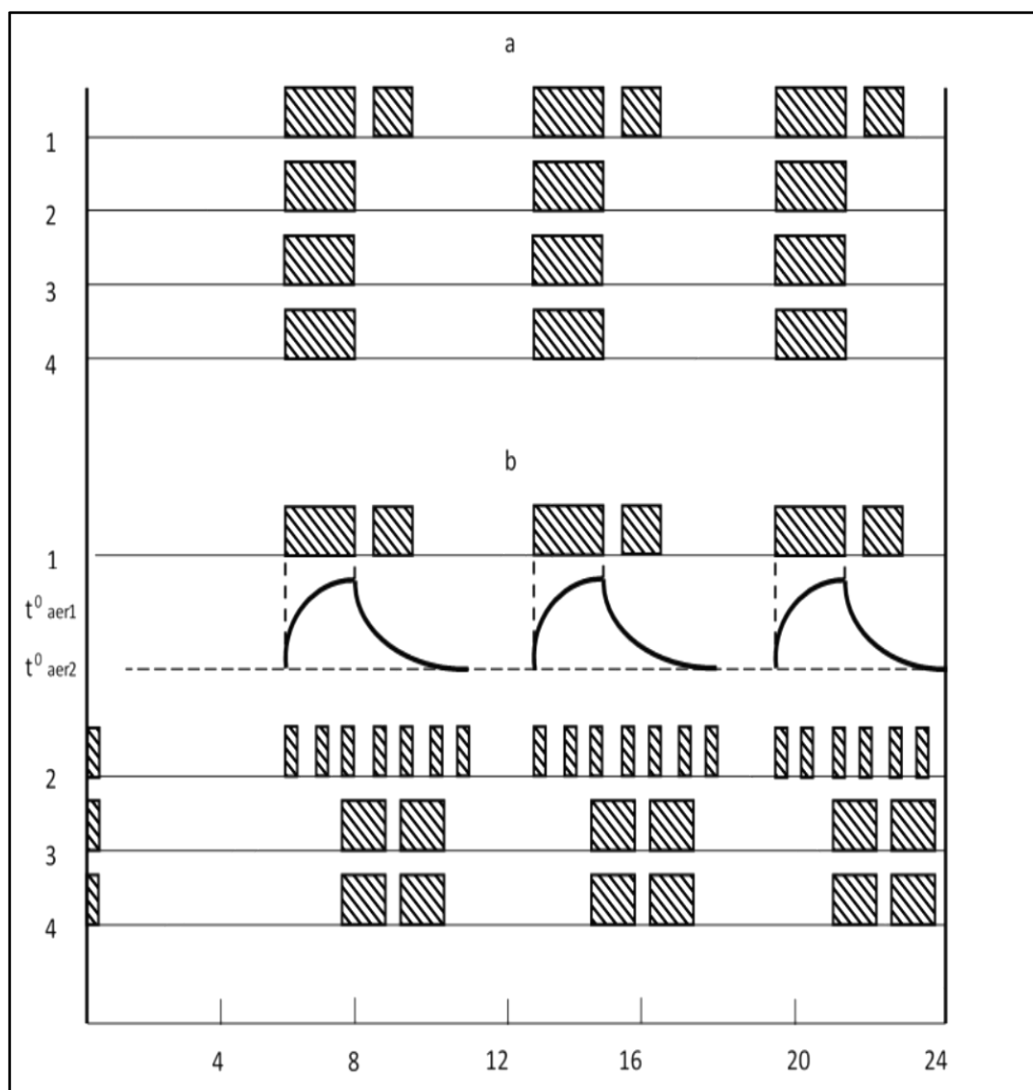


Fig. 4.2. Ciclograme de funcționare a sistemului de răcire a laptelui din linia tipică (a) și linia cu consum redus de energie electrica (b)

1 - pompa de lapte; 2 - pompă de lichid de răcire; 3 - pompă pentru sistemul de răcire a condensatorului utilajului frigorific; 4 - compresorul utilajului frigorific;

4.2. Cercetarea regimurilor energetice de funcționare a liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui.

Distribuția fluxurilor de energie și influența acestora asupra bilanțului energetic al sistemului de răcire și al liniilor în ansamblu se obțin prin modelarea fluxurilor verigilor liniilor pe baza analizei principalelor regimuri de funcționare. Apoi, prin modelare și calcul, a fost efectuată o evaluare cantitativă a fluxurilor de energie ale unei linii tipice și ale unei linii cu tehnologie cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui.

Un caz particular de soluționare a problemelor în modelarea fluxurilor de energie ale liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui, care are o mare importanță practică, este determinarea capacității

energetice a instalațiilor de acumulare și a bilanțului energetic a liniei în ansamblu [106].

Cantitatea de bază a energiei electrice, consumata de către linia tehnologică, este furnizata din rețeaua electrică, restul - sub formă de energie termică a laptelui și a apei. O parte din energia electrică furnizată este consumata pentru deplasarea laptelui prin conducte, curățarea centrifugală, tratamentul termic (încălzire, răcire), încălzirea apei, spălarea utilajului, iar altă parte este dispersată în mediu înconjurător și se consumă cu apa și laptele prelucrat.

Evaluarea cantitativă a fluxurilor de energie electrică se realizează pe baza ecuației bilanțului energetic al liniei tehnologice, ca un sistem unic, care, în general, are forma [33,106]

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^M \sum_{m=1}^C \sum_{i=1}^n (W_1, W_2, \dots, W_i, \dots, W_n) = \\ = \sum_{j=1}^M \sum_{m=1}^C \sum_{i=1}^n (W'_1, W'_2, \dots, W'_i, W'_n) + \\ + \sum_{j=1}^M \sum_{m=1}^C \sum_{i=1}^n (W''_1, \dots, W''_2, \dots, W''_i, \dots, W''_n) \end{aligned} \quad (4.1)$$

unde: W_i - este cantitatea de energie electrică furnizată dispozitivului i , a mașinii m , a verigii j ;

W'_i - cantitatea de energie electrică consumata de dispozitivul i al mașinii m , a verigii j pentru a efectua lucrări utile;

W''_i - cantitatea de pierderi de energie electrică de dispozitivul i , a mașinii m , a verigii j ;

M - numărul de verigi j din linia de producție;

C - este numărul de mașini m din veriga j a liniei tehnologice;

În Fig. 4.3 ... 4.5 (Anexa 3) sunt prezentate diagramele fluxurilor de energie electrică ale unei linii tehnologice tipice și, respectiv, a unei linii cu consum redus de energie electrica, pentru anotimpurile calde și reci ale anului. Valorile fluxurilor de energie electrică obținute din [33,34,106] sunt indicate în tabelurile 4.1 și 4.2.(Anexa 4).

Pentru comoditatea analizei, componentele bilanțului energetic (fluxurile de energie) sunt grupate în funcție de tipurile de energie consumată

Schema fluxurilor de energie luând în considerare grupările componentelor bilanțului energetic este prezentată în Fig. 4.6.

Primul grup (pentru liniile existente) include energia termică conținută în lapte, care este direcționată către linia tehnologică ΣW_1 [60]

$$\Sigma W_1 = \Sigma W''_1 + W'_1, \quad (4.2)$$

unde, $\Sigma W''_1$ - pierderi de energie în timpul răcirii laptelui în conducte

W''_1 - energia laptelui transportată de agentul de răcire în aerul ambiant.

Al doilea grup ΣW_2 include fluxurile de energie ale verigilor tehnologice ale liniei (ventilatoare W_{TA} , pompe W_C , W_1 și pompe de amestecare W_M , pompe de lichid de răcire W_{AF} și sisteme de spălare W_n), ale căror regimuri de funcționare pentru orice tip de linie practic rămân aceiași pe tot parcursul anului și nu afectează bilanțul energetic [25,106]

$$\Sigma W_2 = \Sigma W'_2 + \Sigma W''_2, \quad (4.3)$$

unde, W'_2 - energia consumată de verigile tehnologice pentru realizarea întregului proces tehnologic: evacuarea laptelui din magistrala cu vid W'_{vid} , deplasarea laptelui prin conducte W_C , W_F , amestecarea acestuia în rezervoare în timpul depozitării W_M , deplasarea agentului frigorific W_{AF} , deplasarea apelor și soluțiilor de spălare prin conducte la spălarea utilajului tehnologic și a sistemului în ansamblu W_{SP} ;

$\Sigma W''_2 = W''_{vid} + W''_C + W''_M + W''_{AF}$ - pierderi de energie în procesul de transformare a acesteia din energie electrică în energie mecanică.

Fluxurile de energie ale compresoarelor W_C și ale pompelor de apă circulante W_{AC} sunt destinate celui de-al treilea grup ΣW_3 , deoarece modul lor de funcționare, în funcție de tehnologie și de tipul liniei, se modifică pe parcursul anului și afectează bilanțul energetic al liniei [25,35,106]

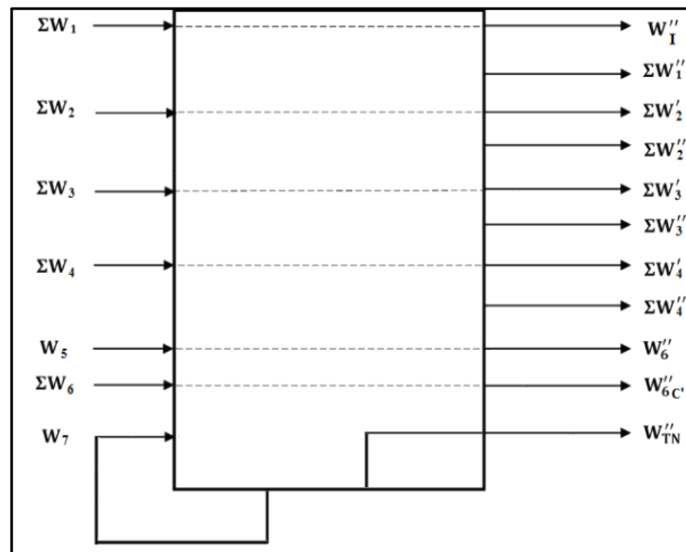


Fig. 4.6. Schema fluxurilor de energie a liniei tehnologice pentru prelucrarea laptelui cu consum redus de energie electrica, luând în considerare gruparea componentelor bilanțului energetic

$$\Sigma W_3 = W'_3 + W''_3, \quad (4.4)$$

unde, W'_3 - este energia electrică consumată pentru comprimarea vaporilor agentului frigorific W'_C și deplasarea apei circulante pentru răcirea condensatorului utilajului frigorific W'_{AC} ;

$\Sigma W''_3 = W''_C + W''_{AC}$ - pierderi de energie în procesul de convertire a acesteia din energie

electrică în energie mecanică.

Al patrulea grup de consumatori de energie include fluxurile de energie ale ventilatoarelor turnului de răcire ΣW_4 , deoarece linia tehnologică cu economisire a energiei nu necesită turnul de răcire .

$$\Sigma W_4 = W'_4 + W''_4, \quad (4.5)$$

unde, ΣW_4 - este energia totală consumată pentru direcționarea aerului la răcirea apei în turnul de răcire;

$\Sigma W''_4$ - pierderi de energie în procesul de transformare a acesteia din energie electrică în energie mecanică.

A cincea și a șasea grupă includ energia furnizată liniei cu apă din sursele de alimentare cu apă a fermei W_5 și energia consumată pentru încălzirea apei pentru curățarea sistemului ΣW_6 [106,107]:

$$\Sigma W_6 = W''_6 + W''_{6C}, \quad (4.6)$$

unde, W''_6 - este pierderea de energie la răcirea apei în conducte în timpul curățirii;

W''_{6C} - pierderea de energie la direcționarea apei uzate în sistemul de canalizare.

Pentru comoditatea prezentării și a analizei ulterioare a ecuațiilor bilanțurilor energetice ale liniilor tehnologice, componentele individuale ale pierderilor sunt grupate pe tipuri de energie:

electrice și mecanice ale pompelor și ale ventilatoarelor

$$\Sigma W''_{EM1} = \Sigma W''_2 + \Sigma W''_4, \quad (4.7)$$

$$\text{termică } \Sigma W''_{T1} = W''_1 + \Sigma W''_1 + W''_6 + W''_{6C}, \quad (4.8)$$

Ca rezultat, ecuația bilanțului energetic pentru o linie tehnologică tipică, luând în considerare expresiile (4.3) ... (4.8), va avea următoarea formă [60]

$$\begin{aligned} \Sigma W_1 + \Sigma W_2 + \Sigma W_3 + \Sigma W_4 + W_5 + \Sigma W_6 = \\ \Sigma W'_2 + \Sigma W'_3 + \Sigma W''_3 + \Sigma W'_4 + \Sigma W''_{EM1} + \Sigma W''_{T1}, \end{aligned} \quad (4.9)$$

Calculul componentelor ecuației bilanțului energetic au fost efectuate utilizând materialele unei anchete statistice și caracteristicile utilajului tehnologic pentru ferme în conformitate cu datele [25,106,107] și tabelul. 4.3 Rezultatele sunt prezentate în Tabelul 4.4.

Analiza componentelor ecuației (4.9) arată că există rezerve pentru îmbunătățirea caracteristicilor energetice ale liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui. Aceste rezerve includ utilizarea energiei termice a laptelui furnizat pentru prelucrare ΣW_1 (în medie 266 kWh/zi). Utilizarea răcirii naturale a aerului și a apei pentru răcirea laptelui este, de asemenea, o mare rezervă. Această operație consumă în medie 282 kWh pe zi $\Sigma W_3 + \Sigma W_4$, ceea ce reprezintă 28% din cantitatea totală de energie consumată de linie pentru prelucrarea zilnică a laptelui.

În linia tehnologică de prelucrare a laptelui cu consum redus de energie electrică, datorită sistemelor de pre-răcire a laptelui și a acumulării de frig natural și artificial, capacitatea de răcire și capacitatea instalată a

utilajului frigorific sunt semnificativ reduse. Tot odată, energia termică conținută în lapte pentru prelucrare este utilizată pentru încălzirea apei care este direcționată pentru necesitățile tehnologice ale fermei pe tot parcursul anului.

În sezonul rece, utilizarea sistemelor naturale reci permit răcirea laptelui fără utilizarea compresoarelor W_C , a pompelor de apă circulantă W_{AP} și a ventilatoarelor turnului de răcire W_4 . În plus, cu această tehnologie, necesitatea unui turn de răcire dispare, deoarece condensatorul utilajului frigorific este răcit de apa curentă, care se încălzește în timpul procesului de răcire și este destinată necesităților tehnologice ale fermei.

Prin urmare, ecuațiile bilanțului energetic al liniei tehnologice cu consum redus de energie electrică pentru perioadele calde și reci ale anului sunt diferite:

Tabelul 4.3 Caracteristici și regimuri de funcționare a verigilor liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui

Numele mecanismelor de acționare ale verigilor liniilor tehnologice	Linie tipică			Linie tehnologică cu consum redus a energiei electrice					
	Cant, buc	N_{mot} , W	T_{med} , h/zi	Cant, buc	N_{mot} , kW	T_{med} , h/zi	Cant, buc	N_{mot} , kW	T_{med} , h/zi
Pompa separatoare de aer	4	1,1	3,5	4	1,1	3,6	4	1,1	3,4
Pompa de lapte	1	1,1	4,5	1	1,1	4,5	1	1,1	3,75
Compresor frigorific	2	15	6,0	1	15,0	6,0	-	-	-
Pompa de agent frigorific	2	1,5	6,0	1	1,5	6,0	1	1,5	6,0
Pompa turnului de răcire	2	4,0	6,0	-	-	-	-	-	-
Ventilatorul turnului de răcire	2	1,5	6,0	-	-	-	-	-	-
Dispozitiv de agitat a rezervorului termos	2	0,75	1,5	2	0,75	1,5	2	0,75	1,5
Pompa de distribuire a laptelui	1	0,75	1,5	1	1,1	1,4	1	1,1	0,65
Pompa de spălare	1	7,5	3,0	1	7,5	3,0	1	7,5	3,0

Tabelul 4.4 Distribuția fluxurilor de energie ale unei linii tipice de prelucrare a laptelui și a unei linii cu consum redus de energie electrica.

Energia	Verigi tehnologice	Identificarea componentelor a bilanțului energetic	Energia medie zilnică kWh, pe linia tehnologică			
			tipica	cu consum redus a energiei electrice		
			anual	anual	Perioada caldă	Perioada rece
LIVRARE DE ENERGIE						
Termică din lapte	Motor electric a: pompei de lapte, apă,; compresoare, pompe de circulație a apei; ventilatoarele turnului de răcire. Încălzitor de apă electric,. Încălzitor de apă electric Încălzitor de apă electric	ΣW_1	266,6	266,6	430,0	201,0
Electrică		ΣW_2	80,0	66,0	68,0	65,0
		ΣW_3	260,0	63,0	126,0	-
		ΣW_4	23,4	-	-	-
Termică din apă		ΣW_5	32,7	230,0	300,0	158,0
Electrică						
Termică din apă		ΣW_6	322,8	253,0	251,0	256,0
		W_7	-	36,1	39,0	35,0
CONSUM DE ENERGIE						
Mecanică	Pompe de lapte, apă. lichidului de răcire; compresoare, pompe de recirculație a apei; ventilatoarele turnului de răcire. Rezervor de apă caldă	$\Sigma W'_2$	64.0	53,0	55,0	52,0
		$\Sigma W'_3$	226.0	55.0	113.0	-
		$\Sigma W'_4$	18.1	-	-	-
Termică		W''_{NT}	-	426,0	560,0*	260,0*
PIERDERE DE ENERGIE						
Termică	Conducte, rezervoare, cisterna pentru lapte _Motoare electrice; a pompei de lapte, de apă, a compresorului.	$\Sigma W''_{T1}$	660,0	410,0	430,0	390,0
Electromecanică		$\Sigma W''_{EM}$	21,0	13,0	13.2	12.0
ă		$\Sigma W'_3$	31.0	8,0	15.1	-

* Inclusiv energia apei din surse de alimentare cu apă a fermei.

pentru sezonul cald:

$$\begin{aligned} \Sigma W_1 + \Sigma W_2 + \Sigma W_3 + W_5 + \Sigma W_6 + W_7 = \\ \Sigma W'_2 + \Sigma W'_3 + \Sigma W''_3 + \Sigma W''_{EM1} + \Sigma W''_{T1} + \Sigma W''_{TN}, \end{aligned} \quad (4.10)$$

pentru sezonul rece:

$$\begin{aligned} \Sigma W_1 + \Sigma W_2 + W_5 + \Sigma W_6 + W_7 = \\ \Sigma W'_2 + \Sigma W''_{EM1} + \Sigma W''_{T1} + \Sigma W''_{NT}, \end{aligned} \quad (4.11)$$

unde: W_7 - este energia regenerată pentru preîncălzirea apei utilizata pentru spălarea utilajului și a sistemului în ansamblu;

W''_{NT} - este energia apei folosită pentru necesitățile tehnologice ale fermei.

Energia termică recuperată utilizată pentru încălzirea apei pentru necesitățile fermei și spălarea sistemului este determinată din expresia:

$$\Sigma W_P = W_7 + W''_{TN} \quad (4.12)$$

Capacitatea necesară de răcire a utilajului frigorific pentru liniile tehnologice cu acumulare de frig natural și artificial este determinată din expresia [60]

$$N_{ax} = T_{EF} \cdot (N_{CNR} - n) / T_C \quad (4.13)$$

unde: N_{CNR} - este capacitatea necesară de răcire a utilajului frigorific în sistemele de răcire a laptelui (tipice) existente;

n - este capacitatea de răcire echivalentă a sistemului de pre-răcire;

T_{EF} - este timpul efectiv de funcționare al utilajului frigorific în sistemele de răcire (tipice) existente;

T_C - durata dintre ciclurile de muls.

Analiza numerică a ecuațiilor bilanțului energetic arată că, prin utilizarea energiei termice a laptelui și a căldurii de condensare a agentului frigorific al utilajului frigorific, cel puțin 450 kWh pe zi pot fi utilizați pentru încălzirea apei.

$$\Sigma W_P = W_7 + W''_{TN} \quad (4.14)$$

În sezonul rece, utilizarea instalațiilor care acumulează frig natural pentru răcirea laptelui în fermele situate în regiunea de nord a RM, permite funcționarea efectivă fără utilajul frigorific timp de 3...6 luni pe an cu economisirea a cel puțin 280 kWh de energie electrică pe zi .

$$\Sigma W_{AR} = (\Sigma W_3 + \Sigma W_4) \quad (4.15)$$

În sezonul cald, datorită răcirii preliminare a laptelui, consumul de energie pentru răcirea acestuia este redus cu cca 40, iar capacitatea de răcire și capacitatea instalată a utilajului frigorific sunt reduse de 2 ori. Acest lucru permite o economie de cel puțin 155 kWh de energie electrică pe zi.

$$\Sigma W_{AC} = \Sigma W_3 / 2 + \Sigma W_4 \quad (4.16)$$

Caracteristicile energetice comparative ale unei linii tehnologice tipice pentru prelucrarea laptelui și ale unei linii cu consum redus a energiei electrice sunt prezentate în tab.. 4.4.

Astfel, utilizarea acumulatorilor de frig natural și artificial în liniile tehnologice pentru prelucrarea laptelui, generează un mare efect economic și nu necesită costuri capitale semnificative și modificări ale sistemelor de echipamente electrice existente.

Acestea oferă următoarele avantaje principale:

- reducerea costurilor capitale pentru utilajul frigorific, datorită unei reduceri semnificative a capacității sale instalate;
- reducerea consumului de energie electrică pentru răcirea laptelui în sezonul rece (de până la 9,3ori);
- reducerea consumului specific de energie electrică pentru răcirea laptelui;
- creșterea fiabilității sistemelor frigorifice;
- descentralizarea sistemelor de răcire, reducerea costurilor capitale și defecțiunilor utilajului tehnologic.

4.3. Investigarea daunelor în cazurile de refuz a sistemului utilajului electric ale liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui

Liniile tehnologice pentru prelucrarea laptelui în ferme sunt sisteme cu o structură complexă, în care defectarea oricăruia dintre elemente duce la o reducere a fiabilității sau ieșire din funcție a întregului sistem.

Defecțiunile utilajului electric ale liniilor pentru prelucrarea laptelui și a verigilor lor duc la daune tehnologice, a căror valoare poate depăși semnificativ costul echipamentului defectat.

În același timp, valorile indicatorilor de calitate ai laptelui se reduc, pierderile acestuia cresc și apar perioade de nefuncționare, atât ale echipamentelor, cât și a personalului de serviciu.

Analiza daunelor posibile, din cele mai probabile situații de avarie, se efectuează utilizând metodele de simulare statistică, adică modelarea condiționată a situațiilor de avarie cauzate de defectarea diferitelor blocuri ale sistemului de echipamente electrice.

Alegerea acestei metode de modelare se explică prin faptul că determinarea experimentală a daunelor prin simularea unor situații de avarie este în majoritatea cazurilor imposibilă, deoarece provoacă pierderi de produse lactate. Prin urmare, eventualele daune din cele mai probabile situații de avarie sunt determinate prin calcul.

Daunele cauzate de defectare a unei unități din sistemul de utilaj electric SUE în orice moment depind de un număr mare de factori, dintre care mulți sunt aleatorici, și anume: cantitatea de lapte furnizată liniei în momentul defectării, costul echipamentului defectat sau repararea acestuia, durata de recuperare și alții.

Daunele sunt determinate în limitele modificării factorului principal care afectează valoarea lor -

cantitatea de lapte prelucrat .

Daunele sunt calculate în funcție de starea sistemului în momentul defectării. [25,96,106].

Modelarea statistică a simulării se realizează conform algoritmului prezentat în Fig. 4.7.

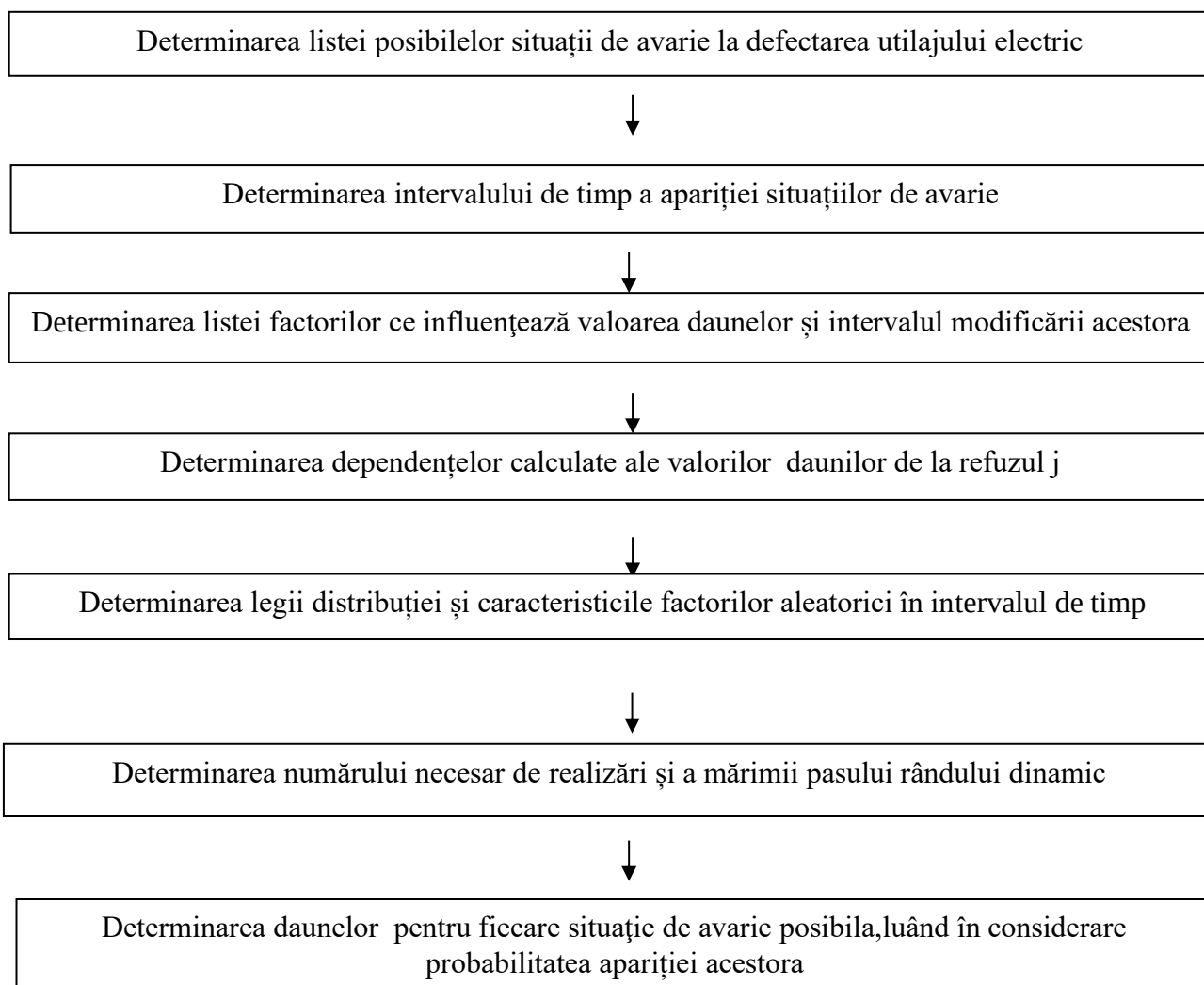


Fig. 4.7. Algoritmul de modelare statistică a simulării situațiilor de avarie a SUE.

Atunci când se elaborează o listă de situații de avarie a SUE a liniilor tehnologice, ieșirea din funcție a uneia dintre unitățile de control a SUE supuse înlocuirii și reparației ulterioare este considerată ca o stare de avarie calculată. Pentru comoditatea analizei, motorul electric este considerat ca una dintre unitățile SUE.

Intervalul de timp pentru posibilă declanșare a unei stări de avarie, coincide de obicei cu timpul de funcționare al acestei unități la realizarea procesului tehnologic. Deteriorarea în caz de defectiune în orice moment al ciclului de lucru a liniei tehnologice este determinată de următoarea metodă.

Daunele D_i de la starea de avarie j în orice moment pot fi obținute prin expresia [25]

$$D_i = \Sigma(D_1; D_2; D_3), \quad (4.17)$$

unde, D_1 , D_2 , D_3 - sunt componentele, respectiv, daunelor asociate cu reparația și înlocuirea utilitatelor electrice, daunele cauzate de nefuncționarea personalului și echipamentelor electrice, daunele cauzate de pierderile și deteriorarea laptelui, lei.

Componenta daunelor asociate cu repararea și înlocuirea unităților SUE este determinată de expresia [35]

$$D_1 = \sum_{i=1}^m A_i + \Sigma C_p \cdot T_n, \quad (4.18)$$

unde, ΣA_i este costul reparării unității SUE a blocului i-a sau a unui nou bloc, lei; m - este numărul de blocuri defectate; C_p - tariful salarial a electricianului-montor, lei/h; T_n - timpul normativ pentru înlocuirea blocurilor per./h.

Daunele medii generate din cauza staționării personalului sunt determinate de expresia [25,106]

$$D_2 = \sum_{i=1}^b C_p \cdot T_n, \quad (4.19)$$

unde, b - este numărul de personal de deservire inactiv din cauza unei defecțiuni;

T_n - timpul staționării forțate, h.

Daunele medii, în timpul perioadelor de staționare a utilajului tehnologic din cauza pierderilor laptelui sunt determinate de expresia

$$D_{a3} = (A_p + A_{tpa}) \cdot M_0 - (A_{ps} \cdot M_s + A_{p1} \cdot M_1 + A_{p2} \cdot M_2), \quad (4.20)$$

unde, A_p - prețul de cumpărare preconizat al laptelui, lei; A_{tpa} - taxa adăugată la prețul de achiziție pentru lapte refrigerat, lei; M_0 - cantitatea de lapte muls, kg; A_{ps} , A_{p1} , A_{p2} - prețurile de achiziție a laptelui, respectiv, de cea mai înaltă, prima și a doua clasă, lei; M_s , M_1 , M_2 - cantitatea prognozată de lapte după o stare de avarie, respectiv, de cea mai înaltă, prima și a doua clasă, kg.

Conform expresiilor (4,17 ...4.20), dauna se determină în cazul unei defecțiuni în orice moment al ciclului de lucru.

Valoarea estimată a pagubelor cauzate de starea de avarie j este determinată folosind funcția țintă [35,107]

$$D_{ij} \cdot P_{ij} \rightarrow \max, \quad (4.21)$$

unde, D_{ij} - valoarea calculată a daunei i de la starea de avarie j, lei; P_{ij} - este probabilitatea de apariție a daunei i de la starea de avarie j.

În calculele practice pentru SUE a liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui, se utilizează valorile daunelor maxime sau medii prognozate, selectate din condițiile [25,106]

$$D_m \text{ dacă } D_m P_m > D_{\max} P_{\max} \text{ sau} \quad (4.22)$$

$$D_{\max} \text{ dacă } D_{\max} P_{\max} > D_m P_m$$

unde: D_m , $D_{\max}$ - daunele medii și maxime, lei; P_c , $P_{\max}$ - probabilitatea apariției daunelor medii și

maxime prognozate;

Valorile daunelor medii prognozate sunt utilizate pentru a determina eficiența economică a SUE, iar dauna maximă este utilizată pentru a determina parametrii monitorizați și reglementați ai sistemului de avarie.

Daunele anuale cauzate de refuzul blocului d al SUE sunt determinate din expresia:

$$D_{and} = D_{jm} \cdot \lambda_{\Sigma} \cdot t_{an}, \quad (4.23)$$

unde, λ_{Σ} - valoarea calculată a intensității de refuz j al blocului d al SUE, 1/h; t_{an} - este numărul de ore de funcționare a utilajului pe an.

Pentru a obține valorile calculate ale defecțiunilor unității SUE, a fost analizată structura elementelor sale constructive, ale căror rate de defecțiune sunt cunoscute [106,107]. Analiza daunelor permite la etapa de dezvoltare formularea cerințelor pentru fiabilitatea utilajului de control a SUE ale căror defecțiuni determină cea mai mare valoare a daunelor tehnologice.

Conform metodologiei prezentate au fost investigate daunele cauzate de defecțiunile utilajului de control ale SUE ale liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui. Lista principalelor situații de avarie asociate cu defecțiunile utilajului de control al SUE este prezentată în tabel. 4.5.

Dacă utilajul de control a sistemului de răcire a laptelui încetează să funcționeze, calitatea produsului se reduce (laptele este livrat încălzit, contaminarea bacteriană crește). În acest caz, laptele poate fi livrat cu clasa a doua de calitate, iar dauna maximă va fi:

$$D_{max} = D_1 + D_2 + D_3 =$$

$$\sum_{i=1}^m A_i + \Sigma C_p \cdot T_N + (A_p + A_{tpa}) \cdot M_o - (A_{ps} \cdot M_s + A_{p1} \cdot M_1 + A_{p2}) =,$$

$$= 20 + 0.53 \cdot 6.7 + (365 + 10) \cdot 3 - 290 \cdot 3 = 273 \text{ u.c. la refuz}$$

Pentru a calcula daunele cauzate de repararea și înlocuirea blocurilor electronice, se folosește expresia (4.23). Normele de timp pentru înlocuirea blocurilor de control ale SUE și ratele tarifare ale montorului-electrician au fost adoptate în conformitate cu [106,107].

Daunele anuale în caz de defecțiune a blocului de control a utilajului frigorific vor fi

$$D_{and} = D_{jc} \cdot \lambda_{\Sigma} \cdot t_{an} = 272.6 \cdot 46.7 \cdot 10^{-5} \cdot 2190 = 28 \text{ u.c. pe an}$$

Tabelul 4.5 Situații de stări de avarie în caz de defecțiune a utilajului de control al SUE

Denumirea verigii defectate și elementele sale	Posibile consecințe	D _c , y.c.	D _r , y.c.	$\lambda \cdot 10^{-6}$ 1/h
Pompa universală de lapte PUL-6: bloc de comandă motor electric	Activarea pompei de rezervă oprirea procesului de muls, pierderea laptelui	20,5 15,5	0,6 0,9	20,0 38,7
Pompa pentru pomparea laptelui pentru prelucrare: bloc de comandă motor electric	Activarea pompei de rezervă, oprirea procesului de muls, pierderea laptelui	20,5 15,5	0,6 0,5	20,0 18,8
Utilaj frigorific a motorului electric a: compresorului, pompei de răcire, pompei de răcire a condensatorului, ventilatorului turnului de răcire blocul de control	Înlocuirea motorului electric înlocuirea motorului electric înlocuirea motorului electric Înlocuirea motorului electric Pierderea laptelui	187,0 46,0 39,0 39,0 272,6	10,9 2,7 2,3 2,3 27,9	20,0 20,0 20,0 20,0 46,7
Rezervor de stocare a laptelui: motor electric a mecanismului de amestec bloc de comandă	Înlocuirea motorului electric înlocuirea elementelor	39,0 4,6	0,4 0,1	20,0 17,8
Pompa de lapte pentru distribuirea laptelui de la fermă: motor electric bloc de comandă	Înlocuirea motorului electric înlocuirea elementelor	39,0 4,5	0,3 0,1	20,0 17,4
Sistem de spălare a utilajului: motor electric echipament de protecție	Înlocuirea motorului electric înlocuirea elementelor	39,0 3,8	0,85 0,1	20,0 14,0

Analog au fost obținute valorile daunelor pentru celelalte elemente a SUE. În Fig. 4.8 este

prezentată distribuirea daunelor anuale ale liniei tehnologice de prelucrare a laptelui în cazul defectării diferitelor blocuri.

Din studiile efectuate, rezultă că cea mai mare pagubă tehnologică în cazul defectării SUE a liniilor tehnologice pentru prelucrarea laptelui este cauzată de defectarea blocurilor de control ale utilajului frigorific. Fiabilitatea acestor blocuri ar trebui îmbunătățită prin reducerea duratei de înlocuire și recuperare. În acest scop, acestea trebuie să fie echipate cu un sistem de alarmă și cu motoare electrice cu protecție la temperatură. În plus, în sezonul rece, se recomandă utilizarea frigului natural. Fiabilitatea echipamentelor electrice ale acestor sisteme este de 2 ... 3 ori mai mare în comparație cu sistemele care generează frig artificial. Metoda și algoritmul propus permit identificarea utilajului de control ale liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui, a căror refuz duce la cele mai periculoase situații de avarie și evaluarea cantitativă a lor .

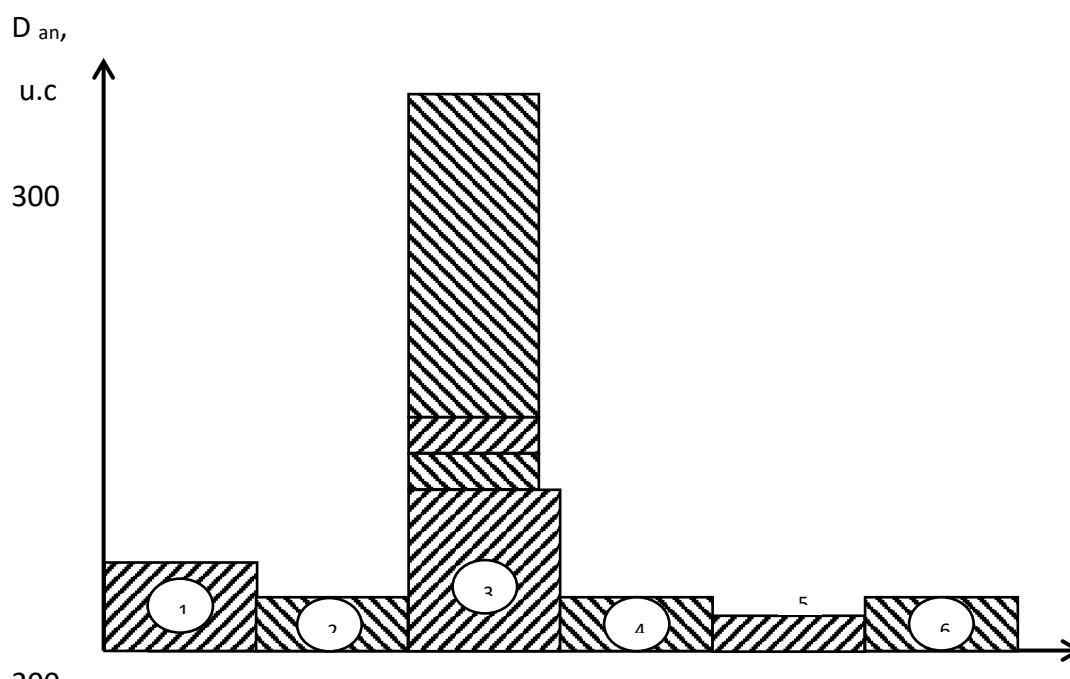


Fig. 4.8. Distribuția daunelor anuale în cazul defectării blocurilor de control ale sistemului de utilaj electric al liniei de prelucrare a laptelui:

1 - pompă universală de lapte; 2 – pompă de distribuire a laptelui pentru prelucrare; 3 - utilaj frigorific; 4 - rezervor de păstrare a laptelui; 5 - pompa de lapte a sistemului de distribuire a laptelui de la fermă; 6 - sistem de spălare a utilajului tehnologic.

Expresiile (4.20) și (4.22) permit determinarea valorilor calculate ale daunelor medii D_j și anuale D_{an} din numărul de stări de avarie posibile în linia tehnologică. Clarificarea acestor dependențe necesită o analiză suplimentară a fluxurilor de defecțiuni ale verigilor liniei și echipamentelor electrice. Analiza fluxurilor de defecțiune arată că acestea pot fi privite ca un flux staționar, obișnuit, fără consecințe, ceea ce îi permite să fie modelat ca un flux staționar de

evenimente Poisson. În consecință, defecțiunile care apar la orice interval de timp fix vor fi distribuite conform legii lui Poisson [66,67,76,106]. În acest caz, pentru a determina valoarea daunelor, este necesar să se determine durata medie dintre defecțiunile verigilor liniei și echipamentelor electrice și, în consecință, între defecțiunile elementelor lor constitutive.

Să introducem o variabilă booleană x_i luând valorile 1 și 0, în funcție, respectiv, de funcționalitatea sau ne funcționalitatea elementului i al liniei tehnologice [106]. Atunci putem presupune că probabilitatea stării de funcționare a elementului i ;

$$P_i = M [x_i] \quad (4.24)$$

Verigile liniei și ale sistemului de echipamente electrice constau din elemente reciproc independente [106], prin urmare probabilitățile stărilor corespunzătoare ale elementului i al sistemului pot fi determinate din expresii:

$$P_i = q_i \cdot P_0 / p_i, \quad (4.25)$$

unde, P_0 - probabilitatea medie a stării elementului din sistem; p_i, q_i – probabilități ale stărilor de funcționare și nefuncționare ale unui element al sistemului; n - este numărul de elemente din subsistemul considerat al liniei tehnologice de prelucrare a laptelui. Fiecare dintre cele cinci verigi este caracterizată de probabilitatea unei funcționări fără refuz [106]

$$P(t) = \exp(-\lambda \cdot t), \quad (4.26)$$

Pentru a aprecia valoarea daunelor, determinăm durata medie de funcționare al elementului până la defecțiune. Pentru aceasta includem în tabelul 4.6 stările posibile conform cărora se determină fiecare submulțime de stări funcționale (P) sau de refuz (O). Rezultatele sunt înregistrate în tabelul. 4.6 (Anexa 6). în conformitate cu condiția

$x_i = 1$ - elementul i este în funcțiune,

$x_i = 0$ - elementul i este defecat.

Pe baza analizei rezultatelor tabelului de stări, obținem

$$P(t) = p^5(t) - 5q(t) \cdot p^4 + 8q(t) \cdot p^3(t) + 2q^3(t) p^2(t), \quad (4.27)$$

sau pentru valori mici de t se poate face substituția [240] $p = 1 - q$, atunci

$$p = 1 - 2q^2 - 2q^3 + 5q^4 - 2q^5 \quad (4.28)$$

Dacă sistemul electric al liniei tehnologice de prelucrare a laptelui constă din utilaje pe bază de releee prin contacte, fiecare dintre acestea fiind caracterizate de probabilitatea funcționării fără defecțiuni în condiții reale ale unei ferme , se poate presupune:

$$P(t) = \exp(-\lambda \cdot t), \text{ cu } \lambda = 0.01^{-1} \text{ h } \text{ și } q(t=10 \text{ h}) = 1 - e^{-0.1} = 0.1 \quad (4.29)$$

Apoi, reprezentând $P(t)$ ca o funcție a lui Poisson obținem:

$$P(t) = 2P^5(t) \cdot 5P^4(t) + 2P^3(t) + 2P^2(t), \quad (4.30)$$

și integrând $P(t)$ luând în considerare faptul că $P^k(t) = \exp(-c \cdot \lambda \cdot t)$, obținem:

$T = 2T/5 - 5T/4 + 2T/3 + T = 49T/60 = 80 \text{ h}$, ceea ce influențează la mărirea valorii daunelor, cauzate de refuzuri.

Metodologia indicată, permite determinarea duratei medii de funcționare al unei linii tehnologice, ce constă din verigi, realizate pe diferite baze de elemente și aprecierea valorilor daunelor pentru diferite situații de avarie.

Din analiza expresiilor obținute (4.28) și (4.29), rezultă că, pentru a reduce influența daunelor cauzate de defectarea verigilor liniei și a sistemului de echipamente electrice care funcționează în condiții reale ale fermei, fiabilitatea verigilor ar trebui să fie majorată prin intermediul utilizării sistemelor de control combinate care folosesc la bază elemente fără contact și relee cu contact, realizate într-un design special protejat și având o probabilitate înaltă de funcționare fără refuzuri. Cu această bază de elemente avem posibilitatea de a reduce valoarea daunelor de cca 5 ... 10 ori [33,106]. Stările de funcționalitate (P) sau de refuz (O) ale elementelor sistemului sunt prezentate în Tabelul 4.6. (Anexa 6).

4.4. Determinarea duratei de utilizare a instalațiilor cu frig natural pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului la nordul Republicii Moldova.

O să determinăm durata de utilizare a instalațiilor cu frig natural pentru răcirea laptelui la nordul Republicii Moldova utilizând datele din ultimii 10 ani de la stațiile meteo din mun. Bălți, or. Briceni și or. Soroca.

Instalațiile cu frig natural (acumulatoarele cu apă) pot fi utilizate până la temperatura de $t \leq 0$ °C în regim de amestec a apei și până la $t \leq 5$ °C în regim de neamestec al apei.

În Fig.4.9 sunt indicate date privind temperatura aerului pe perioada rece a anului, pentru anul 2020 mun. Bălți, iar pentru anii 2011-2019 aceste date sunt prezentate în Anexa 2.



Fig. 4.9 Temperaturile aerului atmosferic pe perioada rece a anului 2020, pentru mun. Bălți.

În tabelele 4.7, 4.8 și 4.9 sunt prezentate numărul de zile în perioada rece a anului cu $t \leq 0$ °C și $t \leq 5$ °C pentru anii 2011-2020, pentru mun. Bălți, or. Briceni și or. Soroca.

Pentru mun. Bălți (Tab.4.7):

- numărul de zile cu $t \leq 5$ °C pe durata de 10 ani variază de la 136 până la 182 zile

- numărul de zile cu $t \leq 0$ °C pe durata de 10 ani variază de la 45 până la 116 zile

Tabelul 4.7. Numărul de zile cu temperatura aerului $t \leq 5$ °C și $t \leq 0$ °C pentru m. Bălți.

Anii	Numărul de zile cu:		
	$t \leq 5$ °C	$t \leq 0$ °C	ΔT
2011	I13+F28+M28+A21+O22+N27+D25=182	I24+F25+M21+A3+O10+N15+D18=116	66
2012	I31+F29+M31+A11+O11+N23+D31=167	I27+F26+M14+A2+O1+N5+D24=103	64
2013	I31+F28+M29+A18+O14+N11+D31=162	I22+F14+M19+A1+O2+N6+D24=88	74
2014	I31+F28+M22+A9+O15+N22+D23=150	I17+F21+M2+A2+O9+N9+D24=84	66
2015	I31+F28+M27+A12+O17+N20+D30=165	I24+F18+M7+A1+O2+N2+D16=76	89
2016	I27+F12+M8+A1+O16+N26+D16=106	I18+F1+M0+A0+O2+N9+D15=45	61
2017	I31+F28+M24+A14+O11+N26+D30=164	I30+F22+M2+A4+O2+N2+D12=68	96
2018	I31+F28+M30+A5+O10+N23+D31=158	I21+F22+M16+A1+O0+N16+D27=103	55
2019	I31+F28+M25+A12+O2+N12+D26=136	I29+F13+M11+A2+O2+N4+D17=78	58
2020	I31+F29+M24+A24+O3+N25+D31=167	I31+F18+M11+A9+O0+N11+D17=97	70

I, F, M, A, O, N, D – respectiv lunile reci ale anului ianuarie, februarie, martie, aprilie, octombrie, noiembrie și decembrie.

De exemplu – 13 I – 13 zile în ianuarie cu $t \leq 5$ °C;

28 F – 28 zile în februarie cu $t \leq 5$ °C;

28 M – 28 zile în martie cu $t \leq 5$ °C.

Tabelul 4.8. Numărul de zile cu temperatura aerului $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ și $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pentru or. Briceni.

Anii	Numărul de zile cu:		
	$t \leq 5^{\circ}\text{C}$	$t \leq 0^{\circ}\text{C}$	ΔT
2011	I31+F28+M31+A9+ O17+N30+D28=174	I31+F22+M17+A0+ O6+N16+D12=104	70
2012	I31+F29+M31+A9+ O9+N25+D30=164	I27+F25+M14+A3+ O0+N4+D24=97	67
2013	I31+F28+M31+A12+ O10+N10+D31=153	I26+F28+M22+A1+ O1+N2+D22=102	51
2014	I31+F28+M18+A11+ O10+N25+D28=151	I22+F20+M2+A2+ O6+N8+D24=84	67
2015	I31+F28+M30+A15+ O21+N30+D31=186	I26+F21+M7+A1+ O1+N10+D24=90	96
2016	I31+F28+M18+A9+ O21+N30+D31=168	I28+F11+M20+A1+ O1+N10+D24=95	73
2017	I31+F28+M24+A15+ O8+N23+D9=137	I24+F22+M2+A0+ O0+N6+D29=86	51
2018	I31+F28+M30+A1+ O7+N24+D31=152	I19+F25+M18+A0+ O0+N12 +D25=99	53
2019	I30+F28+M25+A9+ O2+N11+D28=133	I28+F11+M4+A1+ O2+N2+D12=58	75
2020	I31+F29+M29+A19+ O3+N25+D31=167	I31+F11+M7+A3+ O0+N5+D18=75	92

Pentru or. Briceni (Tab. 4.8):

- numărul de zile cu $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ pe durata de 10 ani variază de la 133 până la 186 zile
- numărul de zile cu $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pe durata de 10 ani variază de la 58 până la 104 zile

Pentru or. Soroca (Tab. 4.9):

- numărul de zile cu $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ pe durata de 10 ani variază de la 135 până la 184 zile
- numărul de zile cu $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pe durata de 10 ani variază de la 67 zile până la 99 zile

Tabelul 4.9. Numărul de zile cu temperatura aerului $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ și $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ pentru or. Soroca

Anii	Numărul de zile cu:		
	$t \leq 5^{\circ}\text{C}$	$t \leq 0^{\circ}\text{C}$	ΔT
2011	I31+F28+M31+A9+ O11+N20+D29=159	I31+F22+M17+A0+ O9+95+D14=102	57
2012	I31+F29+M31+A6+ O5+N10+D31=143	I26+F26+M12+A3+ O0+N4+D28=99	44
2013	I31+F31+M30+A3+ O10+N4+D31=140	I20+F10+M18+A1+ O1+N2+D27=79	61
2014	I31+F28+M19+A7+ O11+N16+D31=143	I18+F11+M3+A1+ O7+N8+D22=70	73
2015	I31+F28+M28+A15+ O21+N30+D31=184	I12+F15+M6+21+ O1+N10+D24=70	114
2016	I31+F28+M18+A9+ O17+N26+29=158	I28+F11+M00+A1+ O1+N12+D2=67	91
2017	I31+F28+M31+A9+ O8+N18+D10=135	I29+F23+M0+A1+ O0+N6+D8=67	68
2018	I31+F28+M21+A1+ O7+N23+D31=142	I18+F14+M18+A0+ O0+N17 +D17=84	58
2019	I29+F28+M31+A9+ O2+N12+D30=141	I28+F8+M5+A1+ O2+N8+D18=70	71
2020	I31+F29+M25+A21+ O1+N29+D31=167	I31+F11+M6+A8+ O0+N8+D12=76	91

Integral pentru nordul Republicii Moldova numărul de zile cu $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ constituie de la 133 zile până la 186 zile.

Deci, utilizarea instalațiilor cu frig natural în regim de neamestec al apei este posibilă între 4,5 - 6 luni.

În regim de amestec al apei în instalațiile cu frig natural acestea pot fi utilizate doar de la 45 zile până la 116 zile

Regimul de neamestec al apei în IFN permite de a mări durata de utilizare a instalațiilor la nordul Republicii Moldova de 1,5 – 3 ori față de regimul de amestec al apei.

4.5 Elaborarea schemelor structural- functionale, grafurilor automate si algoritmilor de functionare a instalatiilor sezoniere ecologice si combinate pe anul intreg cu utilizarea frigului natural si artificial.

Schemele structural –funcționale pentru răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural si artificial sunt prezentate in Fig.4.10 In perioada rece a anului pentru temperatura aerului atmosferic răcirea laptelui are loc de la acumulatorul cu apa 3, Fig. 4.10.a In perioada caldă a anului răcirea apei in acumulatorul 3 are loc de la instalația frigorifică 2, Fig. 4.10.b

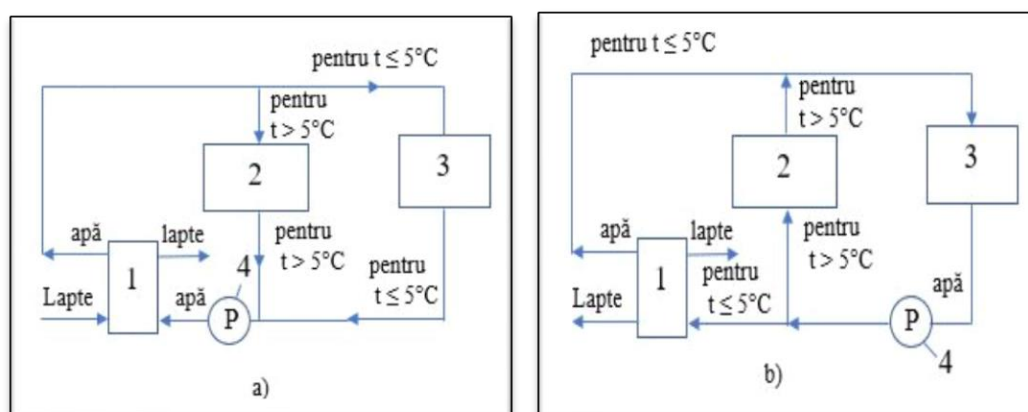


Fig. 4.10 Scheme structural- functionale pentru racirea laptelui cu utilizarea frigului natural si artificial. a- cu instalatie sezonieră; b- cu instalatie combinată pe anul intreg.

1-racitor în flux; 2-instalatie frigorifică cu compresor; 3-acumulator cu apă; 4-pompa pentru apă.

În Fig. 4.11 și 4.12 sunt prezentate schema tehnologică cu utilizarea instalațiilor de funcționare sezonieră (IFS) și schema tehnologică cu utilizarea instalațiilor de funcționare combinată (IFC).

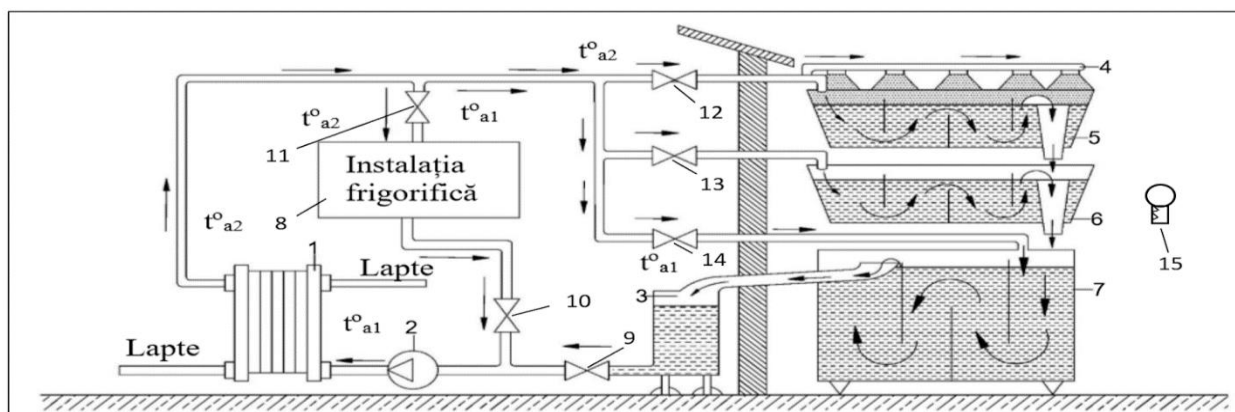


Fig. 4.11 Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare sezonieră (IFS) pentru regiunea de nord al RM

1 – răcitor în flux; 2 - pompă; 3 - rezervor intermediar; 4 - bloc de pulverizare al acumulatorului de frig natural (AFN); 5 - rezervorul de sus al AFN; 6 - rezervorul de migloc al AFN; 7- rezervorul de jos al AFN. 8-instalație frigorifică 9,10,11,12,13 și14-ventile electrice,15-traductor de temperatură a aerului,

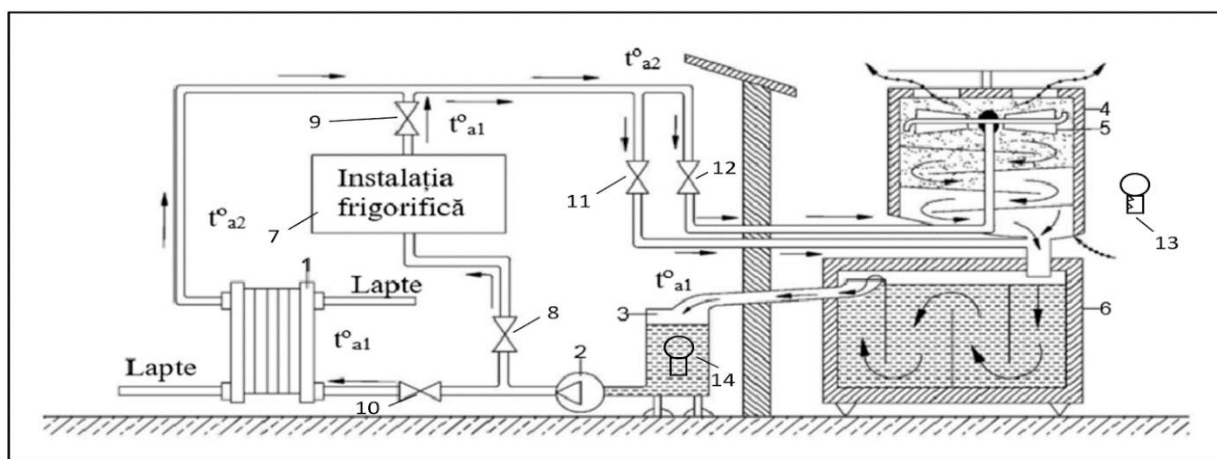


Fig. 4.12 Schema tehnologică a unui sistem de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică cu utilizarea instalațiilor de funcționare combinata (IFC) pentru regiunea de nord al RM.

1 - răcitor în flux; 2 - pompă; 3 - rezervor intermediar; 4 - bloc de pulverizare; 5 - conducte de pulverizare cu plăci aerodinamice; 6 - acumulator de frig natural și artificial. 7-, instalație frigorifică, 8,9,10,11 și 12-ventile electrice, 13-traductor de temperatură a aerului

Grafurile automate elaborate conform instalației sezoniere pentru racirea laptelui cu răcitoare în flux (Fig. 4.11) sunt prezentate în Fig. 4.13-4.16

Grafurile automate elaborate conform instalației combinate pentru racirea laptelui cu răcitoare în flux (Fig. 4.12) sunt prezentate în Fig. 4.17-4.20

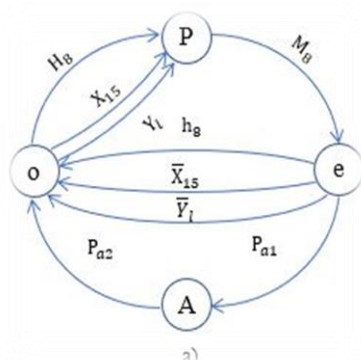


Fig. 4.13 Graful automat al instalației frigorifice M_8 .

unde: O; P; L; A - stările de funcționare, respectiv oprire, pornire, lucru și avarie;

M_8 – instalația frigorifică (cu compresor);

H_8 și h_8 – respectiv comanda de pornire și oprire;

$\bar{h}_8$ – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

X_{15} , $\bar{X}_{15}$ – prezența și lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a aerului atmosferic 15;

$Y_1, \bar{Y}_1$ – prezența și lipsa semnalului de la pompa 1 ;

P_{a1} și P_{a2} – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{P}_{a1}$ și $\bar{P}_{a2}$ – lipsa semnalelor de avarie;

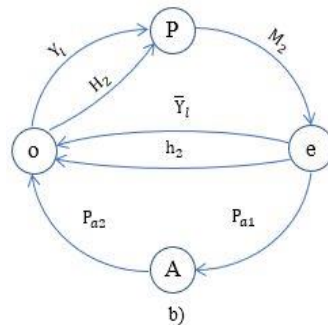


Fig. 4.14. Graful automat al instalației frigorifice M_2 .

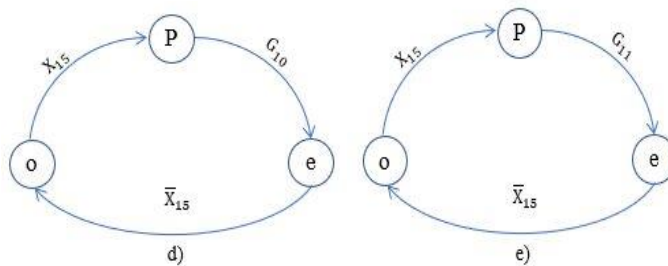


Fig. 4.15 Graful automat ale ventilelor 10 si 11.

unde: O; P; L - stările de functionare, respectiv oprire, pornire, lucru

G_{10} , G_{11} ventilul 10 si 11 ;

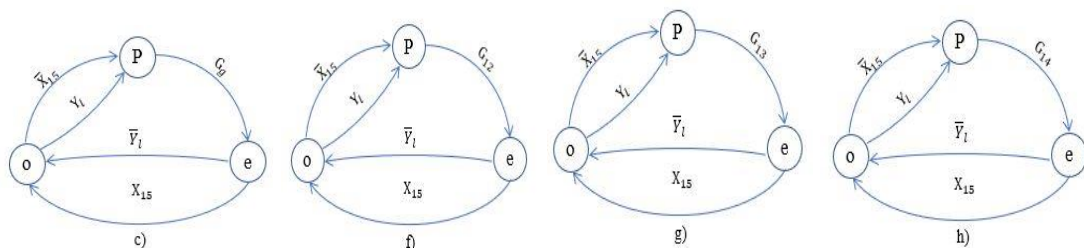


Fig.4.16 Graful automat ale ventilelor 9, 12 ,13 si 14.

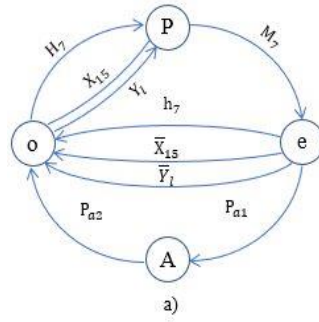


Fig. 4.17 Graful automat al instalației frigorifice M_7 .

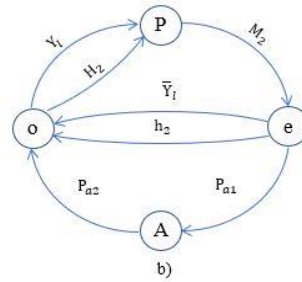


Fig. 4.18 Graful automat al instalației frigorifice M_2 .

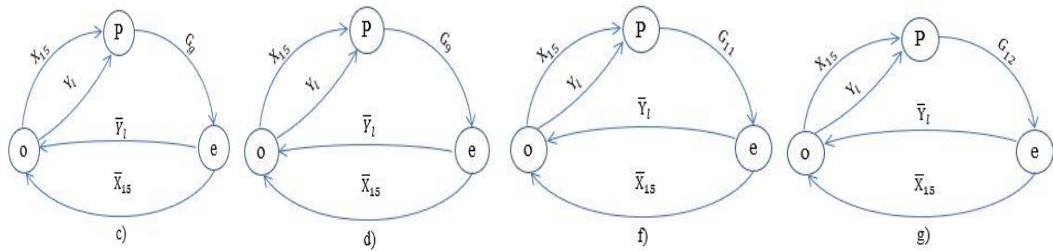


Fig. 4.19 Graful automat al ventilelor 8, 9, 11 și 12.

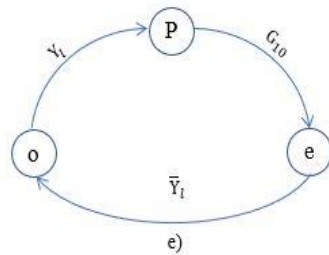


Fig. 4.20 Graful automat al ventilului 10.

În baza grafurilor automate și algebrei logice au fost elaborate algoritmele de funcționare a instalației sezoniere ecologice și instalației combinate pentru racirea laptelui pe anul întreg cu utilizarea frigului natural și artificial.

Algoritmii de funcționare conform grafurilor automate Fig. 4.13...4.16 și Fig. 4.17...4.20 au forma:

$$\begin{aligned}
 Y_8 &= (H_8 + X_{15} \cdot Y_l) \cdot \bar{h}_8 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_8 \\
 Y_2 &= (Y_l + H_2) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2 \\
 Y_9 &= \bar{X}_{15} \cdot G_9; Y_{10} = X_{15} \cdot G_{10}; Y_{11} = X_{15} \cdot G_{11}; \\
 Y_{12} &= \bar{X}_{15} \cdot Y_l \cdot G_{12}; Y_{13} = \bar{X}_{15} \cdot Y_l \cdot G_{13}; Y_{14} = \bar{X}_{15} \cdot Y_l \cdot G_{14}; \\
 Y_7 &= (H_7 + X_{13} \cdot Y_l) \cdot \bar{h}_7 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_7 \\
 Y_2 &= (Y_l + H_2) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2 \\
 Y_8 &= X_{13} \cdot Y_l \cdot G_8; Y_9 = X_{13} \cdot Y_l \cdot G_9; Y_{10} = Y_l \cdot G_{10}; \\
 Y_{11} &= (X_{13} + Y_l) \cdot G_{11}; Y_{12} = (X_{13} + Y_l) \cdot G_{12};
 \end{aligned}$$

Analogic au fost elaborate grafurile automate Fig. 4.21...4.28 și algoritmii de funcționare pentru racirea laptelui în racitoare capacitive.

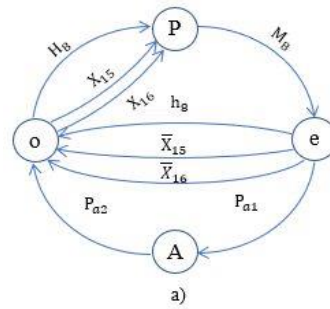


Fig .4.21 Graful automat al instalației frigorifice M_8 .

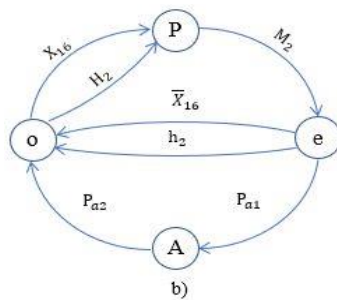


Fig. 4.22 Graful automat al instalației frigorifice M_2

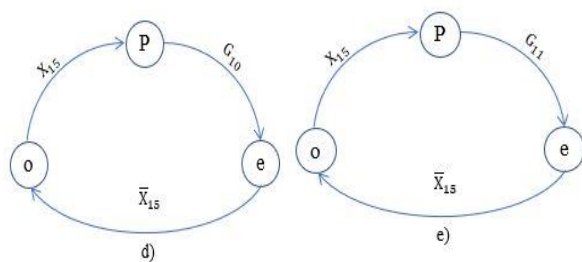


Fig. 4.23 Grafurile automate al ventilelor 10 si 11.

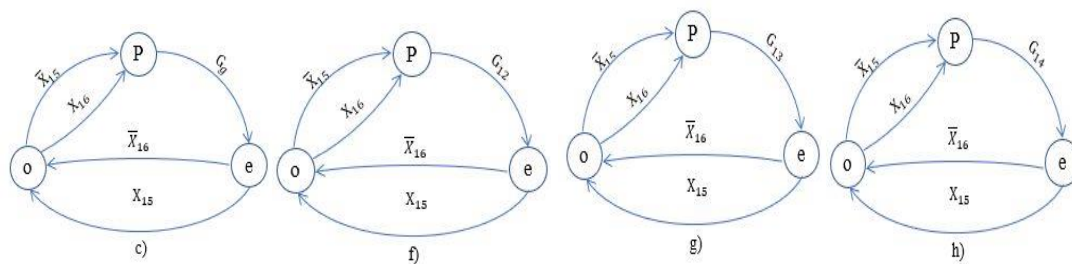


Fig. 4.24 Grafurile automate ale ventilelor 8, 12, 13 si 14.

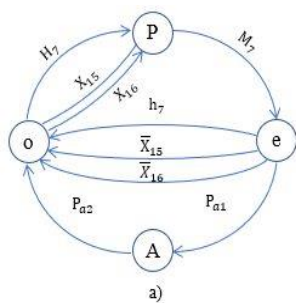


Fig. 4.25 Graful automat al instalației frigorifice M_7 .

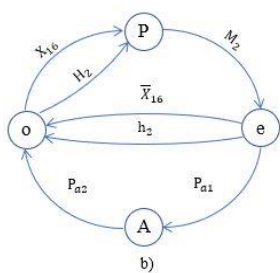


Fig. 4.26 Graful automat al instalației frigorifice M_2 .

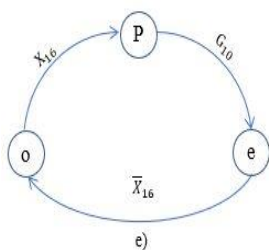


Fig. 4.27 Graful automat al ventilului 10.

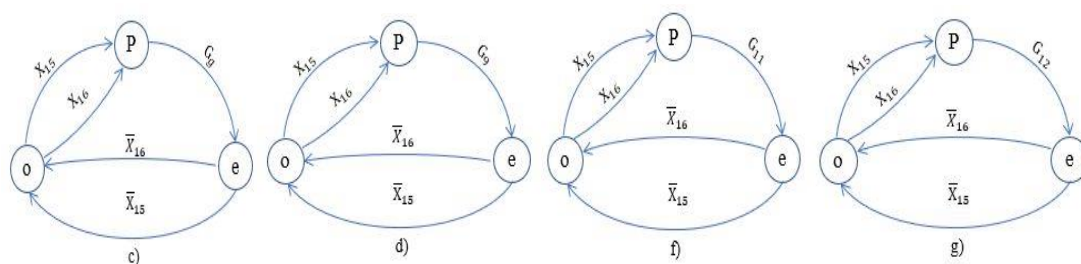


Fig. 4.28 Grafurile automate ale ventilelor 8, 9, 11 si 12.

$$Y_8 = (H_8 + X_{15} \cdot X_{16}) \cdot \bar{h}_8 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_8$$

$$Y_2 = (X_{16} + H_2) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2$$

$$Y_9 = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_9; Y_{10} = X_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{10}; Y_{11} = X_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{11};$$

$$Y_{12} = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{12}; Y_{13} = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{13}; Y_{14} = \bar{X}_{15} \cdot X_{16} \cdot G_{14};$$

$$Y_7 = (H_7 + X_{13} \cdot X_{14}) \cdot \bar{h}_7 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_7$$

$$Y_2 = (H_2 + X_{14} \cdot \bar{X}_{13}) \cdot \bar{h}_2 \cdot \bar{P}_{a1} \cdot \bar{P}_{a2} \cdot M_2$$

$$Y_8 = X_{13} \cdot X_{14} \cdot G_8; Y_9 = X_{13} \cdot X_{14} \cdot G_9; Y_{10} = X_{14} \cdot G_{10};$$

$$Y_{11} = (\bar{X}_{13} + X_{14}) \cdot G_{11}; Y_{12} = (\bar{X}_{13} + X_{14}) \cdot G_{12};$$

În baza algoritmilor de funcționare se elaborează schemele electrice principale.

4.6 Rezultatele evaluării indicilor de exploatare, tehnologici si energetici si perspectivele de utilizare ai instalatiilor cu frig natural si artificial.

În Fig.4.29 este prezentată instalația sezonieră cu frig natural pentru racirea laptelui de la ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni ,iar în Fig. 4.30 - instalația combinată cu frig natural și artificial pentru anul întreg.

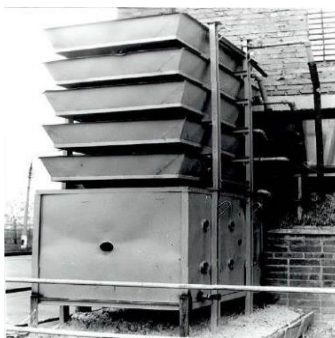


Fig. 4.29 Instalație sezonieră cu frig natural (ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni) .

S-a stabilit, că pentru $t=3...4\text{ }^{\circ}\text{C}$ și numărul de secții $n=6$ temperatura laptelui răcit este de $5,6 \dots 6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, deci nu depășește temperatura necesară de păstrare a laptelui. Pentru $t=3...4\text{ }^{\circ}\text{C}$ și numărul de secții $n=5$ temperatura laptelui răcit depășește $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($6,3 \dots 6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

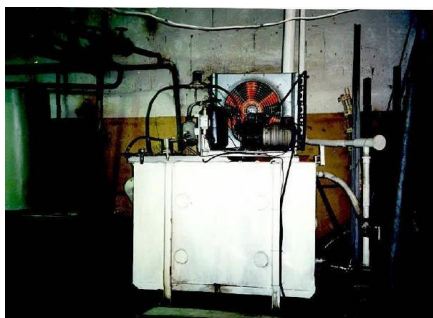


Fig. 4.30 Instalație combinată cu frig natural și artificial (ferma din s. Corbu, r-nul Dondușeni).

Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului este prezentat în tabelul 4.10.

Tabelul 4.10 Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului ($t \leq 0^{\circ}\text{C}$)

Data	Temperatura aerului atmosferic, $^{\circ}\text{C}$	Cantitatea de lapte muls zilnic, t	Consumul zilnic de energie electrică, kWh	Consumul specific de energie electrică, kWh/t
05.02.21	-2	0,4	0,24	0,6
06.02.21	-6	0,3	0,21	0,7
07.02.21	-5	0,3	0,21	0,7
08.02.21	-8	0,4	0,24	0,6
09.02.21	-6	0,4	0,32	0,8
10.02.21	-3	0,4	0,28	0,7

Rezultatele evaluării indicilor de exploatare, tehnologici și energetici de la ferma din s. Corbu r- nul Donduseni sunt prezentate, în Tab.4.11 și Tab 4.12.

Tabelul.4.11 Rezultatele evaluării indicilor de exploatare și tehnologici

Indicii	Valoarea indicilor	
	după datele testărilor	
	instalația testată- acumulator cu frig natural si artificial	Instalația frigorifică tip, AB-14
1	2	3
1. Denumirea gospodăriei	Ferma din s.Corbura-nul Donduseni	
2. Tipul instalației	Acumulator cu frig în complex cu instalația frigorifică pentru răcirea laptelui	Instalația frigorifică tip, AB-14
3. Condiții de lucru		
Temperatura aerului atmosferic, °C	-3	18...20
Umiditatea aerului în blocul de prelucrare a laptelui, %	54	54
Temperatura laptelui , °C	16...17	16...17
Temperatura agentului frigorific °C	1...2	2...3
4. Regimul de lucru:		
Tensiunea în rețea, V	380	380
5. Economia de energie electrică la 1t lapte, kW h	reducerea consumului specific de energie electrică de cca 25,0 ori în perioada rece și de cca 1,9 ori în perioada caldă a anului	-
6. Reducerea prețului la energie electrică	cu 40% în afara orelor de vârf conform ANRE	-

Tabelul 4.12. Indicii energetici ai instalației

Regimul de răcire	Indicii experimentali						Indicii de calcul	
	de temperatură			puterea, kw	durata de lucru, h	Energia consumată, kw.-h	Masa laptelui răcit, t	Consumul specific de energie electrică, kW.h.t
	Temperatura aerului °C	temperatura laptelui, °C						
		inițială	finală					
1. Răcirea laptelui cu utilizarea acumulatorului cu frig, (perioada rece a anului)	-1... - 4	16	6	1,5	0,2	0,3	0,4	0,75
2. Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice (perioada rece a anului)	-1... - 4	16	6	2,5	3,0	7,5	0,4	18,75
Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice (Perioada caldă a anului)	21	32	6	2,5	6,0	15	0,4	37,5
Răcirea laptelui cu utilizarea unei instalației frigorifice și a acumulatorului cu frig (Perioada caldă a anului)	21	32	6	2,5	3,2	8.0	0,4	20.0

În perspectivă, având în vedere, că R.M este o țară agrară, este extrem de important de utilizat frigul natural și artificial, nu numai pentru răcirea laptelui, dar și pentru păstrarea fructelor și legumelor. În acest domeniu am publicat peste 15 articole științifice [33,35,36,37,39,42,47,48,49,50,52,62,81,82,85,103] și sunt coautor la 2 monografii. Instalațiile cu frig natural IFN pentru păstrarea fructelor și legumelor au următoarele particularități:

- sunt ecologice, deoarece exclud utilizarea freonului;
- putere electrică relativ joasă;
- consum redus de energie electrică la formarea gheții și păstrarea fructelor și legumelor;
- posibilitatea de a micșora valorile parametrilor rețelelor electrice rurale (puterea transformatoarelor de alimentare cu energie electrică 10/0,4 kV, a secțiunii conductoarelor și cablurilor 0,4 kV);
- construcție simplă;
- dependență nemijlocită de parametrii mediului înconjurător (temperatura și viteza aerului, durata perioadei reci a anului).[35]

Puterea electrică a IFN cu suprafața orizontală a ghețariei de 50 m² constituie 9,5 kW[35]

Utilajul electric cu puterea 4,5 kW se folosește la păstrarea fructelor și

legumelor, iar cel cu puterea 5,0 kW - la formarea gheții.

Astfel de instalație poate fi utilizată la depozitele de fructe cu capacitatea de 100 t.

Instalația frigorifică tipică pentru asemenea depozit are o putere electrică de 22 kW.

Prin urmare, puterea electrică a IFN e de 2,3 ori mai joasă decât a instalației frigorifice .

Consumul specific de energie electrică utilizat la păstrarea fructelor, legumelor și la formarea gheții și constituie, respectiv, 3-4 kW.h/t și 8-20 kWh/t.[33]

Consumul specific de energie electrică la păstrarea fructelor și legumelor cu folosirea instalațiilor frigorifice IF tipice este mult mai mare și atinge valoarea de 28-35 kWh/t.[33]

Indiferent de categoria de fiabilitate a alimentării cu energie electrică a depozitului pentru păstrarea fructelor și legumelor, puterea transformatorului 10/0,4 kV până la 40 kVA se micșorează cu o treaptă.

Secțiunea cablurilor și a conductoarelor 0,4 kV exterioare se micșorează cu o treaptă.

Secțiunea conductoarelor și cablurilor pentru rețelele interioare se micșorează cu 2 trepte.

Utilizarea frigului natural și artificial în procesul de păstrare a fructelor și legumelor îmbunătățesc caracteristicile energetice, de mediu și operationale ale procesului nominalizat. Frigul natural se referă la sursele regenerabile de energie, prin urmare, abordând problema valorificării surselor regenerabile și economisirii energiei (eficiența energetică) - problemă cheie a energiei RM la această etapă este indiscutabil actuală.

Concluzii la capitolul 4:

1. Pentru funcționarea eficientă a procesului de prelucrare a laptelui cu fiabilitatea necesară, sistemul utilajului electric al pompei de lapte a separatorului de aer, a pompei de agent frigorific, precum și unitatea de control pentru dispozitivul de amestecare al rezervoarelor de lapte, care au o frecvență mare de declanșări cca $3 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-6}$ 1/h, este necesar de mărit indicatorii de fiabilitate utilizând circuite de control combinate, inclusiv utilajul pe bază de relee prin contact și elemente fără contact realizate pe microcircuite integrate, elemente logice și contacte controlate magnetic.

2. Investigația fluxurilor de energie a liniilor tehnologice, a arătat că, utilizarea acumulatorilor de frig natural și artificial pentru răcirea laptelui, în fermele situate la nordul RM, permite răcirea laptelui fără a utiliza utilajul frigorific pentru un interval de timp de cca 3 ... 6 luni pe an, economisind cel puțin 70 kWh de energie electrică pe zi la o fermă de 200 de vaci.

3. În sezonul cald, datorită utilizării pre-răcirii laptelui de la 32 la 16°C, poate fi redusă capacitatea de răcire și capacitatea instalată a utilajului frigorific cu cel puțin 30 ... 40%, ceea ce permite economisirea a cel puțin 30 kWh de energie electrică pe zi la răcirea laptelui.

4. Utilizarea energiei termice a laptelui și a căldurii de condensare a agentului frigorific, al utilajului frigorific, vă permite regenerarea a cel puțin 115 kWh de energie electrică pe zi și utilizarea ei ulterioară pentru încălzirea apei, necesară pentru necesitățile tehnologice ale fermei și spălarea sistemelor de alimentare cu lapte.

5. Algoritmii de funcționare elaborate în baza grafurilor automate și algebrei logice a instalației sezoniere ecologice cu 6 secții și instalației combinate pe anul întreg cu utilizarea frigului natural și artificial permit să asigure răcirea laptelui până la temperatura de păstrare $t \leq 6^{\circ}\text{C}$ cu un consum specific de energie electrică de 0,6-0,8 kWh/t în perioada rece a anului și 20 kWh/t în perioada caldă a anului.

6. Pentru nordul Republicii Moldova numărul de zile cu $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ constituie de la 133 zile până la 186 zile.

Deci, utilizarea instalațiilor cu frig natural în regim de neamestec al apei în instalație este posibilă de la 4,5 luni până la 6 luni.

În regim de amestec al apei în instalațiile cu frig natural acestea pot fi utilizate doar de la 45 zile (1,5 luni) până la 116 zile (3,9 luni).

Regimul de neamestec al apei în instalațiile cu frig natural permite de a mări durata de utilizare a instalațiilor la nordul Republicii Moldova de 1,5 – 3 ori față de regimul de amestec al apei.

7. In perspectivă, avind in vedere, ca R.M este o tara agrară, este extrem de important de utilizat frigul natural si artificial ,nu numai pentru racirea laptelui, dar si pentru păstrarea fructelor si legumelor.In acest domeniu am publicat peste 15 articole stiintifice [33,35,36,37,38,39,42,47,48,49,50,52,62,81,82,85,103] și sunt coautor la 2 monografii. Instalațiile cu frig natural IFN pentru păstrarea fructelor și legumelor au următoarele particularități:

- sunt ecologice, deoarece exclud utilizarea freonului;
- putere electrică relativ joasă;
- consum redus de energie electrică la formarea gheții și păstrarea fructelor și legumelor;
- posibilitatea de a micșora valorile parametrilor rețelelor electrice rurale (puterea transformatoarelor de alimentare cu energie electrică 10/0,4 kVsi secțiunii conductoarelor);
- construcție simplă;

S-a constatat, că indiferent de categoria de fiabilitate a alimentării cu energie electrică a depozitului pentru păstrarea fructelor și legumelor, puterea transformatorului 10/0,4 kV până la 40 kVA se micșorează cu o treaptă. Secțiunile cablurilor și a conductoarelor 0,4 kV exterioare și interioare a depozitului respective se micșorează cu o treaptă și cu doua trepte.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Lipsa unei baze științifice sistematizate pe problema obținerii de produse lactate de înaltă calitate în ferme împiedică dezvoltarea de propuneri și recomandări concrete, fundamentate, pentru elaborarea unor tehnologii automatizate progresive de prelucrare a laptelui. Sunt necesare noi tehnici metodologice și metode practice pentru sinteza tehnologiilor automatizate cu consum redus de energie electrică, mijloace tehnice și un sistem unificat de echipamente electrice, care să asigure intensificarea procesului de prelucrare a laptelui în ferme și care să garanteze obținerea produselor lactate de calitate necesară cu îmbunătățirea caracteristicilor energetice, de mediu și operaționale.

Este necesară o abordare sistemică între procesele tehnologice de prelucrare primară a laptelui, mijloacele tehnice și mediul înconjurător.

2. Pentru o evaluare cantitativă a tehnologiilor cu consum redus de energie electrică, incluzând acumularea automatizată a frigului natural și artificial, este propus un sistem de indicatori care pot caracteriza verigi individuale sau o linie tehnologică în ansamblu. Metoda se bazează pe utilizarea unui sistem de indicatori unitari C_u , complecși C_c și indicatori complecși generalizați C_{cg} care caracterizează diferite proprietăți ale sistemului studiat.

Indicatorii unitari C_u includ indicatori care variază în timpul funcționării sistemului conform unei legi aleatorii (de exemplu temperaturile laptelui t_{L1}^o , agentului frigorific t_{af1}^o și aerului ambiant t_0^o). În calitate de indicatori complecși C_c sunt luați indicatorii care caracterizează proprietățile energetice C_w și economice C_e ale sistemului. Indicatorul complex generalizat (ICG) C_{cg} caracterizează cantitativ nivelul tehnic al sistemului ca un întreg.

3. La formarea liniilor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică cu o proporție optimă a utilizării frigului natural și artificial pe criteriu energetic C_w , se propune o metodă care permite fundamentarea celei mai eficiente variante în funcție de varianta de completare a liniei cu utilaj și temperatura medie a aerului atmosferic Δ^oC în timpul rece a anului în zona de amplasare a obiectului (Fig. 2.2). Nomograma este reprezentată grafic în coordonatele $C_w - n - \Delta^oC$, unde n este o valoare discretă a opțiunii de completare a liniei cu utilaj.

4. Modelele matematice elaborate ale procesului de răcire a laptelui și acumulare a frigului natural și artificial fac posibilă fundamentarea parametrilor sistemului de răcire, stabilirea unei legături între principalii parametri ai mijloacelor tehnice cu consum redus de energie electrică cu tehnologia de prelucrare a laptelui și cu temperatura aerului atmosferic, minimizarea consumului de energie electrică și utilizarea în mod optim a capacității acumulatorilor de frig natural și artificial.

5. S-a stabilit că, în comparație cu metoda tradițională de răcire a laptelui, regimul de

acumulare de frig artificial, efectuat în pauzele dintre mulsuri, face posibilă reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice reîncărcabile de până la 5 ori pentru două mulsuri și până la 2 ori pentru trei mulsuri.

Utilizarea rezervei de frig în laptele suprarăcit cu amestecarea a agentului frigorific în AF, permite reducerea raportului dintre volumul agentului frigorific și volumul laptelui răcit de cel puțin 2 ori, iar productivitatea pompei agentului frigorific de 1,4 ... 1,7 ori comparativ cu metoda tradițională de răcire a laptelui.

6. Cel mai eficient regim este deplasarea agentului frigorific fără amestec în AF, care permite acumularea de frig până la o temperatură mai mică de 2°C cu un raport minim dintre volumul agentului frigorific și lapte $C_A = 2,5$. Odată cu utilizarea eficientă a rezervei de frig în laptele suprarăcit, raportul dintre cantitatea de agent frigorific și cantitatea de lapte răcit și productivitatea pompei agentului frigorific în timpul acumulării de frig în regim fără de amestec în AF sunt reduse de 1,2 ori. În comparație cu regimul de amestec, regimul de neamestec a agentului în AF permite de cel puțin 2 ... 3 ori reducerea capacității de răcire a instalației frigorifice reîncărcabile.

7. Algoritmii de funcționare elaborate în baza grafurilor automate și algebrei logice a instalației sezoniere ecologică cu 6 secții și instalației combinate pe anul întreg cu utilizarea frigului natural și artificial permit să asigure răcirea laptelui până la temperatura $t \leq 6^{\circ}\text{C}$ cu un consum specific de energie electrică de 0,6-0,8 kWh/t în perioada rece a anului și 20 kWh/t în perioada caldă a anului.

8. Pentru nordul Republicii Moldova numărul de zile cu $t \leq 5^{\circ}\text{C}$ constituie între 133 zile și 186 zile. În acest caz utilizarea instalațiilor cu frig natural în regim de neamestec al apei este posibilă între 4,5 - 6 luni. Regimul de neamestec al apei în instalațiile cu frig natural permite de a mări durata de utilizare a instalațiilor la nordul Republicii Moldova de 1,5 – 3 ori față de regimul de amestec al apei.

9. Durata de funcționare al IF și consumul specific de energie electrică timp de 7 luni (aprilie-octombrie) se reduc în medie cu cca 16%, atunci când direcția de mișcare a fluxului agentului frigorific se modifică în regimurile de răcire a laptelui (de jos în sus) și de acumulare de frig (de sus în jos) în acumulatorul de frig.

10. În perspectivă, având în vedere, ca R.M este o țară agrară, este extrem de important de utilizat frigul natural și artificial, nu numai pentru răcirea laptelui, dar și pentru păstrarea fructelor și legumelor. În acest domeniu am publicat peste 15 articole științifice și sunt coautor la 2 monografii. S-a constatat, că indiferent de categoria de fiabilitate a alimentării cu energie electrică a depozitului pentru păstrarea fructelor și legumelor, puterea transformatorului 10/0,4kV

până la 40 kVA se micșorează cu o treaptă.

Secțiunile cablurilor și a conductoarelor 0,4 kV exterioare și interioare a depozitului pentru păstrarea fructelor și legumelor, respectiv se micșorează cu o treaptă și două trepte.

În baza cercetărilor efectuate se recomandă:

1. de a înainta către AIPA propunerea pentru implementarea instalațiilor cu frig natural și artificial prin subvenționarea fermierilor din domeniu.

2. automatizarea evidenței și pomparii laptelui, care face posibilă reducerea de 6 ori a capacității totale a rezervoare intermediare de colectare și reglare (RCR). RCR, permite de 1,3 și 12,1 ori de a reduce suprafața de contact a laptelui cu utilajul tehnologic ale liniei și aerul înconjurător. Totodată permite de a reduce contaminarea bacteriană a laptelui de la 347 până la 299 mii b/ml, reducerea suprafețelor de producție necesare și a consumului de metal al utilajului tehnologic până la 30%. Utilizarea dispozitivelor pentru control și reglare a fluxurilor de lapte în locul celor nereglabile face posibilă excluderea RCR din procesul tehnologic de prelucrare a laptelui și asigură prelucrarea acestuia într-un flux închis cu reducerea a 50 la sută a timpului de lucru a operatorului. Principalul avantaj al IMRF este faptul că, utilizarea lor în liniile tehnologice, permite utilizarea instalației de muls și liniei tehnologice într-un singur sistem de transport al fluxului și efectuarea procesului de prelucrare a laptelui într-un flux închis complet izolat de aerul ambiant (Fig. 1.8).

3. pentru sistemul utilajului electric al pompei de lapte a separatorului de aer, a pompei de agent frigorific, precum și unitatea de control pentru dispozitivul de amestecare al rezervoarelor de lapte, care au o frecvență mare de declanșări cca $3 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-6}$ 1/h de mărit indicatorii de fiabilitate utilizând circuite de control combinate, inclusiv utilajul pe bază de relee prin contact și elemente fără contact realizate pe microcircuite integrate, elemente logice și contacte controlate magnetic.

4. de utilizat mijloacele tehnice argumentate ce asigură încărcarea acumulateorilor de frig natural și artificial ai sistemului de răcire până la valorile lor de proiectare, reglarea puterii reale a surselor de frig natural și artificial în funcție de temperatura agentului frigorific și a consumului minim de energie de frig acumulată în procesul de răcire a laptelui.

5. utilizarea modelelor matematice elaborate pentru optimizarea parametrilor acumulateorilor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice pentru răcirea laptelui atât în racitoare în flux, cât și în racitoare capacitive.

6. utilizarea pre-răcirii laptelui de la 32 la 16°C în sezonul cald, cu scopul de a reduce capacitatea de răcire și capacitatea instalată a utilajului frigorific cu cel puțin 30 ... 40%, ceea ce permite economisirea a cel puțin 30 kWh de energie electrică pe zi la răcirea laptelui.

7. introducerea în planul de studiu a UASM abordarea teoretică a cercetărilor efectuate în

cursurile de prelegeri și lecții practice, „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” pentru studenții ciclului I, precum și în cursul de prelegeri și lecții practice la ciclul II “Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar” a FIATA din cadrul UASM. Cu rezultatele cercetărilor publicate în 2 monografii să fie familiarizați specialiștii din domeniul eficienței energetice în sectorul agrar.

BIBLIOGRAFIE

În română:

1. Anatolie Daicu, **Slipenchi V.**, et al. Elaborarea instalației frigorifice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru răcirea laptelui. Știința agricolă. Chisinau : UASM, 2020. No 1.
2. B.I. Nr.1129, “*Instalație pentru răcirea laptelui*”. MD-B.O.P.I. 12/1998. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 2008.
3. B.I. Nr.1214, “*Instalație pentru formarea gheții*”. MD-B.O.P.I. 4/1998. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 2008.
4. Crețu, V., Volconovici, L. Răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial. Monografie. Chișinău: Editura Tehnica Info, 2009.
5. Cușnir M., Ucevatchin A., Daicu A. et al. Analiza complexă a proceselor tehnologice automatizate de răcire a laptelui, eficiente din punct de vedere energetic. În: Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară și Transport Auto, Materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova, Chișinău 2018 p, 374-382
6. Cușnir M., Volconovici A., **Slipenchi V.**, et.al, Metoda de elaborare a sistemului unificat de echipament electric al liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui cu consum redus de energie electrică. Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară Și Transport Auto, materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto”, 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău : UASM, 2018. 51.
7. Cușnir, M, Volconovici, L., et al. B.I. Nr.1030, “*Instalație pentru formarea gheții*”. MD-B.O.P.I. 9/1998. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1998.
8. Cușnir, M, Volconovici, L., et al. B.I. Nr.927 “*Acumulator de frig*”. M.D.-B.O.P.I. 2/1998. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1998.
9. Cușnir, M., Volconovici, L., et al. B.I. Nr.1060, “*Instalație pentru formarea gheții*”. MD-B.O.P.I. 2/1999. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1999.
10. Daicu, A., **Slipenchi, V.**, Volconovici, O. et al. Contribuții la elaborarea mijloacelor tehnice de automatizare a proceselor de conservare a alimentelor cu utilizarea frigului natural În: Știința agricolă, nr. 2 (2019). p. 95-102,
11. Nedelcov M., Clasificarea iernilor cu diferit grad de asprime pe teritoriul Republicii Moldova, //Analele Universității „Al.I.Cuza”, Lucrările Simpozionului Sisteme Informaționale Geografice, Nr.7, pag. 153-163, Iași, 2001.
12. Sîrbu Rodica influența condițiilor agrometeorologice în formarea productivității viței de vie pe teritoriul Republicii Moldova Academia de științe a Republicii Moldova institutul de ecologie și geografie cu titlul de manuscris c.z.u. 551.583.1:634.8 pag.130 ,Chișinău, 2015

13. Volconovici, L. , Cernei, M., Cernev, A. Cercetarea și elaborarea instalației sezoniere cu frig natural pentru răcirea laptelui anul întreg. Tezele conferinței din 5-8 septembrie la Universitatea Tehnică, București, 1998. București : s.n., 1998.
14. Volconovici, L., Cușnir, M., **Slipenchi, V.**, et,al Metode de imitare pentru determinarea eficienței sistemelor biotehnice. Conferința Internațională ENERGETICA MOLDOVEI-2016 Aspecte regionale de dezvoltare Ediția III. . Chișinău, Republica Moldova : ASM, 29 septembrie-01 octombrie 2016. 3.
15. Volconovici, L., Cușnir, M., **Slipenchi, V.**,et,al, Efectele tehnologice și economice în sistemele de creștere a animalelor. Conferința Internațională ENERGETICA MOLDOVEI-2016 Aspecte regionale de dezvoltare Ediția III. Chișinău, Republica Moldova : ASM, 29 septembrie-01 octombrie 2016. 3.
16. Volconovici Liviu, Turcuman Lilia,, **Slipenchi Victorin**. Sisteme de răcire a laptelui și de păstrare a fructelor și legumelor cu consum redus de energie. Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, Universitatea Tehnică a Moldovei, Academia de Științe a Moldovei. Problemele Energeticii Regionale Nr. 1 / 2007 /

În rusă:

17. Азоршубел И. Естественное охлаждение сезонным аккумулятором холода. В: Научный журнал КубГАУ. 2016. N121 (07).
18. Антроповский, Н. М., Скоркин, В. К., Морозов Н. М. Установка для охлаждения молока естественным холодом. патент РФ № 2243652. 2006.
19. Бородин, И. Ф. Основные направления сбережения электрической энергии в сельском хозяйстве. Энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 2-ой Международной научно-технической конференции. Москва : ГНУ ВИЭСХ, 2000. pp. 15-18.
20. Бруздаева, С.Н., Гудкова, Т.Ю. Энергосберегающая комбинированная установка для охлаждения молока с использованием вторичных источников энергии. В: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VIII Международной научно-практической конференции. 7-8 февраля 2017 г. - Ульяновск. 2017, ч. 1., с. 54-57.
21. Волконович А., **Слипенки В.**, Дайку А., et al. Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară și Transport Auto, Materialele Simpozionului Științific International „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova Chișinău 2018, p.,382-386
22. Волконович Л. Ф. et al. Математическая модель и производственные испытания установок сезонного действия для охлаждения молока. În: Știința agricolă, nr. 1 (2016) p.126-134
23. Волконович Л., Волконович А., Дайку А. et al. Имитационные методы определения эффективности биотехнических систем În: International conference “energy of Moldova 2016. Regional aspects of development” 29 September -1 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova

409, Государственный Аграрный Университет Молдовы Министерство Сельского Хозяйства и Пищевой Промышленности Республики Молдова

24. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. et al. Определение эффективности при модернизации биотехнических систем с учётом ситуации экономического риска. În: Știința agricolă, nr. 2 (2016) p.104-110
25. Волконович Л., Кушнир М., **Слипенки В** et al., Монография. Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции. Государственный Аграрный Университет Молдовы. Chișinău 2019
26. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. et al. Исследование временных режимов работы системы электрооборудования звеньев технологической линии обработки молока с энергосберегающей технологией. În: Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău 2016 p.251-255
27. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И. Температурное поле камер хранения фруктов и овощей при смешанном охлаждении. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013 г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 163-165.
28. Волконович Л.; Волконович А; **Слипенки В.;** Аналитический обзор существующего электрооборудования технологических линий обработки молока и пути дальнейшего его совершенствования. Universitatea Agrară de Stat din Moldova Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru și Drept Chișinău, 2022 Ce Uasm. pp. 335-340
29. Волконови А.; Скрипник Е.; **Слипенки В.;** Особенности, цели и задачи исследований автоматизированных технологических линий обработки молока как объектов управления Universitatea Agrară de Stat din Moldova Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru Și Drept Chișinău, 2022 Ce Uasm. pp. 367-372
30. Волконович А.; Волконович О. **Слипенки В.** Аналитический обзор и анализ тенденций развития автоматизированных технологических процессов и технических средств линий обработки молока на фермах Universitatea Agrară De Stat Din Moldova Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru și Drept Chișinău, 2022 pp.381-398
31. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И.. Основные этапы выбора варианта построения автоматизированного процесса по экономическому критерию. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 136-158.
32. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И.. Исследование температурно-влажностного режима хранения фруктов и овощей. Тирасполь : s.n., 2014. pp. 129-131.
33. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И., Попа И., Исследование температурного поля камер хранения фруктов и овощей при смешанном охлаждении. Тирасполь : s.n., 2014. pp. 126-128.

34. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И. Барьеры на пути развития возобновляемых источников энергии. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013г. Тирасполь : s.n., 2013.
35. Волконович Л., Стребков Д., Слипенки В., Возобновляемые источники энергии: состояние, ближайшая перспектива, технология и электрооборудование, Monografie, Chisinau Editura "Tehnica-Info" 2009
36. Волконович Л.Ф, Волконович А.Л, Дайку А. et al. Исследование ущербов при отказах системы электрооборудования технологических линий обработки молока. În: Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău, 2016 p.262-265
37. Волконович Л.Ф., Дайку А.С. et al. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 2 (23)/2017 p, 48-56, УДК 637.13.02
38. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., et al. Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 3 (24)/2017 p, 44-49
39. Волконович Л.Ф., Волконович А.Л., Слипенки В.Е. et al. Определение продолжительности использования энергосберегающих установок естественного и искусственного холода для хранения фруктов и овощей на территории Республики Молдова. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал (22)/2017 p, 58-65,
40. Волконович Л.Ф., Дайку А.С., Слипенки В.Е., et al. Анализ структурных схем энергосберегающего процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал (22)/2017 p, 65-72
41. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., Дайку А. et al. Определение и оценка параметров процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 2 (23)/2017 p, 40-47, УДК 637.13.02
42. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., Дайку А.С. et al. Применение естественного и искусственного холода для охлаждения молока. În: Știința agricolă, nr. 2 (2017) p. 84-91
43. Волконович, Л., et al. Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве. Monografie Кишинев : Tipografia A.Ș.M., 2007.
44. Волконович, Л., Кушнир, М., Кирияк, И. Определение температурных режимов и эксплуатационных характеристик камер хранения фруктов, оборудованных различными системами охлаждения. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013 г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 161-163.

45. Волконович, Л., Кушнир, М., **Слипенки В** Применение естественного и искусственного холода для охлаждения молока. *Știința agricolă*. Chisinau : UASM, 2017. No 2 (2017)
46. Волконович Л., Кушнир М., **Слипенки В.** Комплексный анализ автоматизированных энергосберегающих процессов для охлаждения молока. În: *Știința agricolă*, nr. 2 (2017) p. 92-99
47. Волконович, Л., Кушнир, М., Кириак, И., Звонкий, В. Пути построения ресурсов сберегающих автоматизированных технологий. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013 г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 158-161.
48. Волконович, Л.Ф., et al. Методика разработки унифицированной системы электрооборудования энергосберегающих технологических линий обработки молока. *Știința agricolă*. 2015, nr. 1.
49. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л. **Слипенки, В. Е.** Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. *Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал. По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ),. 2 (23)/2017.*
50. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л., **Слипенки, В.Е.**, Определение продолжительности использования энергосберегающих установок естественного и искусственного холода для хранения фруктов и овощей на территории Республики Молдова. *Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал. По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ), 2017. 1 (22)/2017.*
51. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л., **Слипенки, В.Е.** Определение и оценка параметров процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. *Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал, По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ), 2017. 2 (23)/2017.*
52. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л., **Слипенки, В. Е.**, Анализ структурных схем энергосберегающего процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. *Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал, По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ), 2017. 1 (22)/2017.*
53. Волконович, Л.Ф. и др. Разработка и систематизация алгоритмов управления электрооборудованием энергосберегающих технологических линий обработки молока. *Știința Agricolă*. Nr.2 2015 г..
54. Дайку, А. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: *Știința agricolă*, nr. 1 (2019). p. 131-137.
55. Зверев, С.С. Разработка технологии использования естественного холода для низкотемпературного консервирования молока и молочных продуктов : автореферат дис. ...

- канд. техн. наук. Кемерово, 2011, 22 с.
56. Иванов, В.В. Повышение энергоэффективности оборудования для охлаждения молока с использованием природного холода : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Мичуринск. 2016. 22 с
 57. Квашенников, В.И., Козловцев, А.П., Коровин, Г.С. Энергосберегающий метод охлаждения сельскохозяйственной продукции. В: Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК. Оренбург, 2014, с. 208-214. .
 58. Квашенников, В.И., Шахов, В.А., Козловцев, А.П. [и др.]. Природный холод - приоритетное направление при охлаждении молока. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015, N 6, с. 90-93. .
 59. Козловцев, А.П. Обоснование и разработка энергосберегающей технологии охлаждения молока в замкнутом цикле системы "атмосфера-инженерное сооружение-водная среда" : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Оренбург, 2017, 38 с
 60. Козловцев, А.П. Результаты экспериментального исследования тепломассообменных процессов при использовании естественного холода. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2017; N 3. - С. 96-99.
 61. Козловцев, А.П. Теоретические основы промерзания воды при послойном намораживании льда в льдоаккумуляторах. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017, N2 (64), с. 84-86. .
 62. Кирсанова А. Анализ метеоусловий северной зоны приднестровья для расчета параметров установок естественного холода для охлаждения молока и хранения фруктов и овощей Universitatea Agrară De Stat Din Moldova Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru Și Drept Chișinău, 2022 Ce Uasm.pp.372-377
 63. Кирсанова А. Расчет параметров установок естественного холода для северной агроклиматической зоны приднестровья Universitatea Agrară De Stat Din Moldova Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru Și Drept Chișinău, 2022 Ce Uasm. pp.381-394
 64. Chirsanova A., **Slipenchi V.**, Volconovici A. et al. Расчет толщины намораживания льда в льдохранилищах систем естественного холода для охлаждения молока и хранения плодовоовощной продукции. În: Știința agricolă, nr. 1 2020, UASM, p. 127-136
 65. Козловцев, А.П., Панин, А.А., Карякина, М.А. [и др.]. Разработка энергосберегающего двухемкостного водооборотного льдогенератора. В: Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК. Оренбург, 2017, с. 180-184.
 66. Козловцев, А.П., Квашенников, В.И., Константинов, М.М., Козловцева, С.П. Секционный аккумулятор природного холода для охлаждения молока на фермах. В: Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии 2016; Вып. 4. - С. 43-46.
 67. Козловцев, А.П., Квашенников, В.И., Шахов, В.А. Предпосылки использования комбинированного аккумулятора природного холода на основе фазовопереходных теплообменников . В: Достижения науки и техники АПК. 2017, N 7, с. 66-68.

68. Коршунов, А.Б. Методика расчета аккумуляционных комбинированных холодильных машин с использованием природного холода. В: Вестник ФГОУ ВО МГАУ. 2012, №3 (54), с. 25-27.
69. Коршунов, А.Б. Электрифицированная бесфреоновая система охлаждения молока на фермах. автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва : ГНУ ВИЭСХ, 2002.
70. Коршунов, А.Б., Иванов, В.В. Технологические схемы энергосберегающих систем для охлаждения молока на фермах. В: Инновации в сельском хозяйстве. 2014, N4, с. 233-236.
71. Коршунов, А.Б., Иванов, В.В. Энергосберегающий модуль для охлаждения молока с использованием природного холода и хладоносителей с низкой температурой замерзания. В: Вестник ВИЭСХ /. Москва, 2016, N 2(23), с. 127-131.
72. Коршунов, А.Б., Коршунов, Б.П. Аккумуляционные установки для охлаждения молока на фермах. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019, N3 (35). с. 114-117.
73. Коршунов, А.Б., Иванов, А.В. Энергосберегающая система охлаждения молока на пастбищах [Грунтовые теплоохлаждающие установки с двухфазными термостабилизаторами]. В: Достижения техники и технологий в АПК. Ульяновск, 2018, с. 128-134
74. Коршунов, А.Б., Коршунов, Б.П., Иванов, А.В. Энергосберегающий модуль к системе охлаждения молока на фермах // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. N 3 (31). с. 119-122.
75. Коршунов, Б.П., Коршунов, А.Б. Аккумуляция холода: резерв повышения энергоэффективности охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции. В: Вестник ВИЭСХ. 2018, N 1(30), с. 38-44. .
76. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г.и др. Водоледающие аккумуляторы для охлаждения молока на фермах с применением природного холода и экологически безопасных хладоносителей. В: Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения. Санкт-Петербург, 2011, Т. 3, с. 178-182.
77. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г.и др.. Экологичное энергосберегающее оборудование для охлаждения молока. В: Техника и оборудование для села. 2011, N 4, с.29-30.
78. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г. и др.. Энергосберегающее оборудование для охлаждения молока на семейных фермах [С использованием естественного и искусственного холода]. В: Механизация и электрификация сел.хоз-ва. 2012, , с. 21-23.
79. Коршунов, Б.П. Марьяхин, Ф.Г. и др.. Энергосберегающая система охлаждения молока с использованием комбинированных водоледающих аккумуляторов. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016,N3,с152-157.
80. Коршунов, Б.П. Марьяхин, Ф.Г.и др.. Повышение эффективности систем охлаждения и хранения молока на фермах [Аккумуляционные комбинированные холодильные машины с использованием природного холода]. В: Техника в сельском хозяйстве. 2010, N 2, с. 6-8
81. Коршунов. Б.П., Марьяхин, Ф.Г., Учеваткин, А.И. и др.. Математическая модель и метод

- расчета параметров энергосберегающей теплохолодильной системы для животноводческих ферм. В: Вестник ВИЭСХ. 2012, вып. 4(9), с. 34-38. // doc2.8
82. Краусп, В. Р. Комплексная автоматизация в промышленном животноводстве. Москва : Машиностроение, 2002.
 83. Волконович Л.Ф., **Слипенки В.Е.** . Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 3 (24)/2017 р, 44-49
 84. Кушнир М., **Слипенки В.**, Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău : UASM, 2018. 51.
 85. Кушнир М., Волконович А., Дайку А. Исследование энергетических режимов работы технологических линий обработки молока. În: Materialele Simpozionului Științific Internațional „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău, 2016 p.256-261 .
 86. Кушнир, М. Выбор и обоснование оптимальных параметров и режимов работы, автоматизированных энергосберегающих технологических систем охлаждения молока. Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto. Chișinău : UASM, 2015. Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 437 - 440. .
 87. Кушнир, М. Г. Анализ ущербов при отказах электрооборудования технологических линий первичной обработки молока с применением источников искусственного, естественного и комбинированного холода. Lucrări științifice, Sesiunea științifică jubiliară cu participare internațională, “Prezent și viitor în domeniul mecanizării și electrificării agriculturii”. Chișinău : UASM, 19-20 octombrie 2000.
 88. Кушнир, М. Г. Совершенствование режимов работы установок естественного холода сезонного действия в линиях с ёмкостными охладителями. Lucrări științifice, Sesiunea științifică jubiliară cu participare internațională, “Prezent și viitor în domeniul mecanizării și electrificării agriculturii”. Chișinău : UASM, 19-20 octombrie 2000.
 89. Кушнир, М. Формирование автоматизированных энергосберегающих технологических линий обработки молока. Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto. Chișinău : UASM, 2015. Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 434 - 437.
 90. Кушнир, М., Горобец, **Слипенки, В.**, . Исследование энергетических режимов работы технологических линий обработки молока. Simpozionul Internațional Științifico - Practic, dedicat aniversării a 65 de ani de la fondarea Facultății cu genericul „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – Realizări și perspective”. Chișinău : UASM, 29-30 septembrie 2016.

91. Лавров, В.А. Электротехническая система охлаждения молока на фермах с использованием природного холода : автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2006. - 20с
92. Malai Leonid, Кирияк И.И. Слипенки Викторин . Функционально-структурная схема энергосберегающей установки для охлаждения молока. Государственный Аграрный Университет Молдовы Inginerie agrară și transport auto. Materialele Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” Volumul 45. 2015. Chișinău, Republica Moldova.
93. Морозов, Н. М. Цой, Л. М. Резервы энергосбережения в животноводстве. Энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 2-ой Международной научно-технической конференции. Москва : ВИЭСХ, 2000. pp. 35-38.
94. Мохначева, Ю.В. Анализ устройств для охлаждения молока с использованием естественного холода. В: Идеи молодых ученых: экономика и агроинженерия, Челябинск, 2018. - С. 57-69. ISBN 978-5-88156-802-3.
95. Мультан А.А., Энергосберегающая комбинированная система охлаждения молока с использованием природного холода и водоледяного аккумулятора http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2011_02_1/pdl7204multan.pdf
96. , Марьяхин Ф., Учеваткин А. Влияние режимов работы электроприводов технологической линии на показатели качества обрабатываемого молока. 2012. Vol. 63, pp. 17-26.
97. Новая технология (VaDia) контроля вакуумного режима во время доения Epi Postma, BioControl AS, Rakkestad – Norway. www.biocontrol.no/download/NMC_Florida2_low_res.pdf
98. Охладители молока мгновенного охлаждения. Для использования на молочных фермах, молокоприёмных пунктах и молочных заводах.
99. Патент РФ № 2314681. Энергосберегающая установка для охлаждения молока на фермах с использованием природного холода / Ф.Г. Марьяхин, Б.П. Коршунов, А.Б. Коршунов, Ю.Б. Пржежицкий, Ю.В. Челнищев. – БИ № 36. – 2008.
100. Побединский В., Волконович Л., Дайку А., Модель и принципы биотехнологического мониторинга производства молока на учебно-экспериментальном комплексе. În: Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară și Transport Auto, Materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova, Chișinău 2018 p.133- 138
101. Попова М.И. Обоснование и разработка льдоаккумулятора природного холода годовой потребности и способа его использования на молочно-товарных фермах : автореф. дис. канд. техн. наук. Оренбург, 2018, 18 с
102. Тесленко, И.И. Ресурсосберегающие технологии в молочном животноводстве. 3. Москва : Колос, 2002.

103. **Слипенки В.;** Кирсанова А.; Волконович А.; . Анализ процесса учета, транспортировки, очистки и охлаждения молока на фермах Universitatea Agrară De Stat Din Moldova Lucrări Științifice Volumul 55, Cadastru Și Drept Chișinău, 2022 Ce Uasm. pp.377-381
104. **Слипенки В.** Оценка параметров процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода на территории Республики Молдова. Государственный Аграрный Университет Молдовы. În: Știința agricolă, nr. 1 (2019) p. 147-153 ISSN 2587-3202 (electronic)
105. Степка О., **Слипенки, В.**, Кирияк, И., Приемник-аккумулятор естественного холода для охлаждения молока. In: Materialele Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” Volumul 45. 2015. Chișinău, Republica Moldova. ISBN 978-9975-64-276-7.
106. **Слипенки В.;** Кирсанова А.; Малай Л.;Передовой зарубежный и отечественный опыт развития технологий и линий первичной обработки молока на фермах Universitatea Agrară de Stat din Moldova Lucrări Științifice Vol. 55, Cadastru și Drept Chișinău, 2022 Ce Uasm.pp.360-365
107. Учеваткин, А. И. Автоматизированные энергосберегающие технологии и система электрооборудования линий первичной обработки молока на фермах. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. Москва : ВИЭСХ, 1998.
108. Учеваткин, А. И., Марьяхин, Ф. Г., Мальнев, В. П., Исследование режимов работы энергосберегающих технологических линий обработки молока. Научные труды Российской инженерной академии менеджмента и агробизнеса. п. Челюскинский : ФГБОУ «РИАМА», 2002. pp. 218 - 239.
109. Фокин, А.И. Применение естественного холода в молочном производстве. В: Механизация и электрификация сел.хоз-ва. 2007, с. 16-17.
110. Фокин, А.И., Цой, Ю.А., Зиганшин, Б.Г. [и др.]. Комбинированная установка для охлаждения молока с использованием искусственного и естественного холода. В: Техника и оборуд.для села. 2015, N 10, с. 11-12.
111. Шахов, В.А., Козловцев, А.П., Аширов, И.З., Альтернативные источники энергии в системе охлаждения пищевой продукции. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017, N3 (65), с. 99-101. ISSN 2073-0853.
112. Шилин, В.А., Герасимов, О.А., Лобачев, А.В. Использование естественного холода как охлаждающего агента для молока. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2012, №2, с. 195-200. ISSN 2226-4302.
113. Шилин, В.А., Герасимова, О.А., Лобачев, А.В. Охлаждение молока на фермерских хозяйствах с применением естественного холода. В: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Санкт-Петербург, 2012, с. 303-305. ISSN 0136-5169.
114. Яковенко, Н.А., Хлебников, И.К. Комбинированная бесфреоновая установка для охлаждения молока на фермах. В: Повышение эффективности животноводства в Сибири. Новосибирск, 2006, с. 212-219.

În engleză:

115. Anatolie Daicu , Augustin Volconovici, Ala Chirsanova determining the duration and efficiency of use of installations with natural cold for milk cooling in the Republic of Moldova, EMERG, Volume VI, Issue 2/2020, ISSN 2668-7003, ISSN-L 2457-5011 p.25-38
116. Daicu A., Volconovici A., **Slipenchi V.**, et al. Structural and functional diagram, automatic graphs and operating algorithms of the natural and artificial cold receiver/accumulator for milk cooling. În: EMERG - Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization, vol. vol. 6, nr.4, Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR), Comitetul Național Român al Consiliului Mondial pentru Energie (WEC / RNC), 2020, p. 13-22, doi: 10.37410/EMERG.2020.4.0
117. Daicu A., Volconovici A., **Slipenchi V.** et al. Combined automated installation deployment for milk cooling. În: Journal of Engineering Science, vol. XXVII 3, UTM, 2020 p. 65-75, doi: 10.5281/zenodo.3949666
118. ISO 5707:2007. Milking machine installations — Construction and performance, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2007.
119. ISO 6690:2007 Milking machine installations — Mechanical tests, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2007.
120. Mein G.A., Williams D.M.D and Reinemann D.J. NMC. 2000. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: Mechanical forces applied by the teat cup liner and responses of the teat. 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26-29, 2003.
121. National Agency for Energy Regulation of the Republic of Moldova [online]. Accessed: 3 May 2020. Available: <http://www.anre.md/tarife-in-vigoare-3-204>
122. Volconovici L., Crețu V., Volconovici A., . Mathematical model of the ecological system with electricity consumption for milk cooling in the Republic of Moldova. Proceedings of the 8-th International Conference on electromechanical and power systems. Sielmen : s.n., 2011.
123. Volconovici, L., Crețu, V., Volconovici, A., Experimental researches of the ecological system for cooling of milk with low energy consumption. Proceedings of the 8-th International Conference on electromechanical and power systems. Sielmen : s.n., 2011.
124. WPS, Wisconsin Public Service. In-line milk cooling. Saving energy > Energy efficiency for your farm > In-line milk cooling >. [Online] 2018. https://accel.wisconsinpublicservice.com/business/milk_cooling.aspx.
125. Ursatii Nicolai, **Slipenchi Victorin**. Milk pre-cooling solutions in the collection process from home producers. Theses of the 75th scientific conference of students, masters and doctoral students. – Chisinau: CE UASM, 2022. P.21

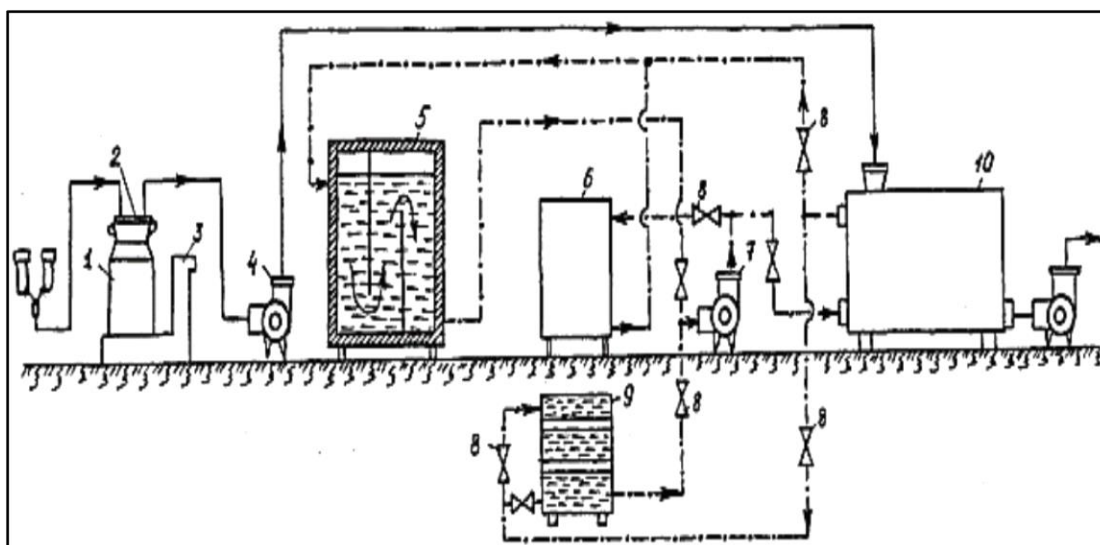


Fig. 2.7 Linie de prelucrare automatizată cu consum redus de energie electrică a laptelui pentru ferme de vaci cu 50, 100 și 200 de capete (muls în cupe (găleți) portabile) :

1 - balon; 2 – separatorcu filtru; 3 - Căntar BIII-100; 4 - pompă de lapte autoamorsantă, tip E8-36MI13-10; 5 - acumulator de frig artificial și natural; 6 - instalație frigorifică; 7 – pompa agentului frigorific; 8 - supape de comutare; 9 - acumulator de frig natural; 10 - rezervor de răcire
 _____ lapte; -.-.-.-.- agent frigorific

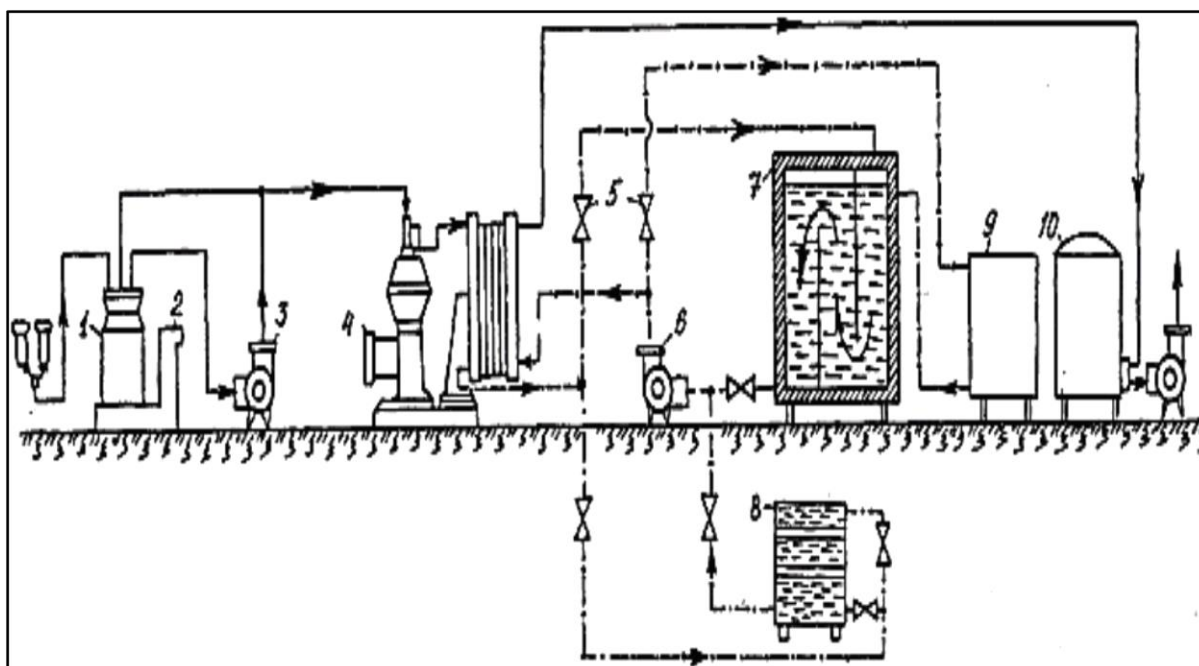


Fig. 2.8 Linie tehnologică automatizată cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui pentru ferme de vaci cu un efectiv de 200 de capete (cu o productivitate medie anuală a fermei de peste 3000 kg / cap, muls în găleți portabile

1 - balon; 2 - cântar BIII-100; 3 - pompă de lapte autoamorsantă, tip E8-36MI13-10 (completat cu OM-1); 4 – purificator de răcire a laptelui OM-1 sau OM-1 A (fără pompă); 5 - supape de comutare; 6 – pompa agentului frigorific; 7 - acumulator de frig artificial și natural; 8 - acumulator de frig natural; 9 - instalație frigorifică; 10 – rezervor-termos

_____ lapte; -.-.-.- agent frigorific

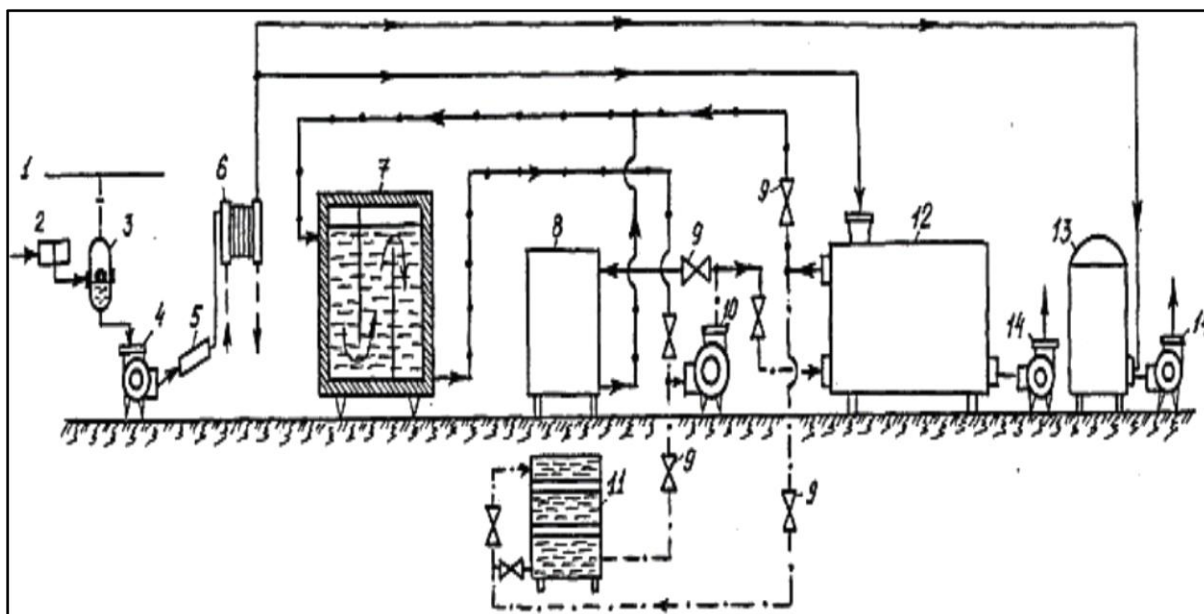


Fig. 2.9 Linie tehnologică automatizată cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui pentru ferme de vaci cu capacitatea de 50, 100 și 200 de capete (muls în fermă)

1 - conducta de lapte; 2 - contor de lapte; 3 - separator de aer colector de lapte (releaser); 4 - pompa de lapte HMY-6; 5 - filtru tubular АДМ.09 000; 6 - Răcitor cu plăci АДМ. 13.000; 7 - acumulator de frig artificial și natural; 8 - instalație frigorifică; 9 - supape de comutare; 10 - pompa agentului frigorific; 11 - acumulator de frig natural; 12 - rezervor de răcire; 13 - rezervor termos; 14 - pompa de lapte Г2-0ПА.

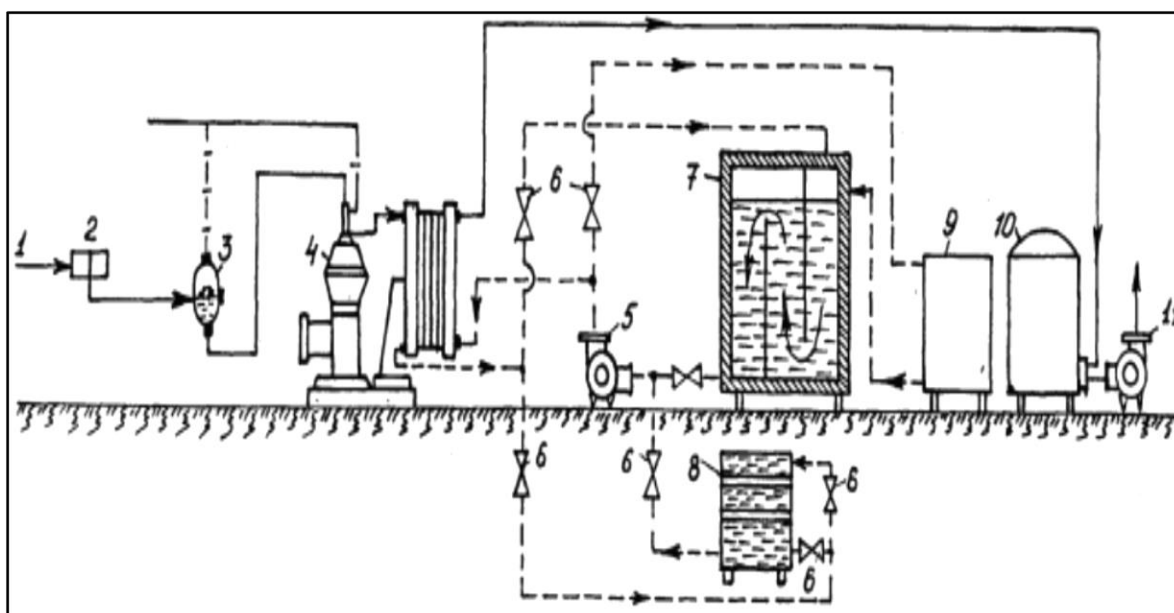


Fig. 2.10 Linie tehnologică automatizată cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui pentru ferme de vaci de 50, 100 și 200 de capete (mulsul în fermă în conductă de lapte sau în sala de muls pe o instalație Tandem sau Elochka):

- 1 - conductă de lapte; 2 - contor de lapte; 3 - separator de aer colector de lapte (releaser); 4 - purificator de răcire a laptelui 0M-1Φ; 5 – pompa agentului frigorific; 6 - supape de comutare; 7 - acumulator de frig artificial și natural; 8 - acumulator de frig natural; 9 - instalație frigorifică; 10 - rezervor termos; 11 - pompa de lapte Γ2-0ΠА.

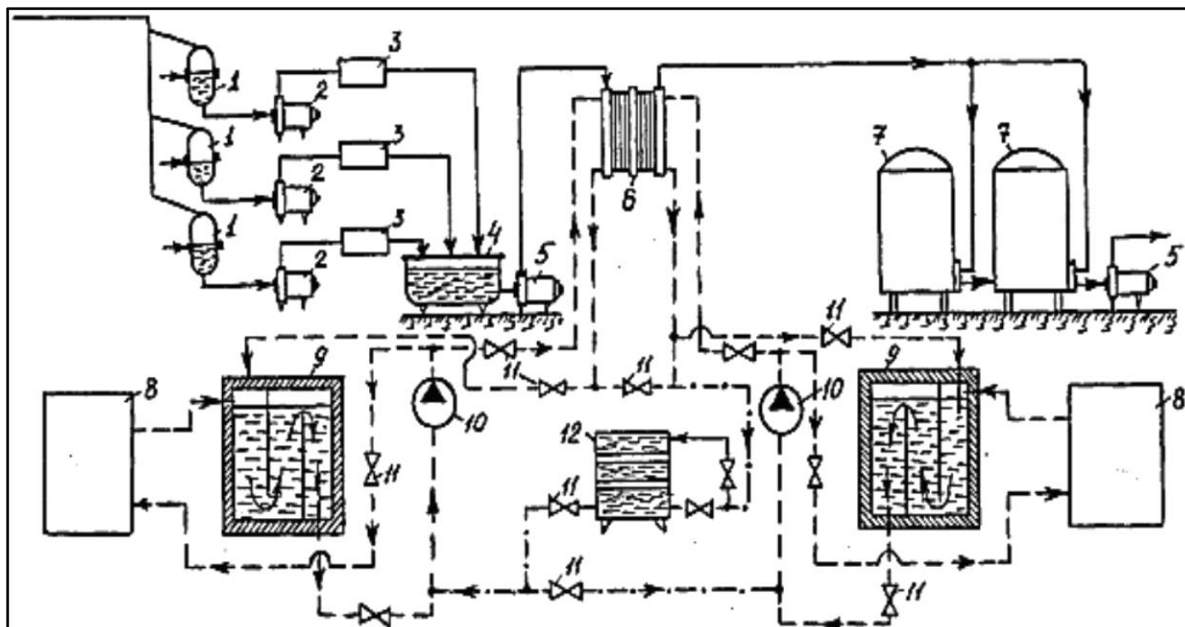


Fig. 2.11 Linie tehnologică automatizată cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui pentru ferme de vaci de 200, 300 și 400 capete (muls într-o încăpere specială)

1 - colector de lapte; 2 și 5 - pompe de lapte HMY-6 și Г2-0IIA; 3 - filtru АДМ.09.000; 4 - rezervor de primire a laptelui БМ-1000; 6 - răcitor cu plăci АДМ. 13.000 sau ООТ-М; 7 - rezervor termos; 8 - instalație frigorifică; 9 - acumulator de frig artificial și natural; 10 – pompa agentului frigorific; 11– robinete (supape) de comutare; 12 - acumulator de frig natural АЕХ.

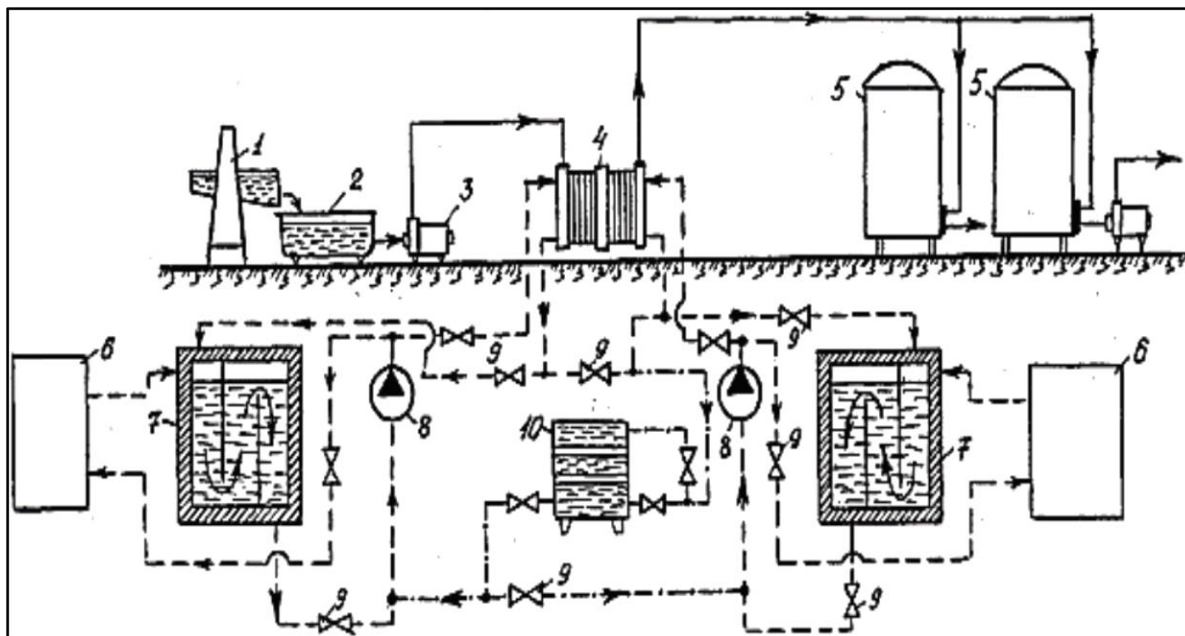


Fig. 2.12 Linie tehnologică automatizată cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui pentru ferme mari cu capacitatea de 5 și 10 tone pe zi

1 - cântare de lapte СМИ-250 (pentru 6 t) și СМИ-500 (pentru 12 t); 2 - rezervor de primire a laptelui БМ(ОБК)-250 sau 1000; 3 - pompa de lapte Г2-0ПА și Г2-0ПБ; 4 - răcitor cu plăci ООТ-М; 5 - rezervor termos; 6 - instalație frigorifică; 7 - acumulator de frig artificial și natural АFNA; 8 – pompa agentului frigorific; 9 - supape de comutare; 10 - acumulator de frig natural АFN;

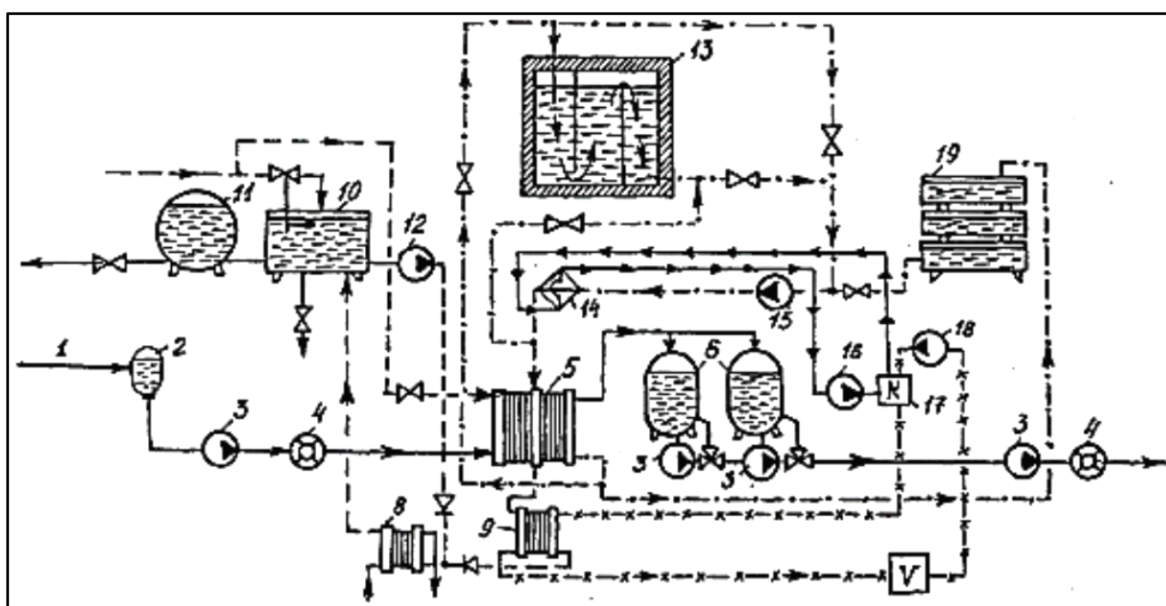
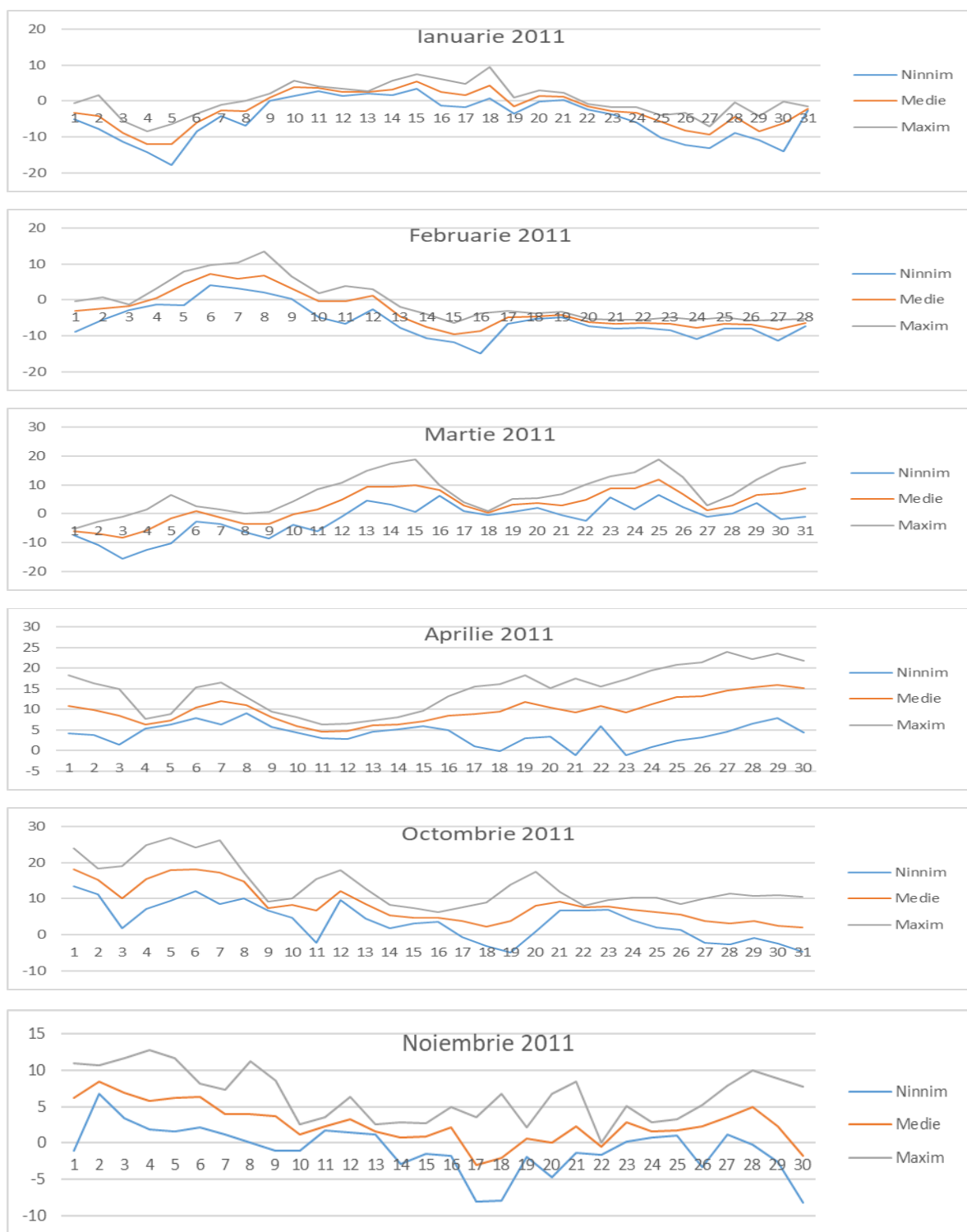


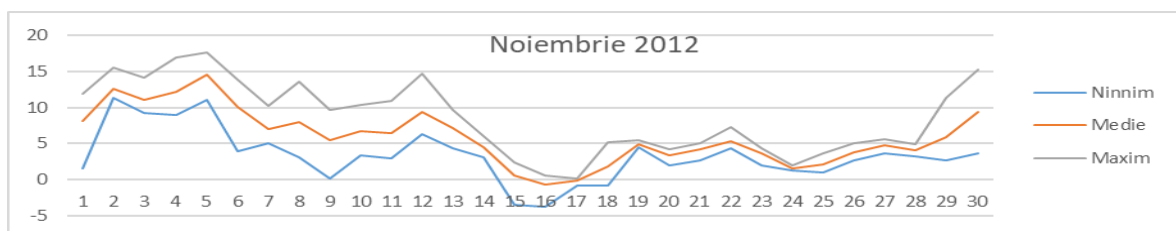
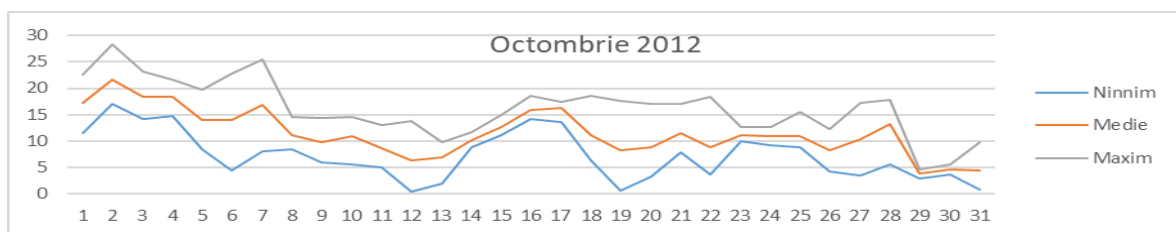
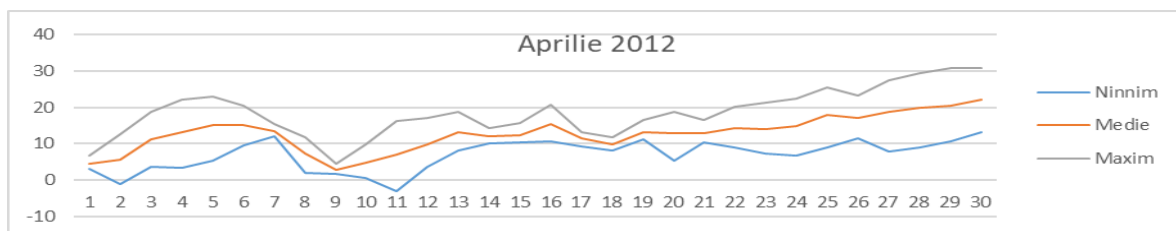
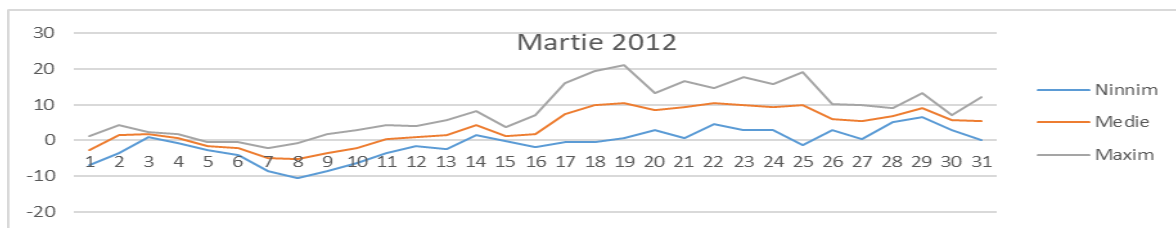
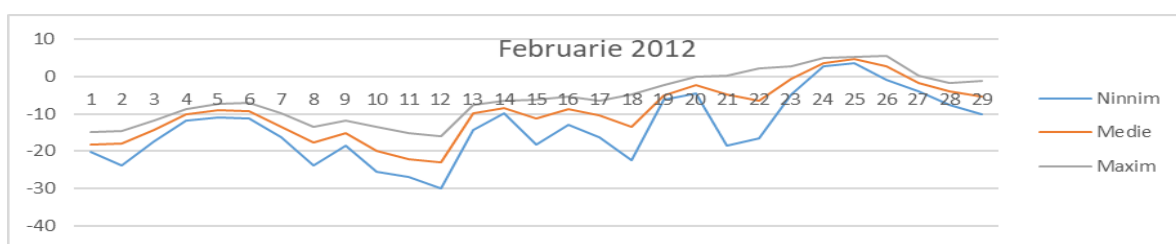
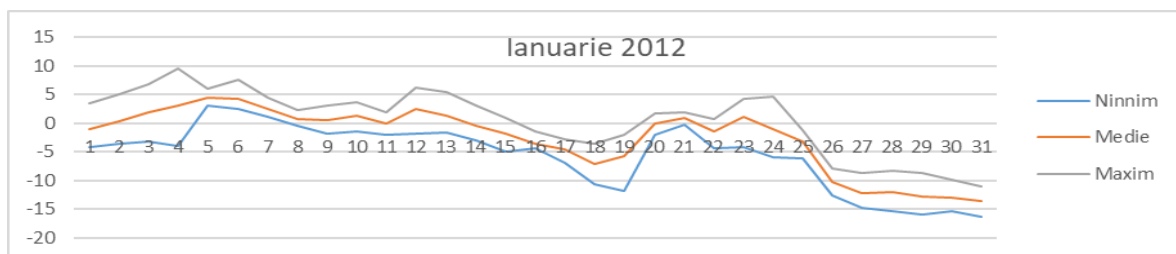
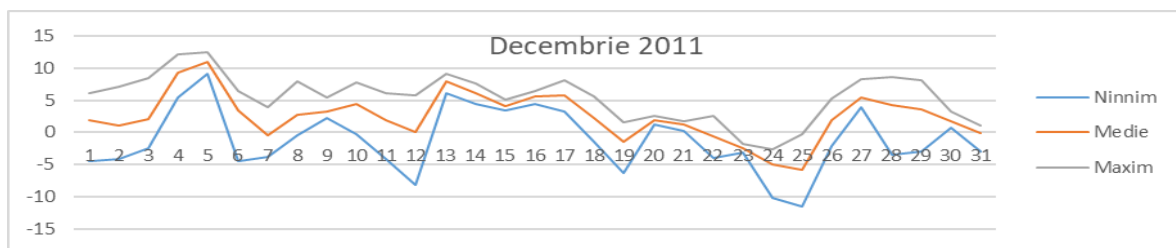
Fig. 2.13 Linie tehnologică automatizată cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui pentru ferme

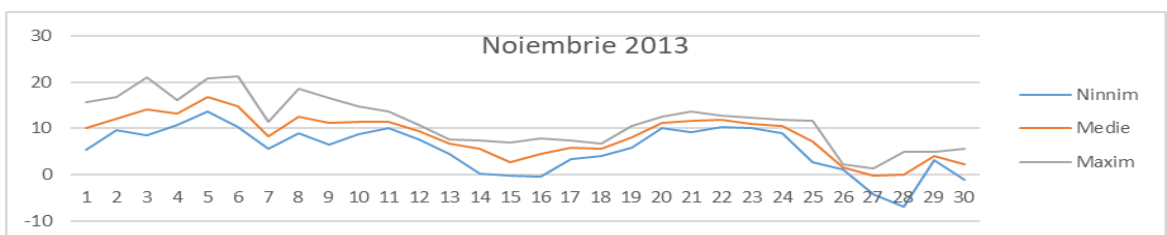
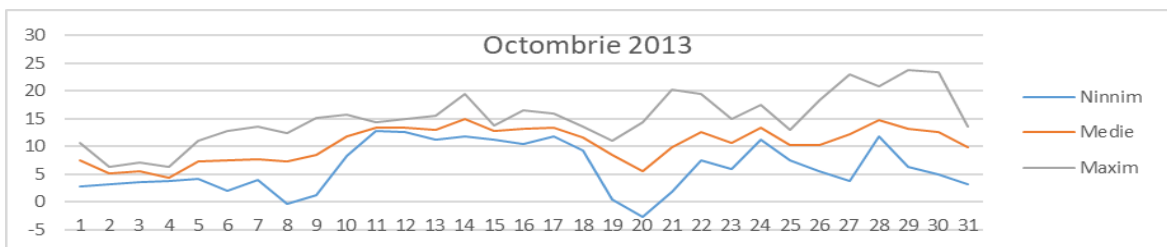
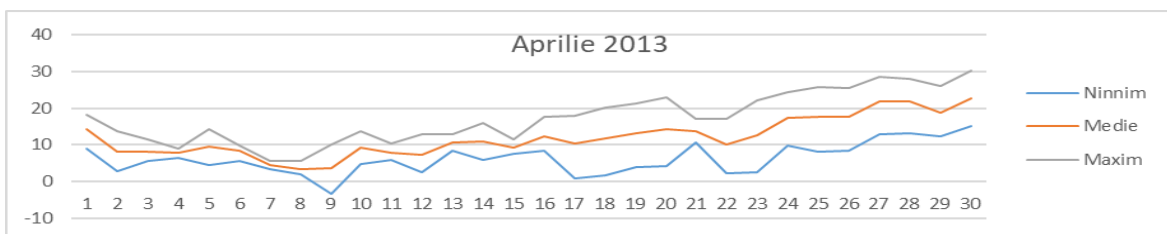
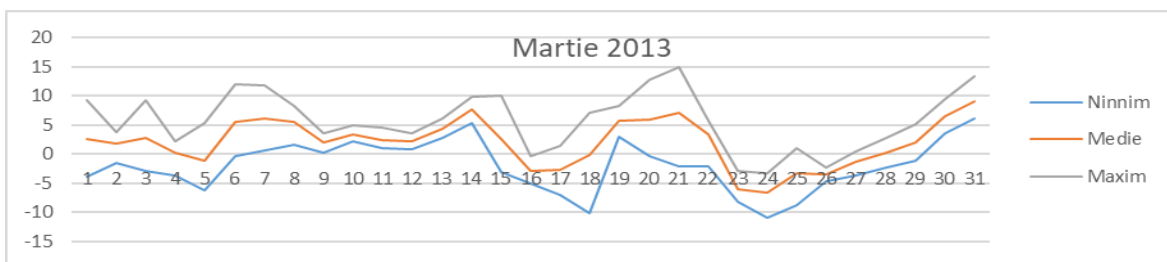
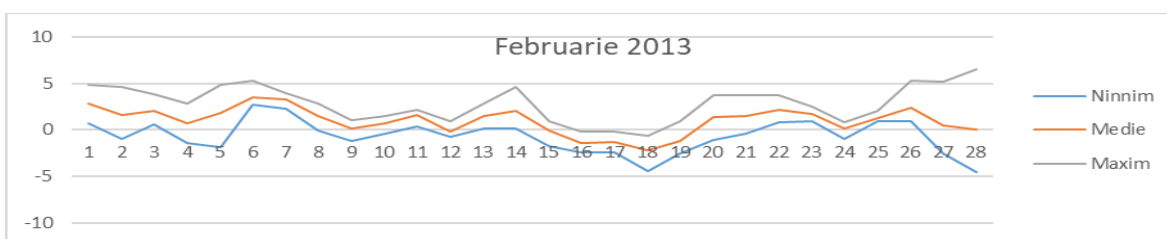
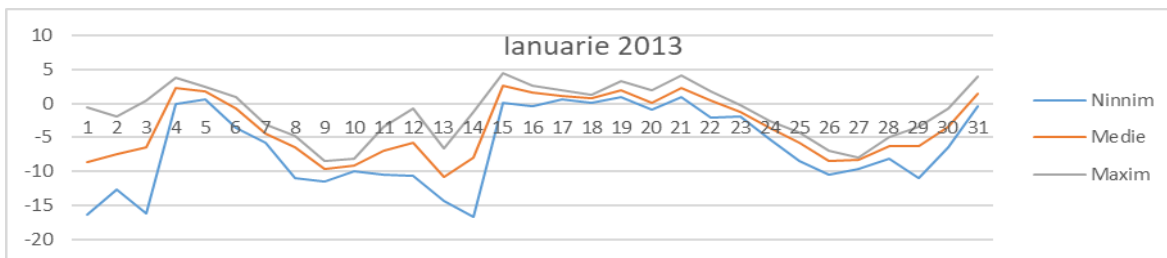
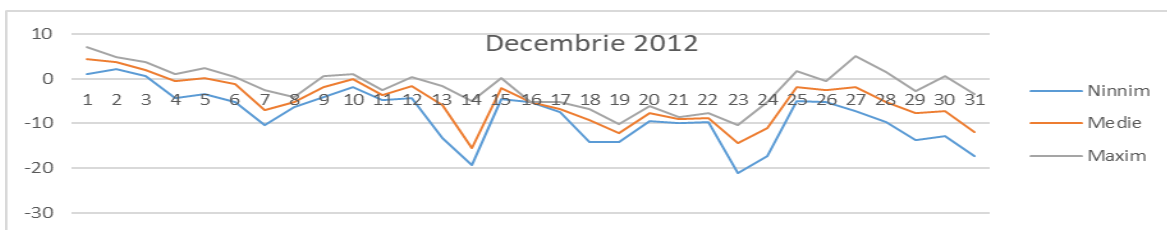
1 - conductă de lapte; 2 - separator de aer colector de lapte; 3- pompă dozator de lapte E8-0HГ; 4 - contor de lapte; 5 - răcitor cu plăci OOT-M; 6 - rezervor termos; 7 - rezervor pentru răcirea condensatorului instalației frigorifice; 8, 9 - schimbătoare de căldură din prima și a doua etapă; 10 - rezervor de apă caldă cu un regulator de plutire; 11 - încălzitor de apă; 12 - pompă de apă; 13 - acumulator de frig artificial și natural AFNA; 14 - evaporator al instalației frigorifice; 15 – pompa agentului frigorific; 16 - compresorul instalației frigorifice; 17 - condensator al instalației frigorifice; 18 - pompa sistemului de răcire a condensatorului; 19 - acumulator de frig natural AFN.

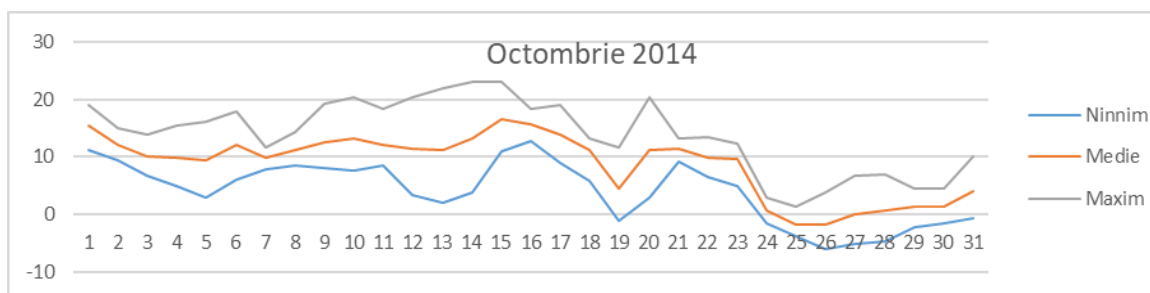
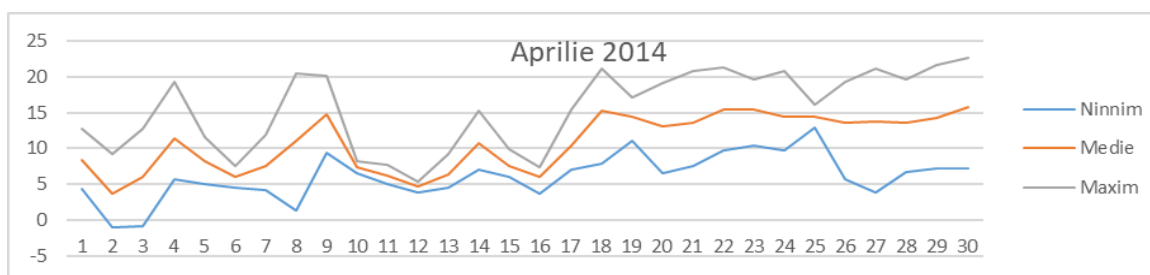
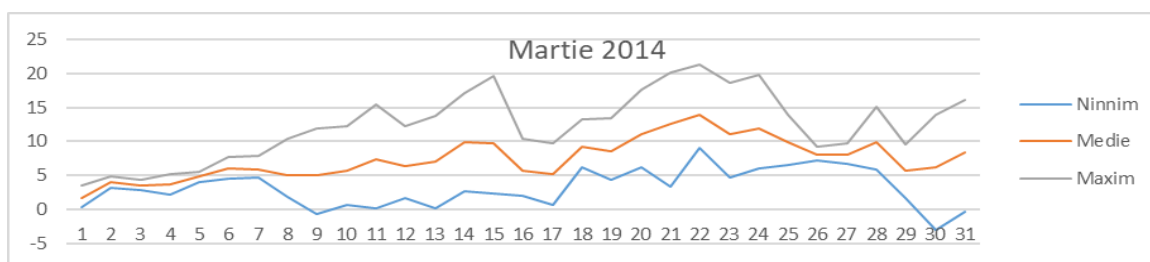
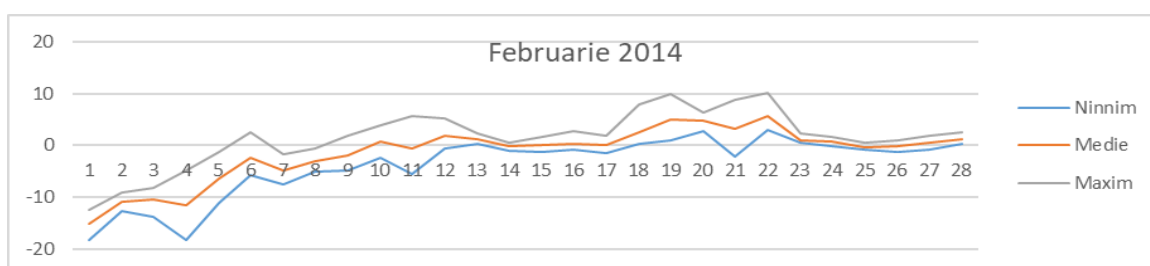
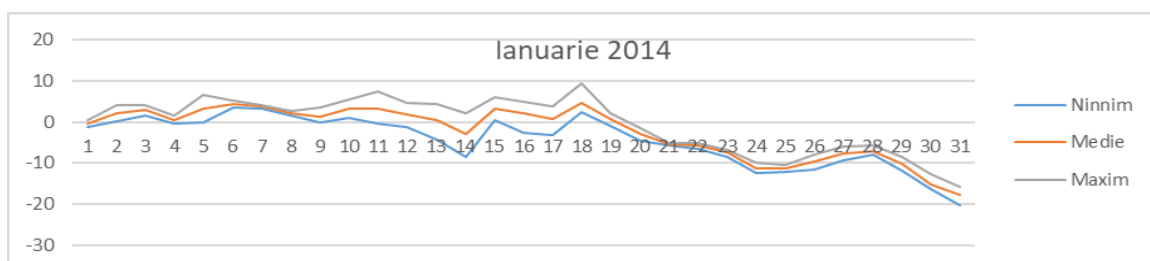
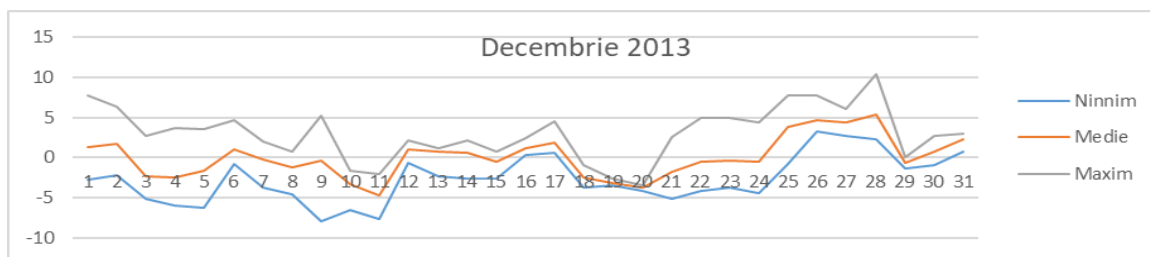
_____ lapte; _._._._ agent frigorific AFN; ----- agent frigorific de la instalația frigorifică AFNA; x-x-x-x-x apa sistemului de răcire a condensatului; agent frigorific IF

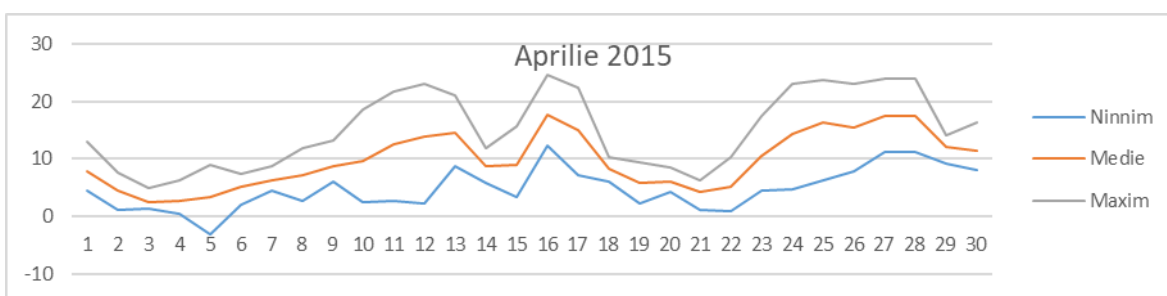
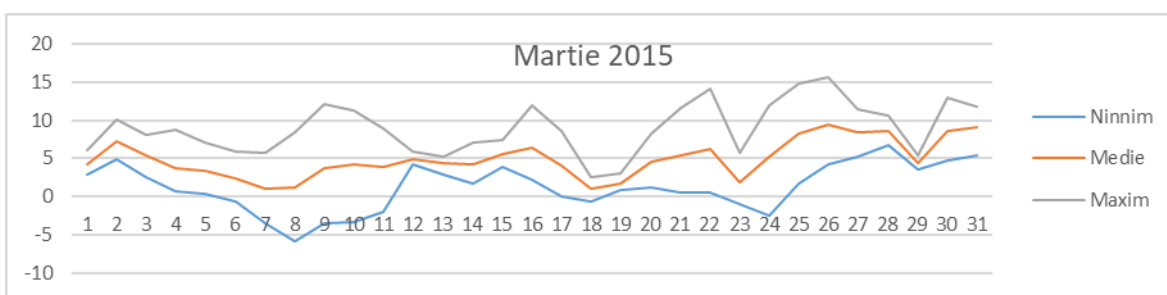
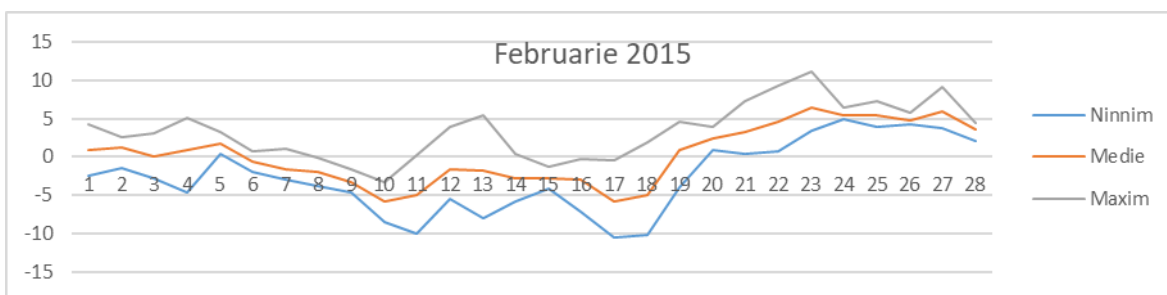
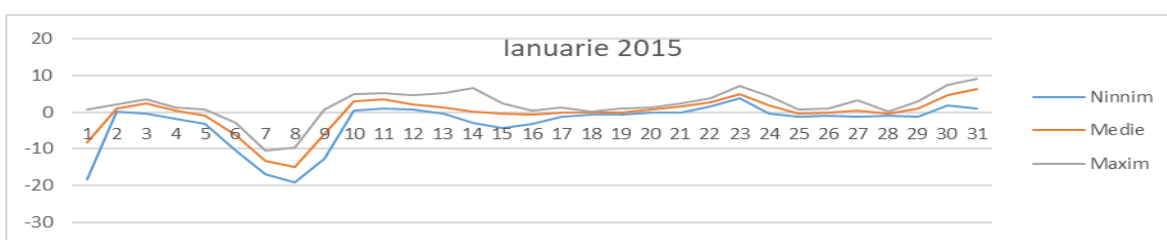
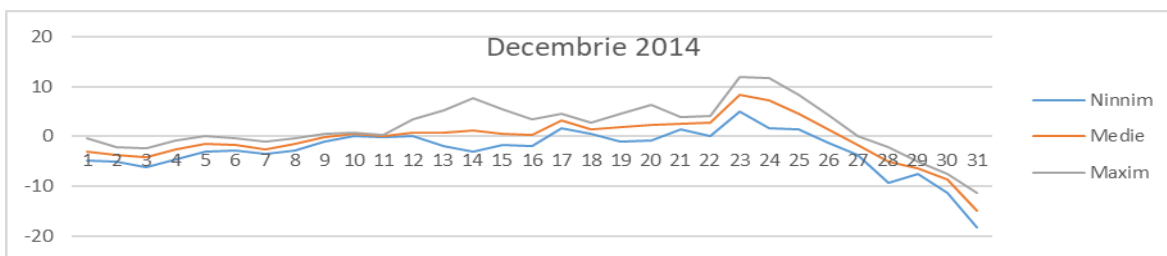
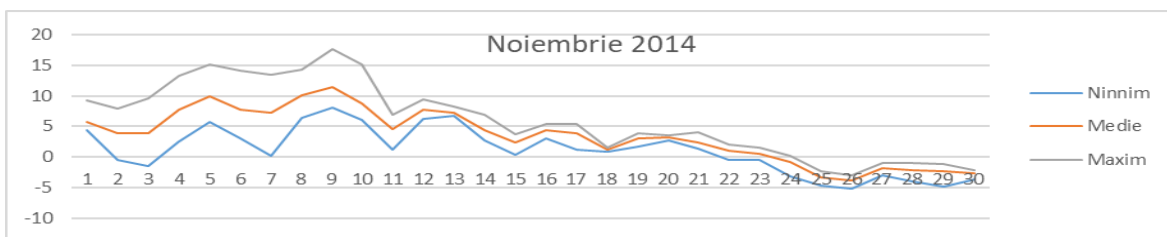
**Temperaturile aerului atmosferic pe perioada rece a anului, pentru anii 2011-2019,
mun. Bălți.**

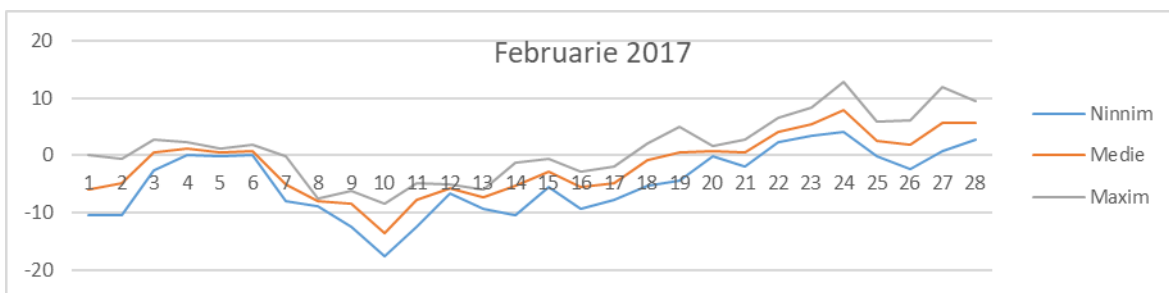
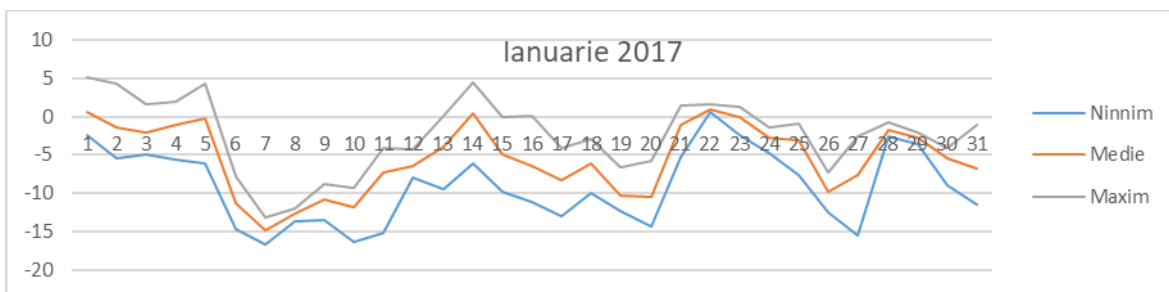
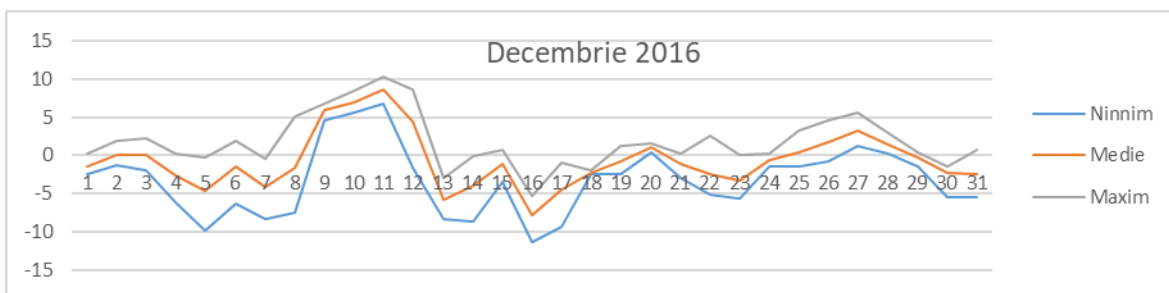
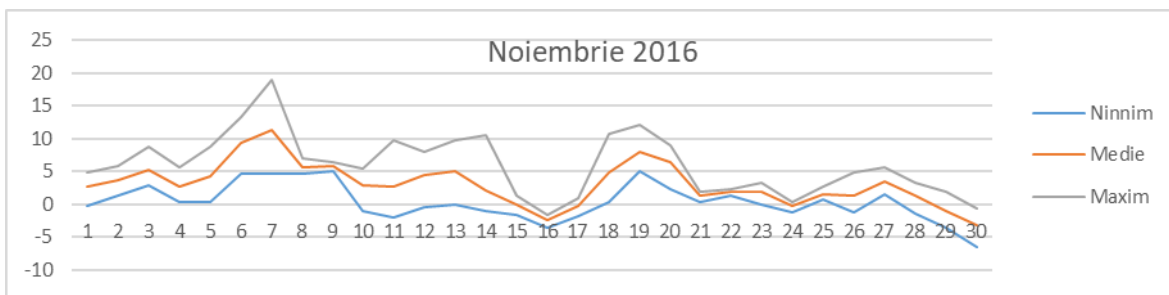
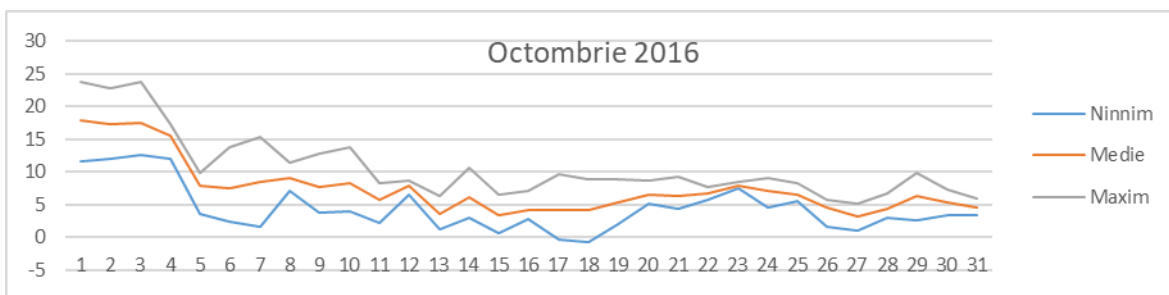


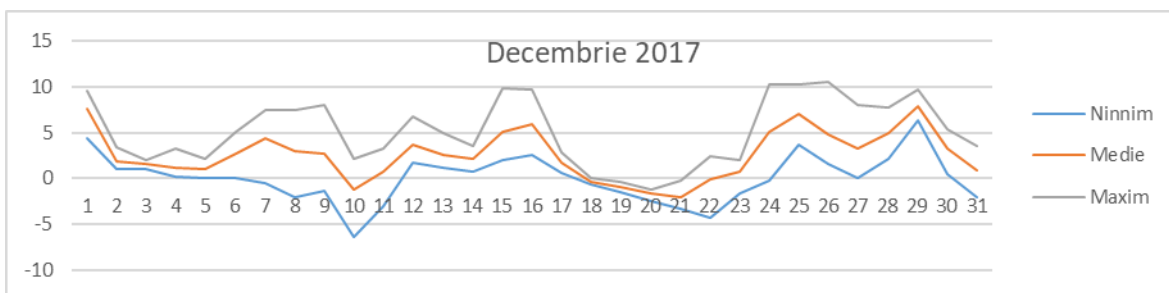
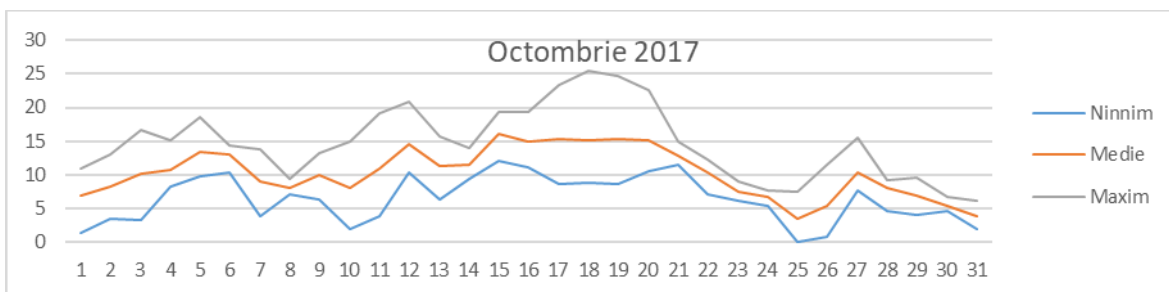
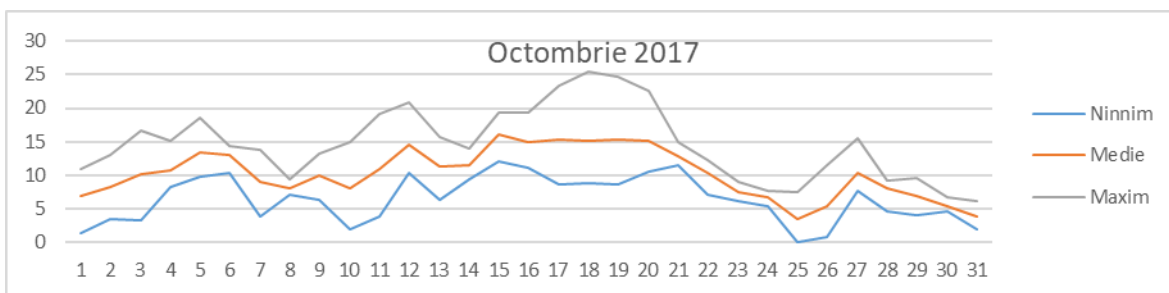
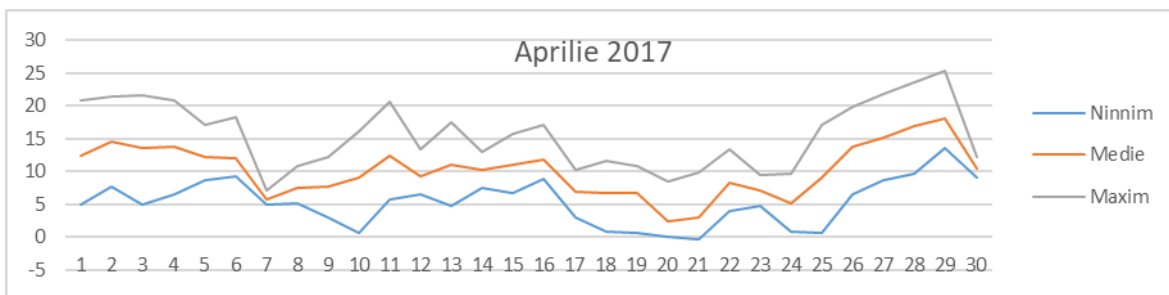
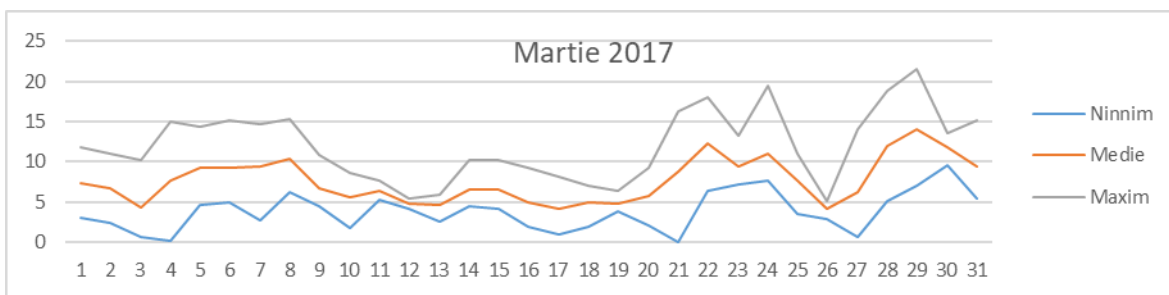


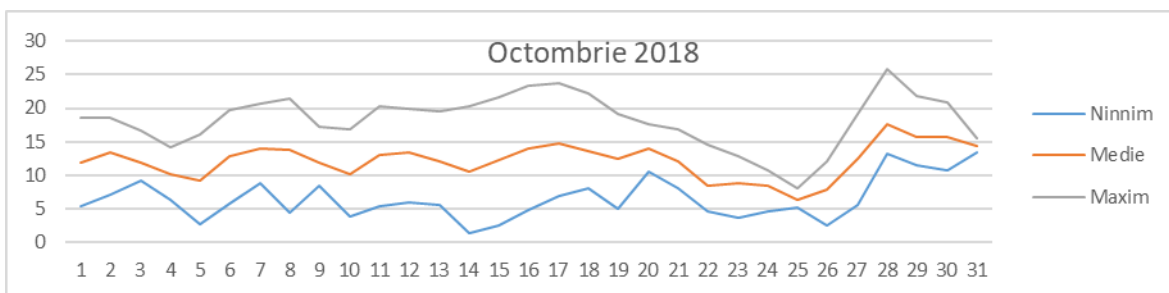
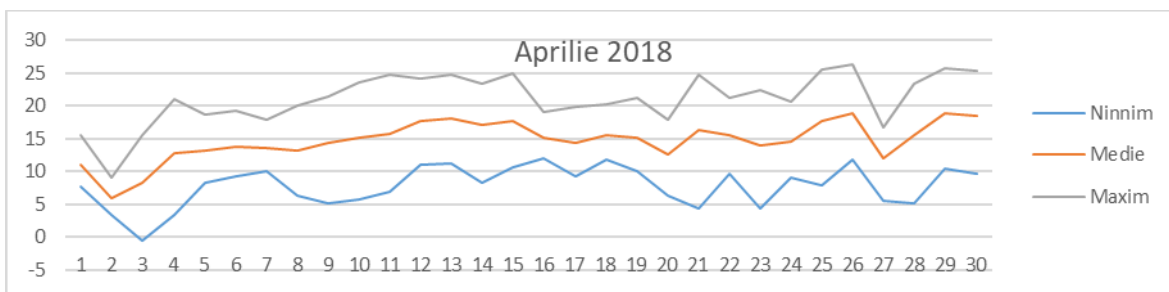
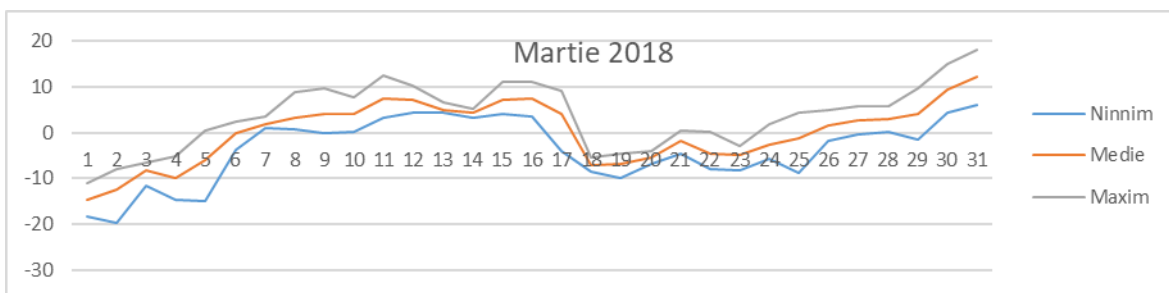
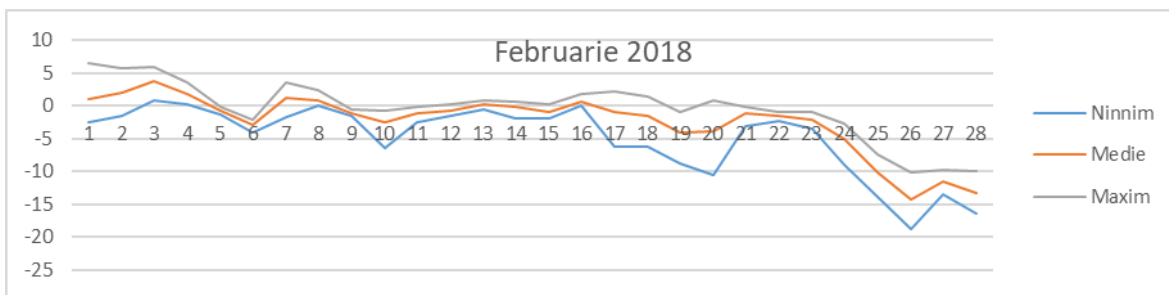
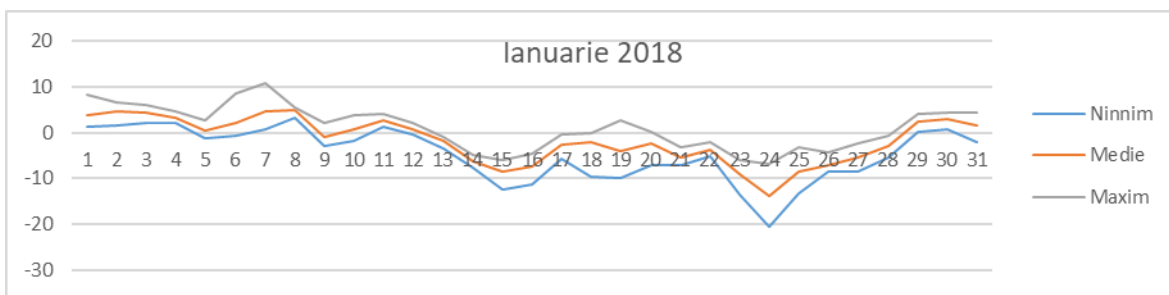


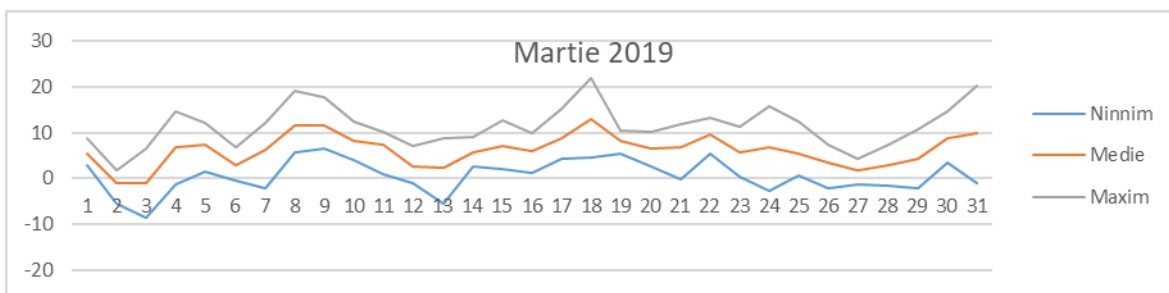
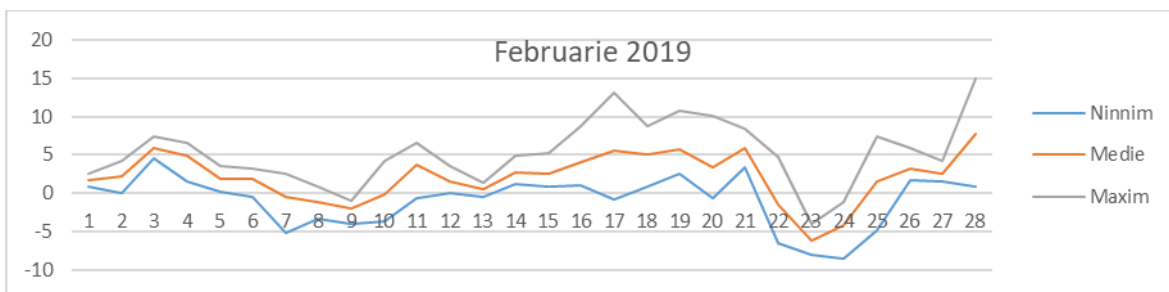
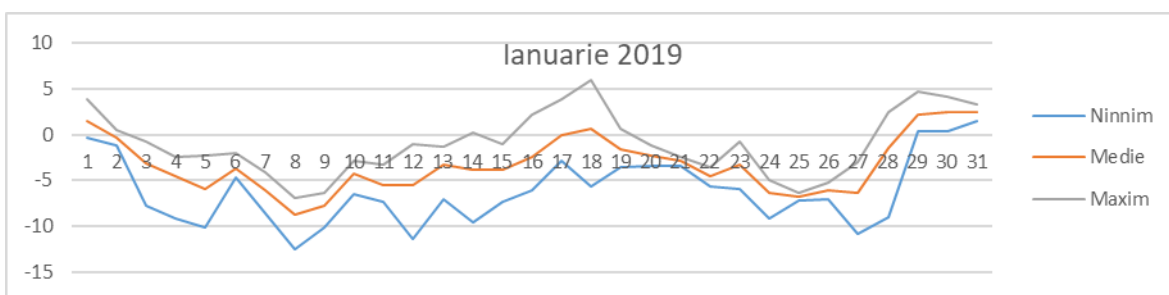
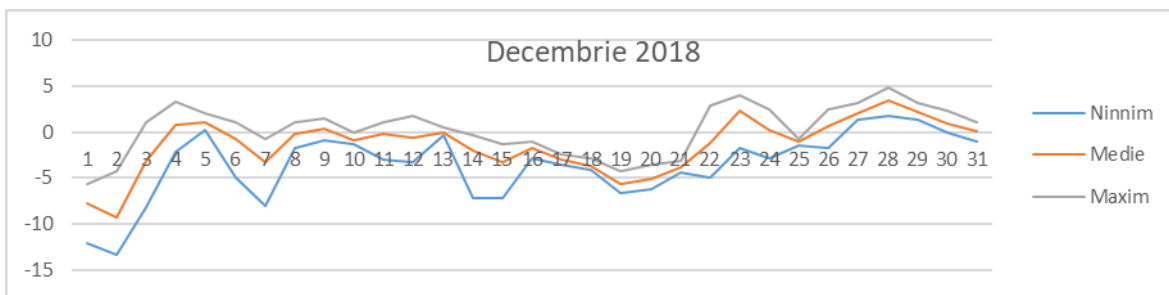
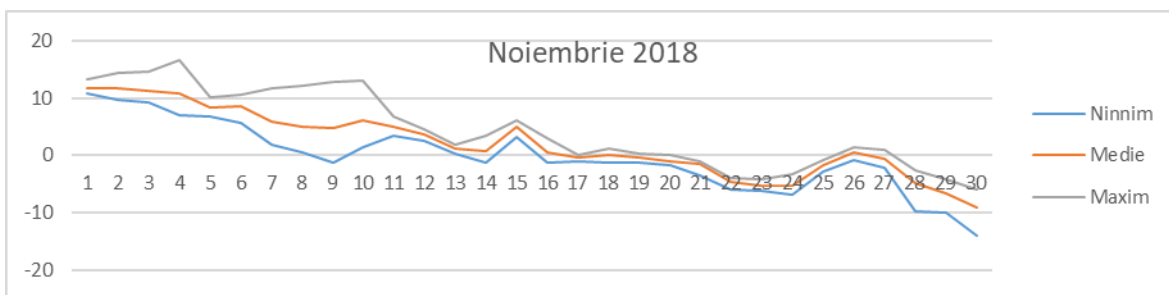


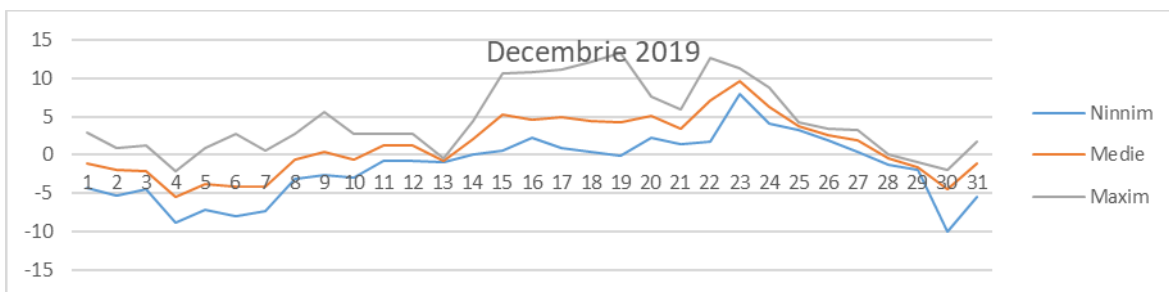
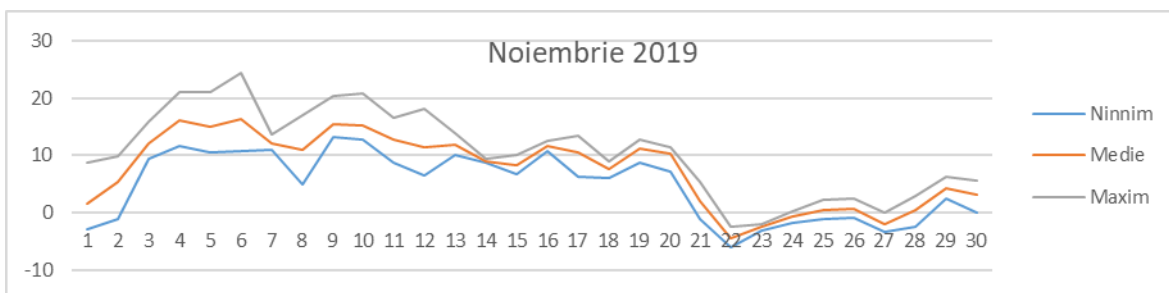
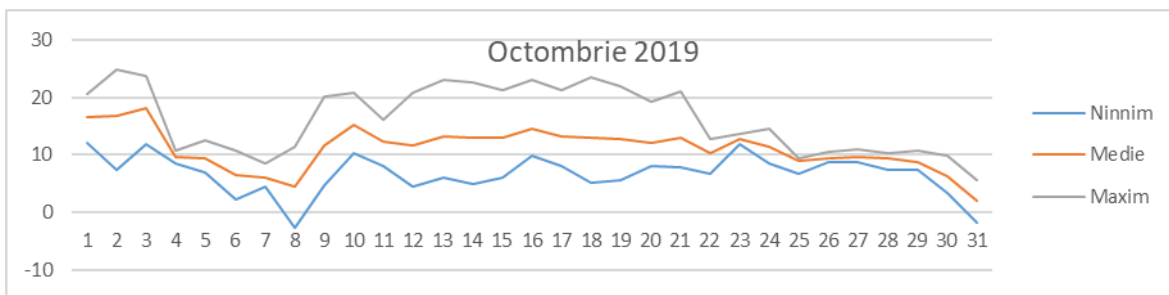
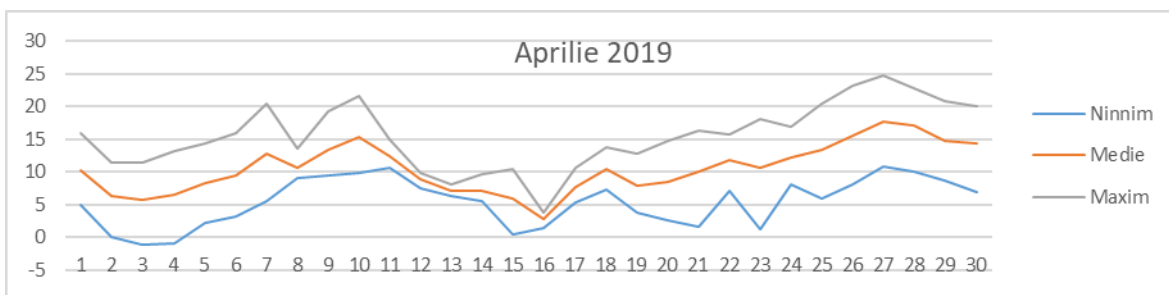












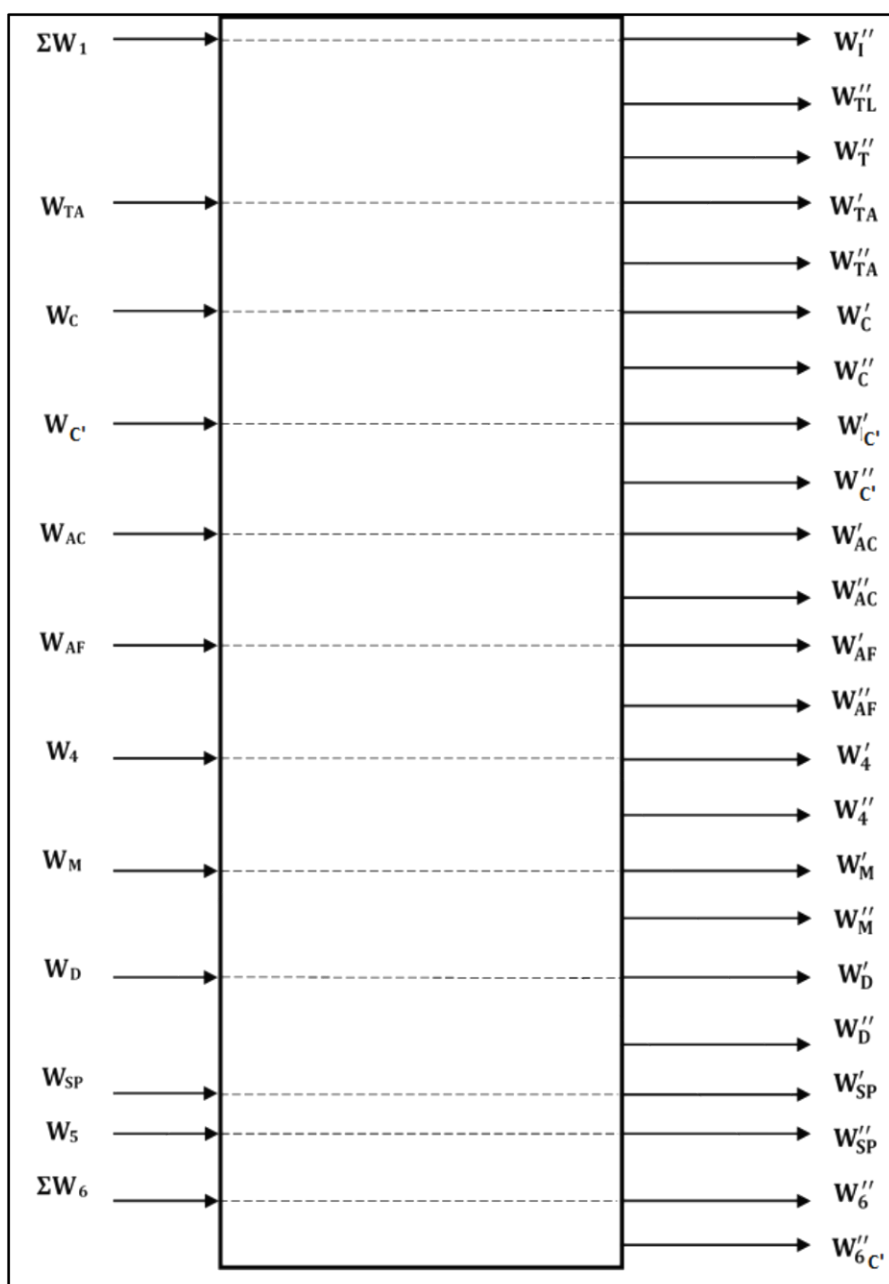


Fig. 4.3. Diagrama fluxurilor de energie electrică ale unei linii tehnologice tipice pentru prelucrarea laptelui

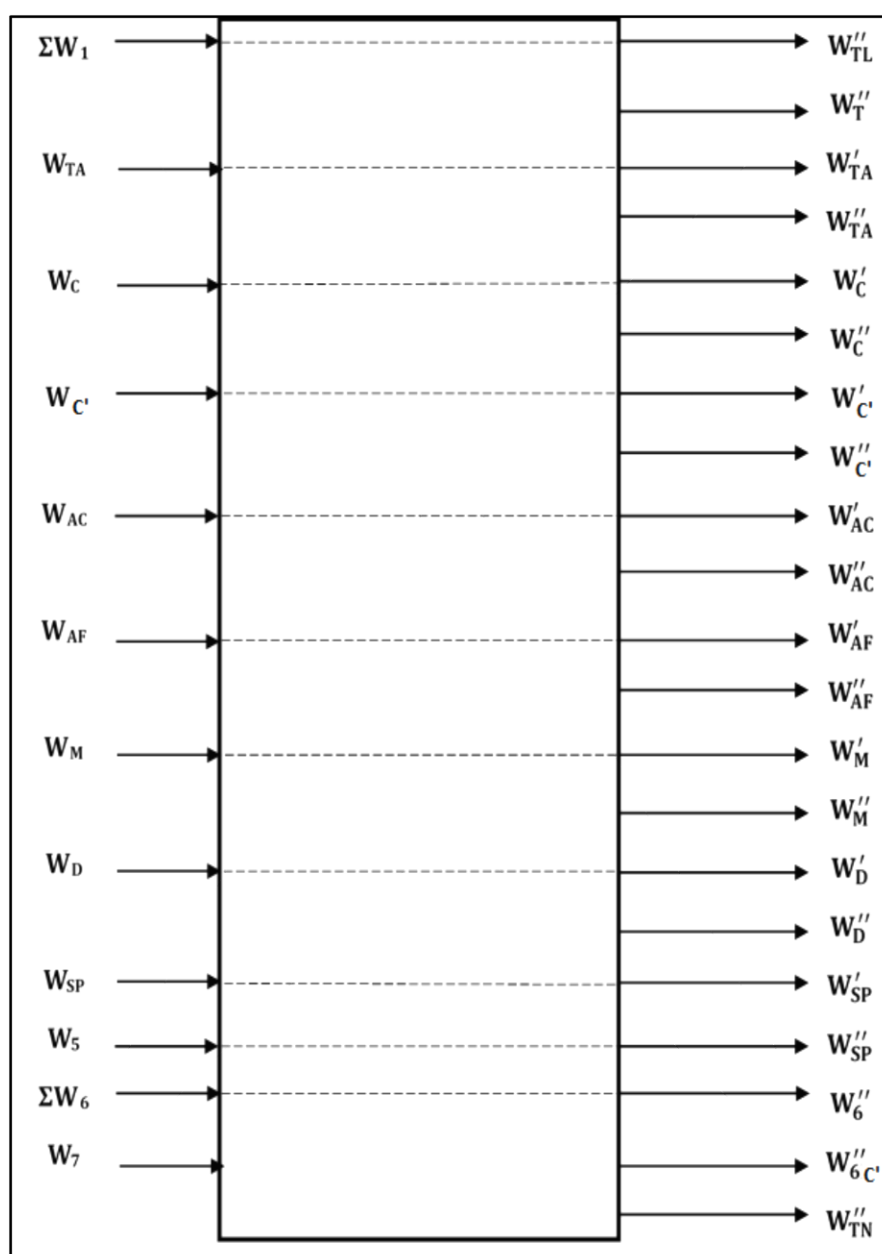


Fig. 4.4. Diagrama fluxurilor de energie electrică ale unei linii tehnologice pentru prelucrarea laptelui cu consum redus de energie electrică în sezonul cald al anului.

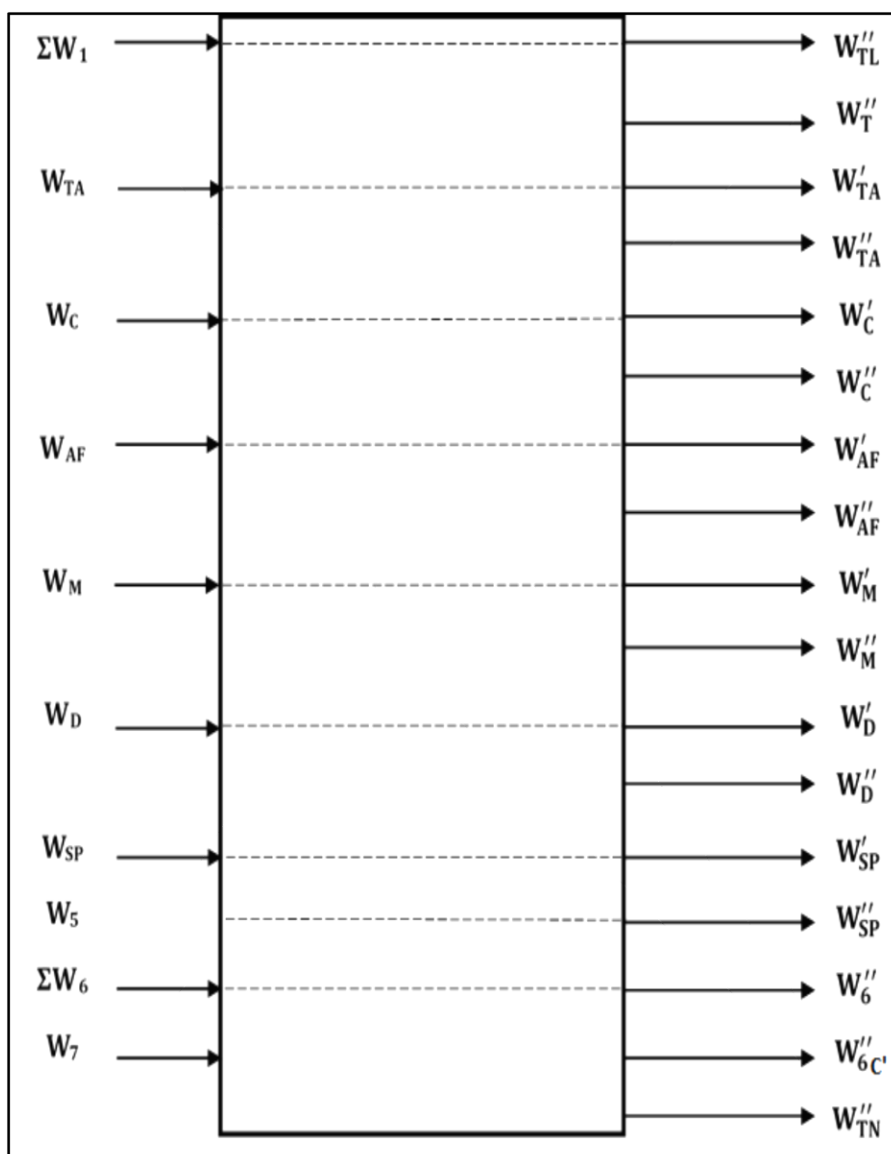


Fig. 4.5. Diagrama fluxurilor de energie electrică ale unei linii tehnologice pentru prelucrarea laptelui cu consum redus de energie electrică în sezonul rece al anului.

Linie tehnologică tipică pe parcursul unui an			
Energia de intrare, kWh		Energie consumată, kWh	
Indice	Valori	Indice	Valori
ΣW_1	266,6	W_I''	226,0
		W_{TL}''	35,0
		W_T''	5,6
W_{TA}	20,3	W_{TA}'	15,60
		W_{TA}''	4,7
W_C	7,2	W_C'	5,1
		W_C''	2,1
W_C	133,4	$W_{C'}'$	110,0
		$W_{C'}''$	23,4
W_{AC}	58,0	W_{AC}'	49,0
		W_{AC}''	9,0
W_{AF}	22,6	W_{AF}'	18,2
		W_{AF}''	4,4
W_4	22,6	W_4'	18,2
		W_4''	4,4
W_M	3,1	W_M'	2,4
		W_M''	0,7
W_I	1,6	W_I'	1,1
		W_I''	0,5
W_{SP}	26,1	W_{SP}'	22,6
		W_{SP}''	3,5
W_5	32,7		32,7
W_6	322,8	W_6''	276,0
		W_{6C}''	46,8

Tabelul 4.1. Fluxurile de energie electrică ale unei linii tipice de prelucrare a laptelui

Tabelul 4.2. Fluxurile de energie ale unei linii tehnologice cu consum redus de energie electrica

Perioada caldă				Perioada rece			
Energia de intrare, kWh		Energie consumată, kWh		Energia de intrare, kWh		Energie consumată, kWh	
Indice	Valori	Indice	Valori	Indice	Valori	Indice	Valori
ΣW_1	433,0	W''_{TL}	48.0	ΣW_1	205,0	W''_{TL}	23,0
		W''_T	60.,0			W''_T	45.6
W_{TA}	21,0	W'_{TA}	16,0	W_{TA}	20,0	W'_{TA}	15.0
		W''_{TA}	5,0			W''_{TA}	5,0
W_C	7.0	W'_C	5.0	W_C	5.5	W'_C	4.1
		W''_C	2.0			W''_C	1.4
$W_{C'}$	102,0	$W'_{C'}$	90.0	$W_{C'}$	12,0	$W'_{C'}$	9.0
		$W''_{C'}$	12,0			$W''_{C'}$	3,0
W_{AC}	28.0	W'_{AC}	24.0				
		W''_{AC}	4.0				
W_{AF}	11.1	W'_{AF}	9.0				
		W''_{AF}	2.1				
W_M	3.0	W'_M	2.3	W_M	3.0	W'_M	2.3
		W''_M	0.7			W''_M	0.7
W_I	2.0	W'_I	1.5	W_I	0.9	W'_I	0.7
		W''_I	0.5			W''_I	0.2
W_{SP}	26.0	W'_{SP}	22.5	W_{SP}	26.0	W'_{SP}	22.5
		W''_{SP}	3.5			W''_{SP}	3.5
W_5	301.2			W_5	160,0		
		W''_6	47,0			W''_6	47,0
W_6	254,0	W''_{6C}	279.0	W_6	258.0	W''_{6C}	279,0
W_7	39.36	W''_{NT}	591,0	W_7	35,0	W''_{NT}	263,0

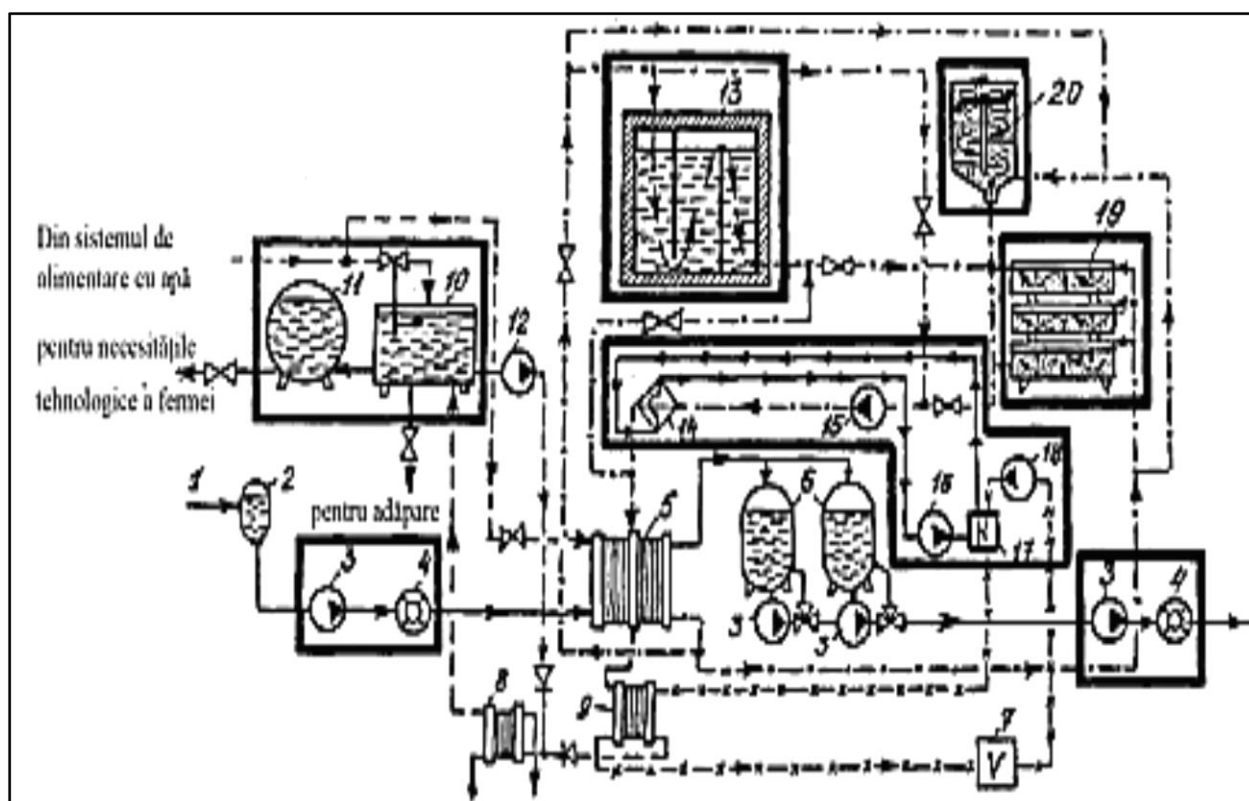


Fig. 2.6 Structura unei linii tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru prelucrarea laptelui la fermele mari:

1 - țeavă de lapte; 2 - colector de lapte-separator de aer; 3 - pompa de lapte; 4 - contor de lapte; 5 - răcitor de flux; 6 - rezervor termos; 7 - rezervor pentru răcirea condensatorului instalației frigorifice IF; 8,9 - schimbătoare de căldură în prima și a doua etapă; 10 - un rezervor de apă caldă cu un regulator de plutire; 11 - încălzitor de apă; 12 - pompă de apă; 13 - acumulator de frig natural și artificial AFNA; 14 - evaporator al IF; 15 - pompa agentului frigorific; 16 - compresor al IF; 17 - condensator al IF; 18 - pompa sistemului de răcire a condensatorului IF; 19 - acumulator secțional de frig natural AFN; 20 - bloc de pulverizare.

→ lapte; -.-.- agent frigorific de la AFN; agent frigorific de la IF și AFNA; -x-x-x-x- apa circulantă a sistemului de răcire a condensatorului;- agent frigorific

Tabelul 4.6. Stările de funcționalitate (P) sau de refuz (O) ale elementelor sistemului

Indicele de stare	Starea articolului					Vizualizare	Probabilitatea stării
α	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	P, O	P
0	1	1	1	1	1	P	p^5
1	0	1	1	1	1	O	qp^4
2	1	0	1	1	1	O	qp^4
3	1	1	0	1	1	O	qp^4
4	1	1	1	0	1	O	qp^4
5	1	1	1	1	0	O	qp^4
.....							
12	0	0	1	1	1	P	q^2p^3
13	0	1	0	1	1	P	q^2p^3
14	0	1	1	0	1	P	q^2p^3

DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA PROPRIEI RĂSPUNDERI

Subsemnatul, Victorin Slipenchi , declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctor sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

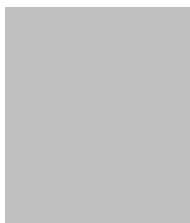
Victorin Slipenchi

26 septembrie 2022

CURRICULUM VITAE (CV)

INFORMAȚII PERSONALE

Slipenchi Victorin



📍 s. Corbu, raionul Dondușeni R. Moldova

☎ 025142564 📠 069185976

✉ slipenchivictorin@mail.ru

Sexul: masculin

Data nașterii: 28 iunie 1985

Naționalitatea: moldovean

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

2003-2004 Gimnaziul din s. Corbu

2008-2010 Primăria s. Corbu

2010-2013 Fabrica de zahăr Dondușeni

2014 - 2019 director al Școlii Profesionale s. Corbu

2019- pînă în prezent Primar s. Corbu r. Dondușeni

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

Școala Profesională s. Corbu, raionul Dondușeni

Universitatea Agrară de Stat din Moldova, profilul „Electrotehnică și energetică”.

Diplomă de Master Învățământ superior. Specializarea „Electrotehnologii în mediul rural”

În prezent la școala doctorat specialitatea „Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură și dezvoltare rurală”

2015 În cadrul Proiectului Austrian Aqua Prof II

2016 martie „Activitățile echipei manageriale din instituțiile de învățământ secundar profesional în procesul de modernizare și îmbunătățirea calității managementului educațional

2016 Diplomă de gratitudine din partea Austrian Development Cooperation IFCP

2017 martie cursuri de instruire în domeniul Protecției civile

2017 octombrie „Cerințele ANACIP privind acreditarea Instituțiilor de învățământ Secundar Profesional”

2017 noiembrie Managementul bun – pregătire pentru rolul de lider

2017 Participare la Proiectul „Energie și Biomasă”

COMPETENȚE PERSONALE

Limba(i) maternă(e) L. română

Alte limbi străine cunoscute RUSĂ, FRANCEZĂ

Specificați limba străină Rusă- Utilizator eexperimentat

Specificați limba străină Franceză - Utilizator elementar

Competențe de comunicare

- Abilități comunicaționale, rezistență la efort intelectual și la stres, spirit de echipă, capacitate de a analiza și organiza, fire dinamică, sociabilă, ușor adaptabilă;
- Mă adaptez ușor la condițiile de muncă;
- Învăț lucruri noi și îmi formez ușor deprinderi profesionale și de comunicare în scopul ameliorării parteneriatului educațional;
- Obiectivitate la distanță în luare deciziilor, amabilitate, diplomație, tact în relații, creativitate și aptitudini de conducere;
- Adaptare la situații noi și neprevăzute, organizare și orientare spre planificarea activității;
- Capacitatea de a-mi asuma răspunderi, de a orienta organizația și coordona, îndruma și motiva, de a lua decizii în funcție de situații.

Competențe organizaționale/

manageriale

- (în prezent, sînt responsabil de o echipă de 54 persoane)

Competențe dobîndite la locul

de muncă

- O bună cunoaștere a procesului și managementului educațional (ca manager 5 ani); managementul resurselor umane (în decurs de 5 ani, am gestionat un personal de 54 oameni)

Competențe informatice

- o bună cunoaștere a instrumentelor Microsoft Office™

Permis de conducere

- B
- C
- D