UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris

CZU: 631.371:621.31:637.117 (043.3)

URSATII NICOLAI

SPORIREA EFICIENȚEI ENERGETICE A INSTALAȚIEI CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL LA PUNCTELE DE COLECTARE A LAPTELUI

255.01 - TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU AGRICULTURĂ ȘI DEZVOLTAREA RURALĂ

Teză de doctor în științe inginerești

Conducător științific: **VOLCONOVICI Liviu,**
doctor habilitat,
profesor universitar

Autorul:

CHIȘINĂU, 2023

© URSATII Nicolai, 2023

CUPRINS

ADNOTARE 6
ANNOTATION 7
АННОТАЦИЯ 8
LISTA TABELELOR 10
LISTA FIGURILOR 12
INTRODUCERE 15
1. ANALIZA SITUAȚIEI ACTUALE ȘI IDENTIFICAREA SOLUȚIILOR DE SPORIRE A EFICIENȚEI ENERGETICE LA PUNCTELE DE COLECTARE A LAPTELUI 21
1.1. Generalități cu privire la căile de reducere a consumului de energie electrice la răcirea și păstrarea laptelui 21
1.2. Situația actuală privind producerea laptelui în Republica Moldova 23
1.3. Situația actuală privind punctele de colectare a laptelui pe teritoriul Republicii Moldova 26
1.4. Analiza procesului de colectare, răcire, păstrare și livrare a laptelui la punctele de colectare din nordul Republicii Moldova 30
1.5. Analiza sistemelor de răcire a laptelui din punct de vedere energetic și constructiv 33
1.6. Studiul privind avantajele implementării magneților permanenți pe rotorul motorului asincron de antrenare al compresorului instalației frigorifice 35
1.7. Studiul privind utilizarea instalațiilor ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică 39
1.8. Sisteme de prerăcire ale laptelui pentru reducerea consumului de energie electrică . 44
1.9. Analiza soluțiilor de reducere ale consumului de energie electrică din rețea la punctele de colectare a laptelui cu utilizarea sistemelor fotovoltaice 46
Concluzii la capitolul 1 49
2. ASPECTE PRIVIND DETERMINAREA PARAMETRILOR TEHNOLOGICI CONSTRUCTIVI AI INTALAȚIEI ECOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI 50
2.1. Noțiuni generale privind procesele de răcire a laptelui cu frig natural și artificial 50
2.2. Dezvoltarea metodologiei de calcul și argumentarea parametrilor constructivi ai instalației ecologice de răcire a laptelui cu frig natural 52
2.3. Cerințe inițiale la dezvoltarea modelelor matematice ale procesului de răcire a laptelui și a agentului frigorific intermediar 64

2.4. Dezvoltarea modelului matematic și metodei de calcul al procesului de răcire în flux a agentului frigorific intermediar cu frig natural 66
2.5. Dezvoltarea modelului matematic și metodei de calcul a procesului de răcire a laptelui cu AFI din acumulatorul de frig 70
2.6. Metodologia de calcul și modelul matematic pentru prerăcirea laptelui cu gheață în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici..... 73
Concluzii la capitolul 2..... 77
3. STUDIUL REGIMURILOR ENERGETICE, DE FUNCȚIONARE ȘI DE CONTROL ALE INSTALAȚIEI ECOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI 78
3.1. Elaborarea instalației ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică..... 78
3.2. Schemele structurale, grafurile automate și algoritmele de funcționare ale componentelor electrice a instalației ecologice de răcire a laptelui 80
3.3. Argumentarea regimurilor de funcționare, automatizare și control ale procesului de răcire a agentului frigorific intermediar..... 85
3.4. Argumentarea regimului de funcționare, automatizarea și controlul a procesului de răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar..... 89
3.5. Analiza fluxurilor de energie electrică a echipamentelor din PCL 90
3.6. Studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig natural..... 95
3.7. Studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig natural și artificial..... 97
3.8. Studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig artificial..... 99
3.9. Studiul fluxurilor energetice în procesul de răcire a laptelui cu AFI din acumulatorul de frig termoizolat 101
3.10.Determinarea perioadei de utilizare a frigului natural în procesul de răcire a laptelui la punctele de colectare din nordul țării..... 104
Concluzii la capitolul 3..... 106
4. CERCETAREA INSTALAȚIEI ECOLOGICE PENTRU RĂCIREA LAPTELUI CU CONSUM REDUS DE ENERGIE ELECTRICĂ LA PUNCTELE DE COLECTARE CA OBIECT DE DIRIJARE.....108
4.1. Contribuții la modernizarea instalațiilor frigorifice de răcire a laptelui pentru PCL din Republica Moldova 108

4.2. Studiul eficienței tehnico-economice în procesul de răcire a laptelui cu utilizarea instalației ecologice cu consum redus de energie electrică la punctele de colectare 112
4.3. Studiu de caz cu privire la prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici pe exemplul PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”..... 117
4.4. Studiul de fezabilitate privind implementarea sistemului fotovoltaic de tip On-Grid la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”..... 122
Concluzii la capitolul 4..... 128
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI 130
BIBLIOGRAFIE 133
ANEXA 1.....145
ANEXA 2.....146
ANEXA 3.....147
ANEXA 4.....148
ANEXA 5.....149
ANEXA 6.....150
ANEXA 7.....151
ANEXA 8.....152
ANEXA 9.....153
DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA PROPRIEI RĂSPUNDERI 154
CURRICULUM VITAE 155

ADNOTARE

URSATII Nicolai. Tema „Sporirea eficienței energetice a instalației cu frig natural și artificial la punctele de colectare a laptelui”, Chișinău, 2023**.**

Structura tezei: introducere, patru capitole, unul de analiză și trei de bază, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 116 titluri, 118 pagini de text de bază, 9 anexe, 23 tabele, 234 de formule, 78 de figuri. Rezultatele cercetărilor sunt publicate în 29 de lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: eficiență energetică, frig natural, punct de colectare a laptelui, consum redus de energie electrică, model matematic, instalație frigorifică, surse regenerabile.

Scopul tezei. Creșterea eficienței energetice a instalației cu frig natural și artificial la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova.

Obiectivele cercetării: analiza stadiului actual în privința utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice a instalațiilor frigorifice pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova; dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul al parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; concretizarea regimurilor energetice, de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui; implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la un punct de colectare a laptelui din țară; stabilirea parametrilor tehnologici optimali pentru prerăcirea și răcirea laptelui la punctele de colectare.

Noutatea și originalitatea științifică constă în: demonstrarea oportunității utilizării frigului natural în procesul de răcirea a laptelui pentru condiții concrete, specifice Regiunii de Dezvoltare Nord a țării; formularea unor recomandări noi cu privire la prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici, bazate pe utilizarea boxelor cu gheață.

Problema științifică soluționată. Efectele utilizării frigului natural și concretizării regimurilor energetice de funcționare și control asupra eficienței energetice al instalațiilor frigorifice utilizate la punctele de colectare a laptelui.

Semnificația teoretică se referă la dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul ale parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova.

Valoarea aplicativă constă în posibilitatea utilizării tehnologiei propuse la punctele de colectare a laptelui pentru reducerea consumului de energie electrică și a emisiilor nocive în mediul înconjurător, datorită excluderii din procesul de răcire în perioada rece a anului a instalației cu freon.

Implementarea rezultatelor ştiinţifice. Rezultatele obținute în acest studiu au fost implementate în perioada anilor 2020-2022 în proiectul științific nr. 20.80009.5107.04 - „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemei de cultură și schimbărilor climatice” și la elaborarea instalației experimentale la PCL din s. Corbu r. Dondușeni.

ANNOTATION

URSATII Nicolai. Title "Increasing the energy efficiency of the installation with natural and artificial cold at the milk collection points", Chisinau, 2023.

The thesis consists of: introduction, four chapters, one analytical and three basic, general conclusions and recommendations, bibliography with 116 titles, 118 pages of basic text, 9 annexes, 23 tables, 234 formulas, 78 figures. The research results are published in 29 scientific papers.

Key words: energetic efficiency, natural cold, milk collection point, low electricity consumption, mathematical model, refrigeration plant, renewable sources.

The aim of the paper. Increasing the energy efficiency of the plant with natural and artificial cold at milk collection points in the Republic of Moldova.

The objectives: analysis of the current state regarding the use of natural and artificial cold in the milk cooling process and the identification of solutions to increase the energy efficiency of refrigeration facilities for milk collection points in the Republic of Moldova; development of mathematical models and methods for calculating the technological and constructive parameters of the plant with natural and artificial cold for cooling milk; concretization of the energy, operation and control regimes of the ecological milk cooling facility; implementation of the experimental facility with natural and artificial cold at a milk collection point in the country; establishing the optimal technological parameters for the pre-cooling and cooling of milk at the collection points.

The scientific novelty and originality consists in: demonstrating the opportunity of using natural cold in the milk cooling process for specific conditions, specific to the Northern Development Region of the country; formulation of new recommendations regarding pre-cooling of milk in the mobile collection process from home producers, based on the use of ice boxes.

The scientific problem solved. The effects of the use of natural cold and the concretization of energy regimes of operation and control on the energy efficiency of refrigeration facilities used at milk collection points.

The theoretical significance refers to the development of mathematical models and calculation methods of the technological and constructive parameters of the installation with natural and artificial cold for the milk collection points in the Republic of Moldova.

Application value consists in the possibility of using the proposed technology at milk collection points to reduce electricity consumption and harmful emissions in the environment, due to the exclusion of the freon installation from the cooling process during the cold period of the year.

Implementation of scientific results. The results obtained in this study were implemented during the years 2020-2022 in the scientific project no. 20.80009.5107.04 - "Adaptation of sustainable and ecological technologies of fruit production in quantitative and qualitative aspects depending on the integrity of the culture system and climate change" and to the development of the experimental facility at the MCP in Corbu village, Donduseni district.

АННОТАЦИЯ

УРСАТИЙ Николай. Тема «Повышение энергоэффективности установки с естественным и искусственным холодом на пунктах сбора молока», Кишинев, 2023 г.

Структура диссертации: введение, четыре главы, одна аналитическая и три основные, общие выводы и рекомендации, библиография из 116 наименований, 118 страниц основного текста, 9 приложений, 23 таблиц, 234 формул, 78 рисунка. Результаты исследований опубликованы в 29 научных работах.

Ключевые слова: энергоэффективности, естественный холод, пункт сбора молока, снижение потребления электроэнергии, математическая модель, холодильная установка, возобновляемые источники.

Цель диссертации. Увеличение энергоэффективности установки с естественным и искусственным холодом на пунктах сбора молока из Республике Молдова.

Задачи исследования: анализ современного состояния использования естественного и искусственного холода в процессе охлаждения молока и определение решений по повышению энергоэффективности холодильных установок пунктов приема молока в Республике Молдова; разработка математических моделей и методов расчета технологических и конструктивных параметров установки с естественным и искусственным холодом для охлаждения молока; конкретизация энергетических, рабочих и управляющих режимов установки экологического охлаждения молока; внедрение экспериментальной установки с естественным и искусственным холодом на пункте сбора молока в стране; установление оптимальных технологических параметров предварительного охлаждения и охлаждения молока в пунктах сбора.

Научная новизна и оригинальность заключается в: демонстрации возможности использования естественного холода в процессе охлаждения молока для конкретных условий, характерных для северного региона освоения страны; разработка новых рекомендаций по предварительному охлаждению молока в процессе мобильного сбора от домашних производителей, основанных на использовании ледогенераторов.

Решаемая научная задача. Влияние использования природного холода и конкретизации энергетических режимов работы и управления на энергетическую эффективность холодильных установок, используемых в пунктах приема молока.

Теоретическая значимость связана с разработкой математических моделей и методов расчета технологических и конструктивных параметров установки с естественным и искусственным холодом для молокоприемных пунктов Республики Молдова.

Ценность применения заключается в возможности использования предлагаемой технологии в пунктах приема молока для снижения потребления электроэнергии и вредных выбросов в окружающую среду, за счет исключения фреоновой установки из процесса охлаждения в холодный период года.

Внедрение научных результатов. Результаты, полученные в этом исследовании, были реализованы в течение 2020-2022 годов в научном проекте №. 20.80009.5107.04 - «Адаптация устойчивых и экологических технологий производства плодов в количественном и качественном аспектах в зависимости от целостности системы культуры и изменения климата» и в разработке экспериментальной установки в пункту приема молока в селе Корбу, Дондюшанского района.

LISTA ABREVIERILOR

AF	**Acumulator de frig**
AFI	**Agent frigorific intermediar**
AFT	**Acumulator de frig termoizolat**
ANRE	**Agenția Națională de Reglementare în Energetică**
ANSA	**Agenția Națională pentru Siguranța Alimentelor**
BNS	**Biroul National de Statistică**
EE	**Energie Electrică**
FA	**Frig artificial**
FC	**Frig combinat**
FIATA	**Facultatea de Inginerie Agrară și Transport Auto**
FN	**Frig natural**
GA	**Graf automat**
IF	**Instalație frigorifică**
IFFA	**Instalație frigorifică cu frig artificial**
IFFC	**Instalație frigorifică cu frig combinat**
IFFN	**Instalație frigorifică cu frig natural**
IRC	**Instalație cu răcitor capacitiv**
IRF	**Instalație cu răcitor în flux**
PAFI	**Pompa pentru agentul frigorific intermediar**
PCL	**Punct de Colectare a Laptelui**
PL	**Pompa de lapte**
UASM	**Universitatea Agrară de Stat din Moldova**
UTM	**Universitatea Tehnică a Moldovei**

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1. Datele BNS de la independență până in prezent cu privire la efectivul vitelor pe teritoriul Republicii Moldova..... 24

Tabelul 1.2. Repartizarea punctelor de colectare a laptelui de pe teritoriul Republicii Moldova după companiile de prelucrare..... 29

Tabelul 1.3. Analiza parametrilor electrotehnici la PCL din nordul RM..... 32

Tabelul 1.4. Parametrii experimentali și calculați ai IFFN, IFFA și IFFC..... 44

Tabelul 2.1. Proprietățile fizice ale materialelor utilizate la fabricarea radiatorului.. 60

Tabelul 3.1. Parametrii nominali ai echipamentului electric a IFFA și ai instalației ecologice..... 94

Tabelul 3.2. Consumul mediu de energie electrică în procesul de răcire a 2.2 m^3 de AFI cu FN..... 97

Tabelul 3.3. Consumul mediu de energie electrică în procesul de răcire a 2.2 m^3 de AFI cu FC..... 99

Tabelul 3.4. Consumul mediu de energie electrică în procesul de răcire a 2.2 m^3 de AFI cu FA..... 101

Tabelul 3.5. Consumul maxim de energie electrică în procesul de răcire a laptelui..... 103

Tabelul 3.6. Consumul estimativ calculat de energie electrică în procesul de răcire a 700 l de lapte..... 103

Tabelul 3.7. Numărul de zile și nopți cu temperaturi t<+4ºC și t<+6ºC..... 105

Tabelul 3.8. Coeficientul anual de utilizare a instalației propuse pe timp de noapte și zi în regim de răcire cu FN și FC..... 106

Tabelul 4.1. Parametrii tehnici ai instalației experimentale de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică..... 108

Tabelul 4.2. Consumul specific real de energie electrică la PCL în perioada rece a anului cu temperatura mediului ambiant <+4ºC..... 111

Tabelul 4.3. Rezultatele evaluării indicilor energetici ai instalației frigorifice experimentale..... 111

Tabelul 4.4. Datele inițiale cu privire la calculul eficienței economice a instalației ecologice raportată la instalația cu frig artificial..... 112

Tabelul 4.5. Temperatura medie a laptelui după colectare pentru lunile anului 2020..... 118

Tabelul 4.6. Temperatura laptelui prerăcit cu gheață în perioada 15.07.2021-19.07.2021..... 120
Tabelul 4.7. Consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu prerăcire și fără..... 121
Tabelul 4.8. Oferte de preț pentru instalații fotovoltaice monofazate pentru luna 11.2021..... 125
Tabelul 4.9. Oferte de preț pentru instalații fotovoltaice trifazate pentru luna 11.2021..... 125
Tabelul 4.10. Caracteristicile pentru diferite tipuri de panouri fotovoltaice..... 127

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1. Instalația frigorifică a punctului de colectare a laptelui din satul Corbu, r-nul. Dondușeni..... 23
Fig. 1.2. Volumul laptelui de vacă produs pe teritoriul Republicii Moldova..... 25
Fig. 1.3. Prezentarea grafică pe categorii de producători a volumului laptelui de vacă produs pe teritoriul Republicii Moldova..... 25
Fig. 1.4. Echipamentul de bază a unui punct de colectare a laptelui..... 28
Fig. 1.5. Repartizarea PCL în raioanele țării..... 30
Fig. 1.6. Rezervor mobil de colectare a laptelui folosit în s. Fetești, r-nul Edineț..... 31
Fig. 1.7. Instalații frigorifice de răcire a laptelui în s. Pivniceni, r-nul Dondușeni și s. Fetești, r-nul Edineț..... 32
Fig. 1.8. Schema instalație frigorifice cu răcire directă..... 34
Fig. 1.9. Schema instalație frigorifice cu răcire indirectă..... 34
Fig. 1.10. Instalația frigorifică cu răcire indirectă cu frig combinat a CDE..... 35
Fig. 1.11. Diagrama magneților permanenți la parametrii motorului asincron de 3 kW transformat în motor sincron..... 36
Fig. 1.12. Tabloul câmpului magnetic a motorului sincron cu magneți permanenți..... 37
Fig. 1.13. Variaţiei curbei inducţiei magnetice din întreferul motorului cu magneți permanenți..... 37
Fig. 1.14. Schema rotorului cu magneți permanenți..... 38
Fig. 1.15. Instalație frigorifica cu frig natural cu o secțiune..... 39
Fig. 1.16. Instalație frigorifica cu frig natural cu două secții..... 40
Fig. 1.17. Instalație frigorifica cu frig natural de tip deschis cu trei secții de răcire și una de stocare..... 40
Fig. 1.8. Instalație frigorifica pe bază de gheață..... 41
Fig. 1.19. Instalație frigorifica cu frig natural și sistem de pulverizare..... 41
Fig. 1.20. Schema instalației frigorifice cu frig combinat pentru răcirea laptelui cu răcitor în flux..... 42
Fig. 1.21. Instalația frigorifică cu frig combinat pentru răcirea laptelui cu răcitor capacitiv..... 43
Fig. 1.22. Sistem de prerăcire a laptelui cu răcitor în flux..... 44
Fig. 1.23. Schema răcitor în flux cu două compartimente de răcire a laptelui..... 45

Fig. 1.24. Instalație frigorifică pentru răcirea laptelui de tip MTKO DIAN..... 46
Fig. 1.25. Rezervor mobil de colectare a laptelui cu răcire prealabilă..... 46
Fig. 1.26. Sistem fotovoltaic On-Grid cu contor bidirecțional..... 47
Fig. 1.27. Sistem fotovoltaic Off-Grid cu acumulator de energie..... 48
Fig. 1.28. Sistem solar autonom de producere a gheții..... 48
Fig. 2.1. Schema instalației ecologice de răcire a laptelui propusă pentru PCL..... 51
Fig. 2.2. Schema instalației frigorifice cu eficiență energetică sporită pentru captarea și depozitarea frigului natural..... 52
Fig. 2.3. Structura radiatoarelor..... 54
Fig. 2.4. Parametrii constructivi ai radiatorului cu tuburi și benzi..... 58
Fig. 2.5. Dimensiunile exterioare ale radiatorului cu tuburi și benzi..... 58
Fig. 2.6. Schema de calcul a pompei agentului frigorific..... 62
Fig. 2.7. Schema tehnologică a procesului de captare și depozitare a frigului natural... 67
Fig. 2.8. Raportul dintre volumul estimativ necesar de aer pentru răcirea volumului de AFI în dependență de temperatura mediului ambiant..... 69
Fig. 2.9. Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un schimbător de căldură capacitiv cu frig natural din AFT..... 70
Fig. 2.10. Dependența timpului de răcire de volumul de lapte colectat la PCL..... 72
Fig. 2.11. Dependența cantității de gheață pentru diferite cantități de lapte în raport cu temperatura mediului..... 76
Fig. 3.1. Instalație ecologică pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică..... 78
Fig. 3.2. Graful automat a IF (2) cu frig artificial..... 80
Fig. 3.3. Graful automat a ventilatorului (5)..... 81
Fig. 3.4. Graful automat a pompei (6) de AFI..... 81
Fig. 3.5. Graful automat a ventilului v_8..... 82
Fig. 3.6. Graful automat a ventilului v_9..... 82
Fig. 3.7. Graful automat a ventilului v_{10}..... 83
Fig. 3.8. Graful automat a ventilului v_{11}..... 83
Fig. 3.9. Graful automat a ventilului v_{12}..... 84
Fig. 3.10. Graful automat a motorului de agitare a laptelui..... 84
Fig. 3.11. Graful automat a regimului de răcire a AFI cu FA..... 85
Fig. 3.12. Schema funcțională a IF de răcire a AFI cu frig artificial..... 86

Fig. 3.13. Graful automat a regimului de răcire a AFI cu frig combinat..... 86
Fig. 3.14. Schema funcțională a IF de răcire a AFI cu frig natural și artificial..... 87
Fig. 3.15. Schema funcțională a instalației sezoniere de captare și depozitare a FN... 88
Fig. 3.16. Graful automat a regimului de răcire a AFI cu frig natural..... 88
Fig. 3.17. Schema funcțională a IF de răcire a laptelui cu AFI..... 89
Fig. 3.18. Graful automat a regimului răcire a laptelui cu AFI..... 90
Fig. 3.19. Schema generalizată a fluxurilor energetice pentru procesul de răcire a laptelui pe întreg anul la PCL..... 93
Fig. 3.20. Răcirea agentului frigorific intermediar cu frig natural..... 95
Fig. 3.21. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a AFI cu FN..... 96
Fig. 3.22. Răcirea agentului frigorific intermediar cu frig natural și artificial..... 97
Fig. 3.23. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a AFI cu FC..... 98
Fig. 3.24. Răcirea agentului frigorific intermediar cu frig artificial..... 100
Fig. 3.25. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a AFI cu FA..... 100
Fig. 3.26. Răcirea laptelui cu agent frigorific intermediar..... 101
Fig. 3.27. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a laptelui..... 102
Fig. 4.1. Partea exterioară a instalației ecologice experimentale cu consum redus de energie electrică..... 109
Fig. 4.2. Partea interioară a instalației ecologice experimentale cu consum redus de energie electrică..... 110
Fig. 4.3. Graficul de determinare a perioadei de recuperare a investiției..... 116
Fig. 4.4. Set PH-metru mobil pentru lapte - HI98162..... 117
Fig. 4.5. Influența temperaturii de păstrare a laptelui asupra calității în dependență de timp 118
Fig. 4.6. Diagrama temperaturilor medii ale laptelui în momentul depozitării la PCL repartizate pe lunile anului..... 119
Fig. 4.7. Boxe cu gheață pentru prerăcirea laptelui..... 120
Fig. 4.8. Consumul de energie electrică la PCL pentru 2020-2021..... 121
Fig. 4.9. Mașină producătoare de gheață SCO-AC 106M-AS..... 122
Fig. 4.10 Panou de evidență cu contorizare netă..... 125
Fig. 4.11. Invertor On-Grid Huawei solar SUN2000-3KTL-M1..... 126
Fig. 4.12. Grup de panouri fotovoltaice monocristaline de tip LR4-60HIH (8*375W=3.0kW)..... 128

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate. Criza epidemiologică și problemele energetice apărute, atât în Republica Moldova cât și la nivel internațional crește povara economică a producătorilor agroalimentari. Sistemele energetice și alimentare sunt profund legate între ele. Aproximativ 30% din energia globală este consumată de sistemele de producere și procesare agroalimentare. Energia este, de asemenea, responsabilă pentru o treime din emisiilor de gaze cu efect de seră ale sistemelor agroalimentare. Ambele sisteme trebuie transformate pentru a satisface cererea actuală și viitoare de alimente și energie într-o manieră echitabilă, durabilă din punct de vedere a eficienței energetice și a protecției mediului [1]

Principala sarcină a producătorilor în prelucrarea primară a produselor agroalimentare și, în special, a produselor lactate este menținerea calității acestora care, în mod direct, depinde de temperatura de păstrare asigurată de instalațiile frigorifice [2].

Cercetările din domeniul tehnicii de păstrare a produselor agroalimentare sunt direcționate spre proiectarea și elaborarea instalațiilor frigorifice care utilizează frig natural sau frig natural combinat cu frig artificial, precum și a tehnologiilor moderne de calcul pentru controlul proceselor și regimurilor de răcire și acumulare de frig în cantități optime, care să reducă consumul de energie electrică în procesul de răcire și să ducă la creșterea eficienței tehnico-economice și economisirea energiei electrice [3]. Obiectivele menționate au fost analizate prin intermediul mai multor lucrări științifice [4 ... 9], care au confirmat că implementarea lor este foarte benefică din punct de vedere ecologic și tehnico-economic.

Reforma agriculturii de la independența Republicii Moldova până în prezent a dus la lichidarea fermelor mari de bovine din Republica Moldova, ceea ce a redus semnificativ volumul de lapte la nivel național. Datorită acestor circumstanțe companiile autohtone de prelucrare a produselor lactate au fost nevoite să înființeze puncte de colectare a laptelui de la producătorii casnici. În baza cercetărilor efectuate anterior s-a stabilit că laptele colectat de la producătorii individuali se păstrează în punctele de colectare de la 3 la 12 ore, în dependență de volumul colectat într-o tură și frecvența de transportare a acestuia la fabricile de prelucrare [27].

În majoritatea localităților rurale colectarea și răcirea laptelui se realizează în două ture, seara și dimineața, după care laptele este transportat spre fabrica de prelucrare.

Din punct de vedere legislativ cerințele tehnice și igienice față de punctele de colectare din Republica Moldova sunt aliniate cerințelor europene. Însă, în practică, datorită factorului financiar punctele de colectare a laptelui au fost dotate cu instalații frigorifice de fabricație învechită, iar în unele cazuri chiar cu instalații frigorifice de mâna a doua.

Rezultatele științifice prezentate de cercetătorii din Uniunii Europene arată că consum de energie electrică a instalațiilor tipice de răcirea a laptelui variază de la 17.6 până la 24.3 kWh pentru răcirea a unei mii litri de lapte, în dependență de clasa energetică a instalației [11]. De menționat și nivelul scăzut al fiabilității acestor instalații, ce rezultă defecțiuni frecvente, creșterea volumului de lapte alterat și poluarea mediului înconjurător deoarece în calitate de agent frigorific este utilizat freonul [12, 13].

Prin urmare, reducerea consumului de energie electrică și creșterea fiabilității sistemului de răcire la punctele de colectare a laptelui pe teritoriul Republicii Moldova este extrem de necesară și actuală.

Scopul tezei. Creșterea eficienței energetice a instalației cu frig natural și artificial la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova.

În calitate de **obiect al cercetărilor** au servit instalațiile frigorifice utilizate la punctele de colectare a laptelui din țară. Obiectul cercetărilor vizează aspectul teoretico-practic ales pentru un studiu amănunțit al căilor de sporire a eficienței energetice utilizând frigului natural și artificial cu abordarea problematicei ce ține de ecologie și sustenabilitatea agriculturii din Republica Moldova.

Subiectul cercetărilor include probleme de studiere și estimarea calitativă și cantitativă a parametrilor tehnologici constructivi ai obiectului cercetării prin eficientizarea utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui, cu consum redus de energie electrică.

Obiectivele cercetării: analiza stadiului actual în privința utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice a instalațiilor frigorifice pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova; dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul al parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; concretizarea regimurilor energetice, de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui; implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la un punct de colectare a laptelui din țară; stabilirea parametrilor tehnologici optimali pentru prerăcirea și răcirea laptelui la punctele de colectare.

Ipoteza de cercetare. Posibilitatea utilizării frigului natural ca o sursă regenerabilă disponibilă pe întreg teritoriul țării, în scopul reducerii consumului de energie electrică în procesul de răcire a laptelui. În cazul confirmării sporirii eficienței energetice, devine oportună stabilirea atractivității și competitivității frigului natural.

Metodologia de cercetare. Cercetările au fost realizate în cadrul departamentelor ”Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării” UASM, ”Ingineria Fabricației” UTM și la punctul de colectare a laptelui gestionat de GȚ ”Harabari Andrei Victor”, prin:

- studiul datelor bibliografice, cu elucidarea neajunsurilor pe domeniu;

- analiza datelor statistice ale Serviciul Hidrometeorologic de Stat și Biroului National de Statistică;
- efectuarea experimentelor cu utilizarea dispozitivelor electronice de control, contor electric de tip SL03A 3F (0.5-100 A) 220-400 V, termometrul de tip TP-300 cu diapazonul de măsurare -50^{o}C ... +300^{o}C, senzor de temperatură PT1000 cu diapazonul de măsurare -50^{o}C ... +300^{o}C și PH-metru mobil pentru lapte - HI98162.

Veridicitatea datelor obținute a fost asigurată de utilizarea metodelor de cercetare aprobate în domeniu, de repetabilitatea încercărilor și folosirea echipamentelor de cercetare validate în cadrul departamentului ”Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării” UASM.

Sumarul tezei: teza este alcătuită din adnotare în limbile română, engleză și rusă, lista abrevierilor, lista tabelelor și figurilor, introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie și anexe.

În introducere este prezentată actualitatea și importanța temei de cercetare, scopul și obiectivele tezei, sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese, implementarea și aprobarea rezultatelor științifice.

Capitolul 1 include studiul actual privind necesitățile energetice în industria produselor lactate la nivel național și internațional, situația privind nivelul de dezvoltare a ramurii de producere a laptelui în ferme și în gospodăriile casnice de la independență până în prezent pe teritoriul Republicii Moldova.

Datorită faptului că, actualmente, volumul total de lapte produs în gospodăriile casnice este semnificativ mai mare ca cel produs în ferme s-a analizat modul de amenajare și funcționare a punctelor de colectare a laptelui, și a procesului de colectare, răcire, păstrare și livrare a laptelui de către punctele de colectare din Republicii Moldova.

Pentru formularea scopului și obiectivelor de cercetare s-au analizat diferite soluții care ar duce la sporirea eficienței energetice la punctele de colectare.

S-au analizat sistemele de răcire a laptelui din punct de vedere energetic și constructiv, s-au studiat lucrări științifice care indică avantajele implementării magneților permanenți pe rotorul motorului asincron de antrenare a compresorului instalațiilor frigorifice, utilizării instalațiilor ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică și a sistemelor de prerăcire a laptelui pentru reducerea consumului de energie electrică. Totodată s-au analizat soluțiile de reducere a consumului de energie electrică din rețeaua de distribuție prin utilizarea sistemelor fotovoltaice.

Capitolul 2 include aspectele teoretice privind determinarea parametrilor tehnologici-constructivi la elaborarea instalației ecologice de răcire a laptelui propusă pentru punctele de colectare din țară.

S-a dezvoltat metodologia de calcul și fundamentarea parametrilor constructivi ai instalației ecologice de răcire a laptelui cu frig natural, utilizând agent frigorific intermediar (apa sau saramura) și acumulatorul de frig termoizolat.

S-au dezvoltat modele matematice și metode de calcul ale procesului de răcire în flux a agentului frigorific intermediar cu acumularea frigului natural în acumulatorul de frig termoizolat, ale procesului de răcire a laptelui cu frig natural într-un răcitor capacitiv și ale procesului de prerăcire a laptelui cu gheață în timpul colectării mobile a acestuia de la producătorii casnici.

În capitolul 3 se prezintă componentele de bază incluse în schema structurală a instalației ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică, propusă spre elaborare pentru punctele de colectare.

S-au elaborat schemele structurale, grafurile automate și algoritmii de funcționare ale componentelor electrice din instalațiile ecologice.

S-a stabilit că grafurile automate și algoritmele de funcționare elaborate pentru procesul de răcire a agentului frigorific intermediar permit montarea schemei electrice pentru automatizarea procesului de răcire, trecând de la un regim la altul, în dependență de temperatura mediului și a agentului frigorific intermediar, asigurând răcirea acestuia până la temperaturi sub +4^{o}C. Schema structurală, graful automat și algoritmul de funcționare a regimului răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar, permit asigurarea funcționării optime a procesului de răcire a laptelui prin monitorizarea temperaturii laptelui, asigurând răcirea acestuia până la temperatura prestabilită de păstrare de sub +6^{o}C.

S-au analiza fluxurile de energie electrică a echipamentelor electromecanice din PCL care au permis stabilirea consumului estimativ și a pierderilor de energie electrică pentru fiecare echipament acționat electric în parte, în dependență de durata de funcționare a acestuia, dar și stabilirea consumului de energie pentru funcționarea acestora în comun în dependență de regimul de răcire.

S-au argumentat regimurile de funcționare, automatizare și control ale procesului de răcire a agentului frigorific intermediar cu aer și a procesului de răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar.

S-a determinat durata perioadei de utilizare a frigului natural în procesul de răcire a laptelui la punctele de colectare pentru Regiunea de Dezvoltare Nord a țării.

În capitolul 4 este prezentată instalația frigorifică experimentală pentru răcirea laptelui cu parametrii tehnici de bază, care este implementată la punctul de colectare a laptelui administrat de GȚ ”Harabari Andrei Victor”.

În baza datelor experimentale s-a stabilit consumul specific real de energie electrică la PCL, în perioada rece a anului când temperatura mediului ambiant este ≤+4^{o}C.

S-a efectuat studiul eficienței tehnico-economice la procesul de răcire a laptelui cu utilizarea instalației ecologice cu consum redus de energie electrică la punctele de colectare a laptelui.

S-au efectuat încercări experimentale cu privire la prerăcirea laptelui utilizând boxe cu gheață în vasul mobil de colectare, pentru prerăcirea laptelui în timpul colectării. S-a stabilit că procesul de prerăcire reduce consumul de energie electrică a instalației din PCL.

S-a efectuat studiul de fezabilitate privind implementarea sistemului fotovoltaic de tip On-Grid la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor” fiind inclusă în studiu și investiția pentru o mașină de produs gheață.

Teza se finalizează cu prezentarea concluziilor generale și recomandărilor.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor au fost implementate la punctul de colectare a laptelui gestionat de GȚ ”Harabari Andrei Victor” din s. Corbu r-nul Dondușeni. Componenta teoretică a cercetării științifice a fost implementată în perioada anilor 2020-2022 în proiectul științific instituțional: 20.80009.5107.04 (2020-2023) „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemei de cultură și schimbărilor climatice” și în cursurile de prelegeri la disciplinele ”Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar”, ”Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” din programul de studii a ciclului I, precum și în cursul de prelegeri “Automatizarea proceselor tehnologice în sectorul agrar” din ciclul II, la departamentul Electrificarea agriculturii, mecanică și bazele proiectării din cadrul UASM.

Aprobarea rezultatelor obținute și a valorii teoretice și practice a tezei au fost aprobate în cadrul:

- concursului de burse regale pentru performanțe științifice 2021, organizat de Casa Regală a României – în rezultatul căruia s-a obținut bursa de merit a Regele Mihai I (Anexa 7);
- conferinței științifice a studenților, masteranzilor și doctoranzilor din 23.03.2022 organizată la FIATA de UASM – unde s-a obținut Diploma de clasificare pe locul I pentru rezultate în cercetare (Anexa 8);
- ședinței plenare din 30.03.2022 a celei de-a 75-a conferință a studenților, masteranzilor și doctoranzilor UASM – unde s-a obținut Diploma de Excelență pentru performanțe în cercetare (Anexa 9);

- simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective" dedicate aniversării a 70 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept, UASM-2021, în baza raportului științific prezentat;
- a patru seminare științifice organizate la Departamentul Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării al FIATA;
- ședinței lărgite a departamentului ”Ingineria Fabricației” UTM din 16.12.2022, prin prezentarea tezei la etapa primară;
- ședinței seminarului științific al Școlii Doctorale UTM din 31.03.2023, prin prezentarea tezei și recomandarea acesteia spre susținere publică.

1. ANALIZA SITUAȚIEI ACTUALE ȘI IDENTIFICAREA SOLUȚIILOR DE SPORIRE A EFICIENȚEI ENERGETICE LA PUNCTELE DE COLECTARE A LAPTELUI

1.1. Generalități cu privire la căile de reducere a consumului de energie electrice la răcirea și păstrarea laptelui

Laptele și produsele lactate reprezintă surse vitale de alimentație și surse de venit pentru milioane de oameni din întreaga lume. Producția mondială de lapte (aproximativ 81% lapte de vacă, 15% lapte de bivoliță și 4% pentru laptele de capră, oaie și cămilă combinat) a crescut cu 1.1% la aproximativ 887 Mt în 2021, în principal printr-o extindere a producției în India și Pakistan datorită creșterii continue a efectivelor vitelor de lapte și majorării cantităților de furaje baza pe ploile musonice favorabile. Creșterea comerțului mondial cu produse lactate a fost determinat în principal de cererea sporită a acestora în Republica Populară Chineză, cel mai mare importator de produse lactate din lume [14].

Produsele lactate au anumite trăsături ce le deosebesc de alte produse agricole după modul de producere, prelucrare și comerț. Spre deosebire de cereale, laptele necesită depozitare specială și transport rapid, lucru care necesită costuri ridicate. În această situație, în majoritatea cazurilor, răcirea laptelui este inevitabilă deoarece acest produs este ușor alterabil.

Se constată că majoritate țărilor în curs de dezvoltare se caracterizează printr-un nivel scăzut al tehnologiilor de răcire utiizate pentru menținerea calității produselor lactate, prin acces limitat la energia modernă și dominația fermelor mici. Chiar dacă tehnologiile de răcire la scară mică sunt disponibile pe piață, barierele tehnice și economice sunt încă dificil de implementat în zonele rurale [15].

Datorită faptului, că nici cele mai mari ferme de lapte nu pot oferi cantități adecvate de materie primă pentru a satisface necesitățile unei fabrici de procesare, în industria lactatelor din multe țări de pe continentul european sunt organizate linii de cooperare între ferme și fabricile de procesare. În această situație dezvoltarea industriei produselor lactate și creșterea producției de lapte vine cu propriile provocări semnificative în ceea ce privește consumul de resurse energetice [16].

Este cunoscut că energia consumată în industria lactatelor este compusă din utilizarea directă a energiei pentru necesitățile instalațiilor tehnologice din întreg lanțul de producere și

utilizarea indirectă pentru producerea de furaje pentru animale, care are loc în afara fabricilor de prelucrare [10, 11].

Cercetările realizate în Centrul de cercetare a furajelor au arătat că consumul de energie la producerea laptelui este constituit din consumul de energie electrică, consumul de combustibil lichid, energia utilizată la aplicarea îngrășămintelor, producerea furajelor concentrate și altor consumuri de energie [17, 18].

Astfel este evident că creșterea producției de lapte, implicit, rezultă majorarea consumului de energie în toate verigile tehnologice ale procesului de producere. În această situație modificarea strategiilor de management și a infrastructurii fermelor și punctelor de colectare a laptelui pentru reducerea consumului de energie în procesul de prelucrare a produselor lactate, începând de la obținerea materiei prime, răcirea, transportarea și până la comercializarea acestora este o problemă actuală care necesită o studiere mai detaliată.

Există mai multe studii referitoare la reducerea consumului de energie electrică în procesul tehnologic de producere a laptelui. Specialiștii din domeniu urmăresc să identifice noi tehnologii și metode pentru a îmbunătăți eficiența energetică la producerea laptelui și a produselor lactate. Cercetările din ultimul timp sunt axate pe câteva direcții și anume:

- utilizarea energiei solare în sistemul de alimentare cu energie electrică, pentru a obține frig artificial la costuri mai mici și a reduce emisiile de CO_2 la nivel global [19 ... 23];
- implementarea frigului natural în sistemele frigorifie existente la ferme [24 ... 26], și la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova, direcția principală de cercetare din teză [28, 29];
- reutilarea motoarelor asincrone a compresoarelor instalațiilor frigorifice în motoare sincrone, prin implementarea magneților permanenți pe rotoare, lucru demonstrat de către noi în în lucrările [27, 30, 31];
- proiectarea generatoarelor cu magneți permanenți de producere a energiei electrice la turații mici pentru excluderea multiplicatoarelor [32 ... 35].

Reeșind din cele menționate, se poate deduce că:

- modernizarea instalațiilor din procesul tehnologic de producere a laptelui și implementarea surselor regenerabile în acest proces poate duce la creșterea profiturile pentru producătorii de lapte oferind beneficii semnificative mediului;
- concomitent cu creșterea cererii de energie electrică, există potențialul de îmbunătățire a eficienței energetice, deoarece instalațiile de producere și răcire a produselor lactate pot fi optimizate pentru a avea un consum redus de energie.

1.2. Situația actuală privind producerea laptelui în Republica Moldova

Industria produselor lactate în Republica Moldova rămâne a fi una din ramurile cele mai importante ale sectorului agroalimentar, care contribuie la securitatea alimentară a țării, produsele lactate în alimentația umană, fiind considerate vitale [36].

Consumul de produse lactate pe persoană, în Republica Moldova, este în creștere, dar în comparație cu consumul pe persoană a țărilor Uniunii Europene este mult mai scăzut. Astfel consumul mediu anual de produse lactate a unui locuitor în Republica Moldova este de 180 kg, constituind 79 % din necesarul asigurării consumului fiziologic recomandat de 227 kg pe cap de locuitor [37].

Criza pandemică din ultimii ani și-a pus amprenta și pe industria produselor lactate. Cu toate că restricțiile impuse în perioada pandemiei încep să fie relaxate, creșterea economico-financiară a consumatorilor rămâne a fi lentă. Prin urmare cererea de produse lactate din partea populație este scăzută.

În același rând în Republica Moldova, prețul la produsele lactate locale este relativ mare, lucru datorat volumului mic de materie primă, utilajului învechit dar și creșterii prețurilor la produsele energetice din țară. Ca rezultat o bună parte a produselor lactate sunt importate din țările vecine [36], în special din Ucraina.

Analizând datele programului național de dezvoltare a sectorului de lapte în Republica Moldova pentru anii 2019-2025, se constată că cel mai înalt grad de dezvoltare în creșterea vitelor mulgătoare pe teritoriul Republicii Moldova a avut loc între anii 1989-1990, atingând un număr efectiv de peste 402 mii de capete, dintre care peste 309 mii crescute la ferme mari.

De la independență până în prezent, conform datelor Biroului National de Statistică (BNS) (vezi tabelul 1.1), s-a atestat o continuă scădere a efectivului de vite pe teritoriul țării noastre. Astfel de la 395000 capete în 1991 până la 67100 capete în 2023. În această perioadă micșorarea efectivului de vite atinge valori de cca 5.9 ori [38, 39].

Fig. 1.1. Instalația frigorifică a punctului de colectare a laptelui din satul Corbu, r-nul. Dondușeni

Companiile locale de prelucrare și procesare a laptelui au ca bază materia primă colectată de la producătorii casnici prin intermediul punctelor de colectare dotate cu instalații frigorifice, ca exemplu cea prezentată în Fig. 1.1, care sunt amplasate în localitățile rurale.

Tabelul 1.1. Datele BNS de la independență până in prezent cu privire la efectivul vitelor pe teritoriul Republicii Moldova [38]

Anul	Efectivul vitelor la 1 ianuarie în RM		
	la ferme	la populație	TOTAL
1991	296000	99000	395000
1992	276000	121000	397000
1993	250000	153000	403000
1994	188000	189000	377000
1995	147000	220000	367000
1996	113000	228000	341000
1997	85000	234000	319000
1998	54000	237000	291000
1999	41000	245000	286000
2000	23000	252000	275000
2001	15000	254000	269000
2002	13000	258000	271000
2003	12000	267000	279000
2004	10000	247000	257000
2005	8000	223000	231000
2006	8000	209000	217000
2007	7000	200000	207000
2008	6000	162800	168800
2009	5200	155100	160300
2010	4900	156300	161200
2011	4500	149900	154400
2012	4400	139900	144300
2013	4700	129700	134400
2014	5100	125600	130700
2015	5800	124500	130300
2016	5900	121800	127700
2017	5800	117100	122900
2018	5400	107400	112800
2019	5100	92100	97200
2020	5100	75900	81000
2021	5500	65700	71200
2022	7900	60500	68400
2023	11300	55800	67100

Referitor la dinamica efectivului de vite la ferme se atestă o reducere drastică a efectivului până în anul 2012, după care între anii 2012 și 2023 se atestă o creștere de la 4400 de capete până la un număr de 11300 de capete, această creștere se datorează înființării afacerilor de familie prin deținera a 20-50 de capete, pentru producerea și predarea laptelui companiilor locale de prelucrare și procesare.

Situația efectivului de vite din gospodăriile individuale ale populației este puțin mai bună, dar, în ultimii ani datorită instabilității economice la fel este în scădere. Situația creată se explică prin interesul scăzut a populației pentru creșterea de animale domestice. Urmărind datele din tabelul 1.1 se constată că, din 1991 până în 2003 efectivul de vite din gospodării a crescut de la 99 mii până la 267 mii de vite, după care anual se atestă o scădere de 10-15 mii de capete.

Dinamica volumului de lapte de vacă produs pe teritoriul Republicii Moldova poate fi vizualizată în Fig. 1.2. Se observă că volumul de lapte de vacă produs în Republica Moldova atestă o reducere de peste șaizeci la sută din 1991 până în 1998 după care se urmărește o perioadă de peste douăzeci de ani de scădere mai lentă [38].

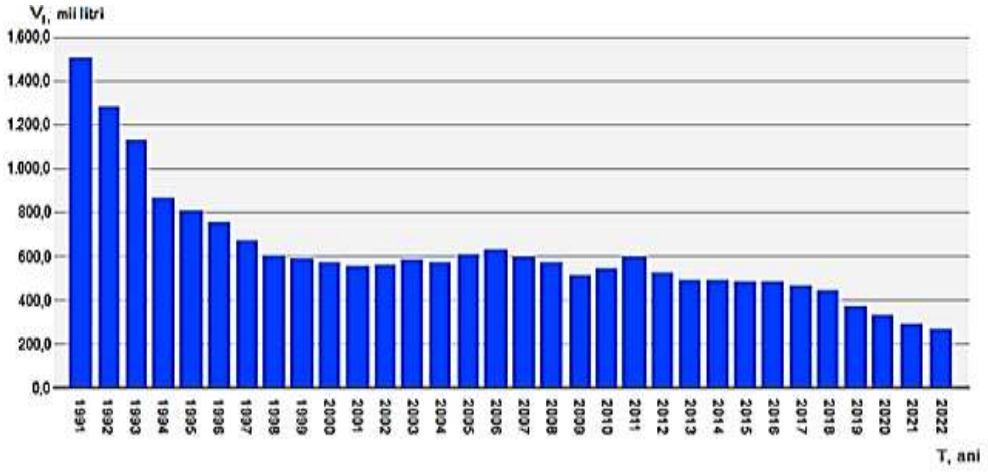


Fig. 1.2. Volumul laptelui de vacă produs pe teritoriul Republicii Moldova [38]

Situația anuală în ceea ce privește volumul de lapte obținut pe categorii de producători prezentată în Fig. 1.3, se datorează faptului că principala sursă de materie primă pentru întreprinderile de prelucrare a laptelui din Republica Moldova sunt gospodăriile individuale, revenindule peste 90 la sută din materia primă produsă în țară.

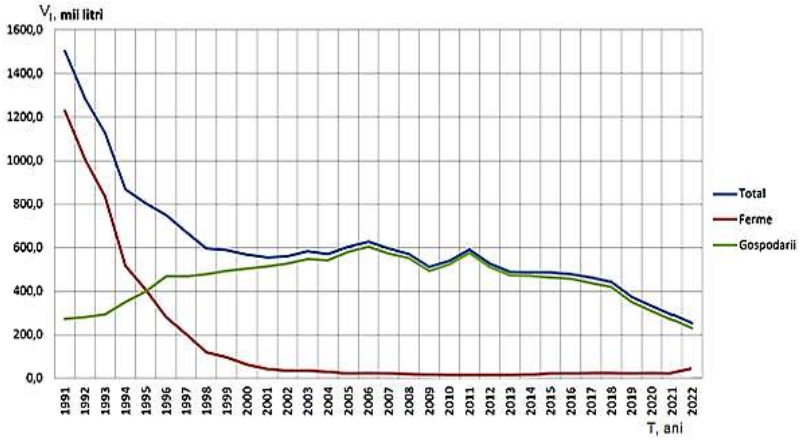


Fig. 1.3. Prezentarea grafică pe categorii de producători a volumului laptelui de vacă produs pe teritoriul Republicii Moldova [38]

În situația creată, întreprinderile autohtone de prelucrare a produselor lactate au fost nevoite să înființeze Puncte de Colectare a Laptelui (PCL) de la populație. În dependență de numărul de gospodării individuale de producere a laptelui din localități, punctele de colectare au fost dotate cu instalații frigorifice de răcire a laptelui de diferite capacități.

1.3. Situația actuală privind punctele de colectare a laptelui pe teritoriul Republicii Moldova

Punctele de colectare a laptelui (PCL) sunt concepute pentru depozitarea și răcirea laptelui colectat de la producătorii casnici din localitățile rurale ale Republicii Moldova. Cerințele minime inaintate pentru PCL prevăd dotarea cu echipamente pentru răcirea laptelui, contabilizarea volumului de lapte colectat, pomparea acestuia în cisterne speciale pentru transportare la fabricile de prelucrare și sistem de aprovizionare cu apă caldă pentru igiena personalului și îngrijirea echipamentelor [42].

La înființarea și gestionarea punctelor de colectare a laptelui specifice Republicii Moldova este necesar să se respecte un ansamblu de cerințe prevăzute în Regulile Specifice de Igienă a produselor alimentare de origine animală aprobate prin Hotărârea Guvernului nr. 435 din 28 mai 2010. Conform acestei HG au fost stabilite un șir de cerințe grupate în mai multe clase.

Cerințe de sănătate pentru laptele colectat de la producători.

Laptele colectat trebuie să provină de la efectivul vitelor mulgătoare care:

- nu prezintă simptome de boli infecțioase transmisibile la om sau boli care ar putea conduce la contaminarea laptelui;
- nu prezintă leziuni ale ugerului, ce pot altera laptele;
- nu au fost tratate cu substanțe medicamentoase neautorizate, conform cerințelor actelor normative în vigoare;
- au fost tratate cu substanțe medicamentoase autorizate şi s-a respectat perioada de recuperare, prescrisă pentru aceste substanțe.

Cerințe de igienă față de personal în timpul colectării şi transportării laptelui.

Personalul care se ocupă nemijlocit de procesul de colectare a laptelui trebuie să fie dotat cu îmbrăcăminte specială curată, să respecte igiena personală și să utilizeze soluții acceptabile pentru spălarea mâinilor şi brațelor.

Cerințe pentru spații şi echipamente la PCL:

- vasele utilizate pentru răcirea, depozitarea și transportarea laptelui, trebuie curățate și dezinfectate în mod corespunzător, înainte de a fi folosite și imediat după eliberarea lor.

- spațiile destinate pentru colectarea și depozitarea laptelui trebuie să fie dotate cu echipament frigorific, protejat de dăunători și amenajat separat de spațiile în care sunt adăpostite animale și depozitate furajele;
- suprafețele echipamentelor care intră în contact direct cu laptele trebuie să fie ușor de curățat, spălat și dezinfectat. De obicei aceste echipamente sunt proiectate și fabricate din materiale netede, lavabile şi non toxice;

Cerințe față de modul de păstrare si transportare a laptelui colectat la PCL:

- laptele trebuie răcit imediat ce a fost adus la PCL până la o temperatură sub +8ºC, în cazul în care după răcire este transportat la fabrica de prelucrare, sau sub +6ºC dacă laptele este păstrat la punctul de colectare până la următoarea tură de colectare care, în mod normal începe peste 10-12 ore;
- pe parcursul transportării laptelui de la PCL la fabrica de prelucrare temperatura acestuia nu trebuie să crească mai mult de +10 ºC.

Cerințe de calitate a laptelui.

Pentru menținerea calității produsului pe întreg procesul de colectare, începând de la preluarea laptelui de la producător și până la predarea acestuia instituției de procesare pentru prelucrare sunt prevăzute verificări care trebuie efectuate pe un eșantion reprezentativ de probe aleatorii de lapte colectat cu utilaj specializat sau de un laborator autorizat. Verificările pot fi realizate la inițiativa:

- producătorului casnic de lapte;
- administratorului PCL;
- agentului economic care preia laptele pentru prelucrare;
- reprezentanților statului în contextul unei verificări la nivel național sau raional.

Verificările menționate sunt necesare pentru a se asigura că laptele întrunește următoarele criterii:

- numărul celulelor somatice per mililitru este mai mic de $4 \cdot 10^5$, și se determină ca media geometrică variabilă pentru o perioadă de timp de 90 zile, cu cel puțin o probă la 30 zile, cu excepția cazului în care autoritățile responsabile de reglementarea domeniului agroalimentar prevăd o altă metodologie, care depinde de volumul de producție și sezon;
- numărul de germeni per mililitru la temperatura de +30ºC este mai mica de 10^5, și se determină ca media geometrică variabilă pe o perioadă de 60 de zile, cu cel puțin o probă la 15 zile.

Rețele inginerești de bază necesare la amenajarea unui punct de colectare a laptelui sunt:

- rețeaua electrică – alimentarea cu energie electrică se realizează prin intermediul sistemului monofazat sau trifazat, în dependență de tipul instalației frigorifice și a altor echipamente electrice cu care este dotat PCL;
- rețea de apeduct și canalizare – pentru îndeplinirea cerințelor de igienă PCL trebuie să fie racordat la apeductul centralizat sau să dețină un apeduct autonom, iar pentru a elimina apele uzate este necesar de a conecta punctul de colectare a laptelui la rețeaua de canalizarea comună prin intermediul unui sistem de pre epurare propriu sau la un sistem de canalizare autonom autorizat [43].

Echipamentul de bază a unui punct de colectare a laptelui (Fig. 1.4) include:

- instalația frigorifică de răcire a laptelui;
- pompă de lapte;
- instrumente de contabilizare a volumului de lapte;
- un set de instrumente pentru analiza expresă a calității laptelui;
- rezervoare pentru apă caldă și rece.

Alegerea capacității rezervorului instalației frigorifice pentru fiecare PCL se face în baza unei analize preliminare cu privire la potențialul volumului de lapte, care este prevăzut a fi colectat.

De alegerea corectă a instalației frigorifice depinde direct calitatea laptelui colectat, deoarece procesul de răcire în instalațiile frigorifice existente începe numai după umplera a minim 15% la sută din capacitatea rezervorului instalației.

Actualmente conform informațiilor Agenției Naționale pentru Siguranța Alimentelor **(**ANSA) pe piața Republicii Moldova sunt autorizate 43 de unități de procesare a laptelui. Aceste unități neavând alte alternative au creat puncte de colectare a laptelui de la populație, colectând aproximativ 90 % din materia primă procesată.

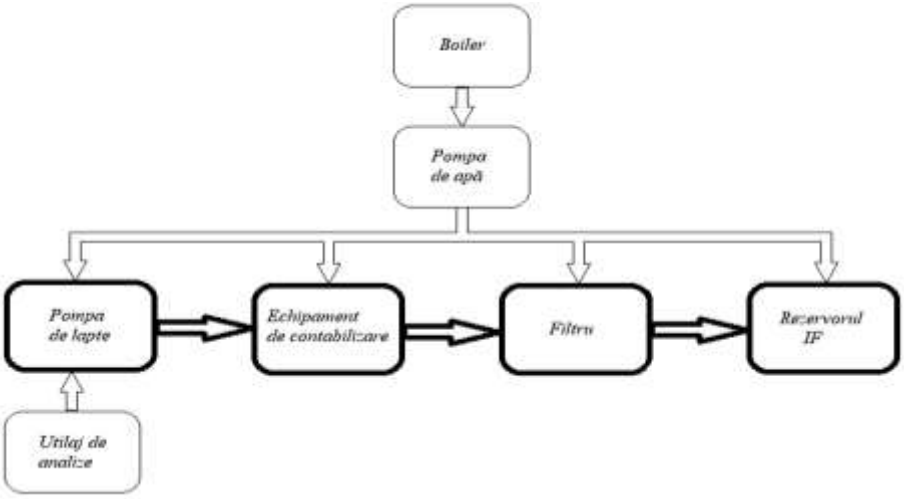


Fig. 1.4. Echipamentul de bază a unui punct de colectare a laptelui

În total pe teritoriul țării sunt funcționale și cu acte în regulă 669 de puncte de colectare a laptelui de la populație [45].

Studiind lista autorizațiilor eliberate de ANSA s-a stabilit că din numărul total de puncte de colectare a laptelui 562 sunt înregistrate în regiunea de nord a țării, ceea ce constituie 84 la sută din numărul total de puncte de colectare. Dintre acestea, mai mult de o treime aparțin întreprinderii SA ”Incomlac” [27].

Situația actuală privind numărul de puncte de colectare a laptelui deținute de companiile de prelucrare și regiunile de amplasare a punctelor sunt prezentate în Tabelul nr. 1.2.

Conform datelor Biroului Național de Statistică prezentate în graficul din Fig. 1.2, volumul de lapte de vacă produs în țară este în continuă scădere. Prin urmare, întreținerea punctelor de colectare a laptelui devine tot mai costisitoare, iar drept consecință, se atestă scumpirea produsului finit.

Cel mai dezvoltat centrul raional de colectare a laptelui, în Republica Moldova, este Edineț, pe teritoriul căruia sunt amenajate 95 de PCL. În Fig. 1.5 se prezentă numărul de PCL repartizate pe centrele raioanele ale Republicii Moldova.

Tabelul 1.2. Repartizarea punctelor de colectare a laptelui de pe teritoriul Republicii Moldova după companiile de prelucrare [27]

Denumirea companiei	Regiunea de colectare a laptelui	Nr. de puncte de colectare
SA Incomlac	Regiunea de Nord	210
SA Lactis	Regiunea de Nord	57
SA Fabrica de brânzeturi din Soroca	Regiunea de Nord	53
SA JLC	Regiunea Centru-Sud	52
SA Fabrica de unt din Florești	Regiunea de Nord	36
SRL Promicom	Regiunea de Nord	36
ICS LAPMOL SRL	Regiunea Centru	30
SA Inlac	Regiunea de Nord	23
SRL Bair Agro	Regiunea de Nord	24
SRL Comolco	Regiunea de Nord	9
SRL Ascoli	Regiunea de Nord	9
SRL VC Saturn-13	Regiunea Centru	8
SRL Tavlada-com	Regiunea de Nord	6
Companii mici de diferite forme juridice care au până la 5 puncte de colectare	Toate regiunile tarii	116
TOTAL		669

Pentru gestionarea eficientă a procesului de colectare și păstrare a laptelui, este important să deținem informații complete și corecte în privința parametrilor controlabili și reglabili ai instalațiilor frigorifice de răcire a laptelui și a sistemului de alimentare cu energie electrică, care caracterizează procesul tehnologic [46 ... 48].

Această informație necesită cercetări complexe a stării sistemului de alimentare cu energie electrică și a instalațiilor frigorifice la punctele de colectare a laptelui.

Fabricarea produselor lactate la preț competitiv pe piață are ca bază menținerea calității ridicate a laptelui de la producere și colectare până la transportarea acestuia la fabrica de procesare cu costuri cât mai reduse [49]. Respectarea acestor condiții la punctele de colectare a laptelui se realizează prin utilizarea diferitor tipuri de instalații frigorifice, care răcesc materia primă până la temperaturi optime pentru transportare, după care laptele se pompează în cisterne speciale care mențin temperatura timp îndelungat și este transportat pentru prelucrare la fabricile de procesare.

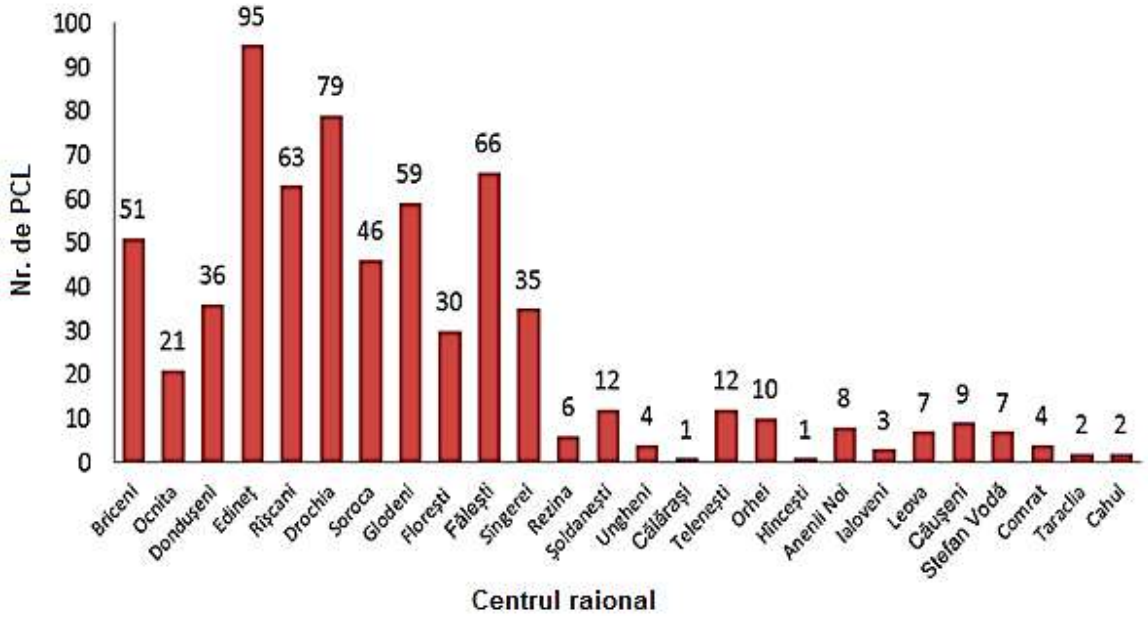


Fig. 1.5. Repartizarea PCL în raioanele țării [45]

Conform cerințelor ANSA punctele de colectare a laptelui sunt încăperi specializate, dotate cu utilaj corespunzător la nivel tehnic și sanitar, ce asigură procesul de colectare, răcire, păstrare și livrare a laptelui, cu respectarea tuturor cerințelor de igienă.

1.4. Analiza procesului de colectare, răcire, păstrare și livrare a laptelui la punctele de colectare din nordul Republicii Moldova

Procesul de colectarea a laptelui de la producătorii casnici în localitățile rurale din nordul Republicii Moldova are loc, de obicei, în două ture - seara și dimineața. Laptele colectat în tura de seară este răcit și păstrat în PCL până în dimineața zilei următoare.

Volumul de lapte colectat în tura de dimineață este mestecat cu laptele colectat în tura de seară și răcit până la temperatura de +6 ... +8°C, după care este pompat în autocisterna specializată și transportat pentru prelucrare [50, 51].

După mulsură laptele este colectat de la producătorii casnici și transportat la PCL prin două modalități:

- în cazul producătorilor individuali aflați în apropiere de PCL, aceștia aduc laptele în vase proprii și-l predau punctului de colectare;
- în cazul producătorilor individuali aflați la distanțe mai mari de PCL, administratorul punctului de colectare organizează un rezervor mobil cu ajutorul căruia colectează laptele și îl transportă la PCL pentru răcire și păstrare. În Fig. 1.6 se prezintă un exemplu de rezervor mobil de colectare a laptelui.

Fig. 1.6. Rezervor mobil de colectare a laptelui folosit în s. Fetești, r-nul Edineț

Depozitarea pentru răcirea și păstrarea laptelui se efectuează în vasul de răcire a instalațiilor frigorifice cu care sunt dotate PCL. Tipul instalației frigorifice este ales în dependență de cantitatea de lapte colectată în cele două ture.

Cele mai răspândite instalații frigorifice de răcire a laptelui utilizate la punctele de colectare din nordul țării sunt de producere franceză de la producătorul JAPY-tech, cu rezervor din inox alimentar cu capacități conform datelor de pe pagina oficială a producătorului de la 320 litri până la 1950 litri.

În majoritatea cazurilor instalațiile frigorifice sunt fabricate pentru rețeaua electrică trifazată, datorită șocurilor electrice apărute în momentul de conectare și deconectare a compresoarelor.

După forma rezervorului instalațiile frigorifice din PCL se împart în:

- instalații frigorifice cu rezervor vertical (Fig. 1.7a);
- instalații frigorifice cu rezervor orizontal sub forma de vană (Fig. 1.7b).

a

b

Fig. 1.7. Instalații frigorifice de răcire a laptelui în s. Pivniceni, r-nul. Dondușeni și s. Fetești, r-nul. Edineț

a- cu rezervor vertical; b- cu rezervor orizontal sub formă de vană.

Drept exemplu în Fig. 1.7a este prezentată instalația frigorifică cu frig artificial de răcire a laptelui cu puterea electrică instalată de 3.0 kW și capacitatea rezervorului din inox alimentar de 550 litri.

În Fig. 1.7b este prezentată instalația frigorifică de răcire a laptelui cu rezervor de răcire sub formă de vană din inox cu puterea electrică instalată de 4.5 kW, și capacitatea rezervorului de 1050 litri.

Pentru stabilirea consumului mediu de energie electrică s-au soicitat datele cu privire la volumul de lapte colectat, consumul de energie electrică pentru anul 2021 și parametrii instalațiilor frigorifice, de la trei puncte de colectare a laptelui din raionul Dondușeni, care sunt prezentate în Tabelul 1.3.

Tabelul 1.3. Analiza parametrilor electrotehnici la PCL din nordul RM

Denumirea	Adresa de amplasare a PCL		
	s. Țaul	s. Pivniceni	s. Codreni
Volumul vanei de colectare a IF (litri)	1050	700	550
Puterea instalată a IF (kW)	4.5	3.0	1.0
Puterea instalată a PL (kW)	1.1	1.1	0.75
Puterea instalată a IL (kW)	0.15	0.36	0.10
Cantitatea medie de lapte colectat într-o zi (kg) în perioada octombrie - martie 2021 (perioada rece)	545	289	196
Consumul mediu de energie electrică într-o zi (kWh) în perioada rece	11.2	6.1	4.4
Cantitatea medie de lapte colectat într-o zi (kg) în perioada aprilie - septembrie 2021 (perioada caldă)	790	414	320
Consumul mediu de energie electrică într-o zi (kWh) în perioada caldă	15.5	8.4	6.9

În baza datelor obținute s-a stabilit consumul estimativ de energie electrică necesar pentru răcirea a o mie litri de lapte pentru fiecare punct de colectare analizat, pentru doua perioade a anului:

- pentru perioada rece a anului la PLC din satul Codreni 22.4 kWh, satul Pivniceni 21.1 kWh și satul Țaul 20.6 kWh;
- pentru perioada caldă a anului la PLC din Codreni 21.6 kWh, din satul Pivniceni 20.3 kWh și din satul satul Țaul 19.6 kWh.

Necătând la faptul că în perioada rece a anului laptele ajunge la PCL cu o temperatură mai joasă în comparație cu perioada caldă a anului, consumul de energie electrică pentru răcirea a o mie litri de lapte este mai mare, acest lucru se datorează faptului că în perioada rece se colectează mai puțin lapte, ce duce la pierderi datorită funcționării instalației la sarcină scăzută față de cea nominală.

Conform informațiilor oferite de reprezentenții ”Inlac” SA, consumul mediu de energie electrică necesar pentru răcirea a o mie litri de lapte la PCL din nordul Republicii Moldova s-a stabilit a fi de 21 kWh, consum care este luat în calcul la achitarea facturii de către fabrica de prelucrare administratorului PCL.

1.5. Analiza sistemelor de răcire a laptelui din punct de vedere energetic și constructiv

Calitatea laptelui depinde de foarte mulți factori care trebuie luați în considerare. Printre aceștea, răcirea rapidă a laptelui până la temperaturi de sub +6 ^{o}C și respectarea strictă a regulilor sanitare și igienice. Prin răcirea rapidă se asigură încetinirea creșterii bacteriilor în lapte, prelungirea fazei bactericide fiind sarcina de bază a instalațiilor frigorifice de răcire a laptelui.

Pentru răcirea rapidă a laptelul, de regulă, la PCL în condițiile Republicii Moldova se utilizează două scheme constructive: cu răcire directă și cu răcire indirectă.

Instalațiile cu răcire directă actualmente sunt unele din cele mai utilizate scheme în procesul de răcire a laptelui. În aceste instalații recipientului este integrat cu evaporatorul în așa fel încât căldura laptelui să fie transferată direct freonului prin peretele acestuia (Fig. 1.8).

Principalele avantaje ale echipamentelor de acest tip sunt simplitatea și, în consecință, costul redus. Cu toate acestea, datorită faptului că rezervoarele de răcire directă nu au un acumulator de stocare a frigului, în procesul de răcire a laptelui se impun solicitări majore sistemului de alimentare cu energie electrică a PCL din partea compresorului instalației. Acest lucru duce la imposibilitatea utilizării tarifelor diferențiate de zi-noapte pentru energie electrică. Un alt dezavantaj al funcționării acestui echipament este că laptele poate îngheța pe pereții rezervorului.

În procesul de colectarea a laptelui în rezervorul de răcire, laptele se depozitează în diferite volume în timp cu temperaturi variabile. Din această situație rerzultă fluctuații

semnificative ale temperaturii produsului depozitat, și ca urmare funcționarea compresorului în timpul răcirii laptelui se desfășoară în condiții dificile, cu suprasarcină și un număr mare de cicluri de pornire a motorului, fapt care reduce fiabilitatea instalației frigorifice. Consumul specific de energie electrică pentru răcire laptelui în astfel de situații variază între 17.6 - 24.3 kWh/1000litri [11].

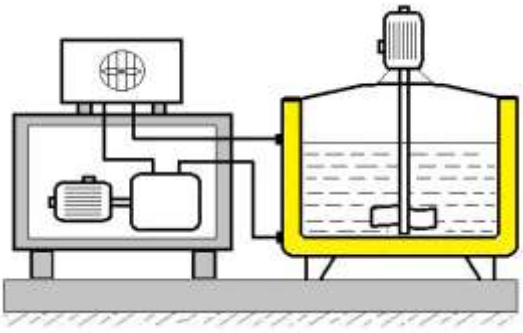


Fig. 1.8. Schema instalație frigorifice cu răcire directă

Instalațiile cu răcire indirectă, sunt prevăzute cu evaporatorul plasat într-un recipient cu un agent frigorific intermediar de răcire cum ar fi apa sau saramura, care este răcit și depozitat din timp într-un acumulator de frig, Fig. 1.9.

Unul din cele mai importante avantaje al unui sistem de răcire a laptelui care utilizează agentul frigorific intermediar din acumulatorul de frig este reducerea semnificativă a numărului de porniri și opriri a motorului compresorului ceea ce duce la creșterea fiabilității sistemului de răcire [56 ... 58].

Sistemele de acest tip sunt deosebit de eficiente deoarece permit răcirea agentului frigorific intermediar pe timp de noapte, conform Hotărârii Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică nr. 101 din 24 iunie 2003, utilizarea tarifelor diferențiate între orele 22:00 și 6:00 sunt cu 40 % mai scăzute în comparație cu tarifele de bază. Totodată aceste sisteme pot fi ușor combinate cu instalațiile de captare a frigului natural.

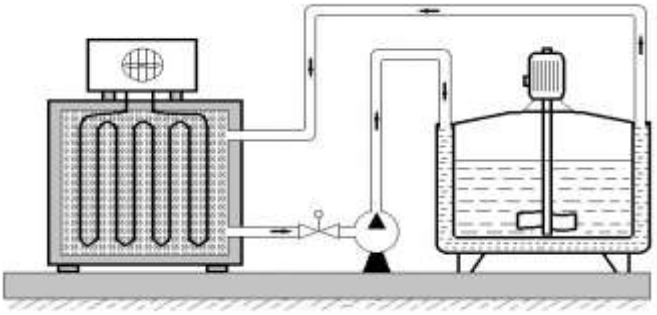


Fig. 1.9. Schema instalație frigorifice cu răcire indirectă

O instalație frigorifică cu răcire indirectă (Fig. 1.10) a fost elaborată și testată cu succes de cercetătorii științifici ai departamentului Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării la Complexul Didactico Experimental (CDE) al UASM între anii 2017-2022.

Fig. 1.10. Instalația frigorifică cu răcire indirectă cu frig combinat a CDE [2]

Conform rezultatelor obținute de cercetătorii UASM în acea perioadă, pentru ferma de bovine a Universității Agrare de Stat din Moldova, care produce anual circa 175 tone de lapte, economia de energie electrică s-a stabilit a fi de 14 kWh la răcirea a o tonă de lapte, cu durata de răcire a agentului frigorific intermediar din acumulatorul cu frig de 6 h și 18.5 kWh pe tonă, cu durata de răcire a agentului frigorific intermediar din acumulatorul cu frig de 8 h.

1.6. Studiul privind avantajele implementării magneților permanenți pe rotorul motorului asincron de antrenare al compresorului instalației frigorifice

Utilizarea magneților permanenți în construcția mașinilor electrice sincrone și reconstrucția celor asincrone este în continuă dezvoltare. Aceasta se datorează faptului că tehnologia fabricării magneţilor permanenţi a trecut la un nivel mai înalt de producere, iar parametrii magnetici, termici şi mecanici ai acestora s-au îmbunătățit esențial. Totodată se urmărește reducerea treptată a costului magneţilor permanenţi pe piața mondială. Toate aceste cauze au sporit în mare măsură utilizarea magneților permanenți în construcția mașinilor electrice [53 ... 55].

Se cunoaște că valoarea inducţiei magnetice din întrefier este limitată de valoarea inducţiei magnetice din zona de dantură şi din segmentele jugurilor statoric şi rotoric. Cercetările noastre anterioare au demonstrat că reducerea inducţiei magnetice în aceste zone ale circuitului magnetic conduce la majorarea dimensiunilor geometrice şi masei active ale maşinii electrice [60... 64].

Pentru a optimiza utilizarea materialului activ raportată la o unitate de putere este necesar ca inducţia magnetică din juguri şi zona de dantură să corespundă nivelului de saturaţie adecvată pierderilor magnetice minime pe aceste segmente de circuit.

Pentru motoarele asincrone transformate în motoare sincrone, conform cercetărilor noastre anterioare, prezentate în lucrările [27, 28, 31, 59], sunt recomandate limitele valorilor inducţiei magnetice din juguri şi dinți corelate inducţiei magnetice din întrefier, valoarea căreia nu depășește o teslă. Acest lucru poate fi observat din Fig. 1.11, unde este prezentată diagrama magnetului permanent determinată în baza parametrilor calculați de transformare a unui motor asincron de 3 kW în motor sincron cu magneți permanenți.

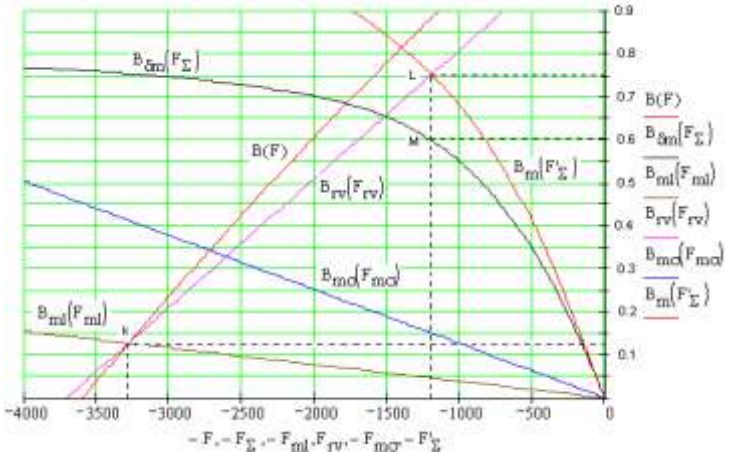


Fig. 1.11. Diagrama magneților permanenți la parametrii motorului asincron de 3 kW transformat în motor sincron

Important de constatat că pentru a majora puterea corespunzătoare unei unități de masă activă de oțel electrotehnic este necesar de a mări valoarea inducţiei magnetice din întrefer. Însă aceasta este imposibil de a realiza la aceleași dimensiuni a părții active deoarece cresc pierderile magnetice şi diminuează randamentul. Ca urmare una din piedicile de bază în acest context este legată de nivelul de saturaţie a oţelului electrotehnic din juguri şi zona de dantură.

În ultimii ani tehnologiile de producere a magneţilor permanenţi a impulsionat majorarea inducţiei magnetice remanente cu (20-30) %. Actualmente se produc magneți permanenţi cu inducția magnetică remanentă de (1.0 - 1.3) T [65 ... 67].

Implementarea acestor magneți în schemele mașinilor electrice poate asigura valoarea inducției magnetice în întrefer în limitele 0.6 - 1.0 T, corespunzătoare inducției magnetice din întrefierul mașinilor asincrone de construcție clasică.

La acționarea compresoarelor instalațiilor de răcire a laptelui sunt utilizate motoarele electrice asincrone cu rotorul în scurtcircuit care asigură funcționarea instalației frigorifice, însă parametrii tehnico-economici sunt reduși.

Pentru creșterea acestor parametri și reducerea consumul de energie electrică de către instalația frigorifică s-au analizat diferite scheme constructive de motoare prezentate în literatura

științifică de specialitate din domeniul motoarelor asincrone și sincrone cu magneți permanenți [53 ... 55, 64].

Drept alternativă la folosirea motoarelor asincrone în sistemele de acționare electrică a instalațiilor frigorifice de răcire a laptelui s-a analizat trecerea acestora din regim asincron în regim sincron prin amplasarea magneților permanenți pe rotor, utilizând același stator.

Pentru a stabili respectarea cerintelor menționate mai sus referitor la valoarea inductiei magnetice în întrefer, în Fig. 1.12 se prezentată tabloul câmpului magnetic a motorului cu magneți permanenți de tip NdFeB, transformat din motorul asincron de 3 kW, corespunzător motorului asincron al compresorului instalației frigorifice de răcire a laptelui de 700 litri.

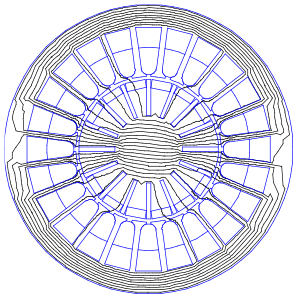


Fig. 1.12. Tabloul câmpului magnetic a motorului sincron cu magneți permanenți

Pentru determinarea însuşirilor feromagnetice a sistemului magnetic şi determinarea repartizării inducţiei pe fiecare sector a circuitului magnetic, s-a analizat cîmpului magnetic prin simulare, cu ajutorul aplicaţiei FEMM. Iar în rezultatul simulărilor s-a determinat variaţiei curbei inducţiei magnetice din îtreferul motorului, care este prezentată în Fig. 1.13, din care rezultă că inducția magnetică din intreferul masinii sincrone cu magneți permanenți obține valorile recomandate pentru motoarele electrice (0.77 T).

Reutilarea motorului asincron în motor sincron cu magneți permanenți are ca avantaje majorarea randamentului şi a factorului de putere, ceea ce va duce la micșorarea consumului de energie activă şi reactivă din rețea.

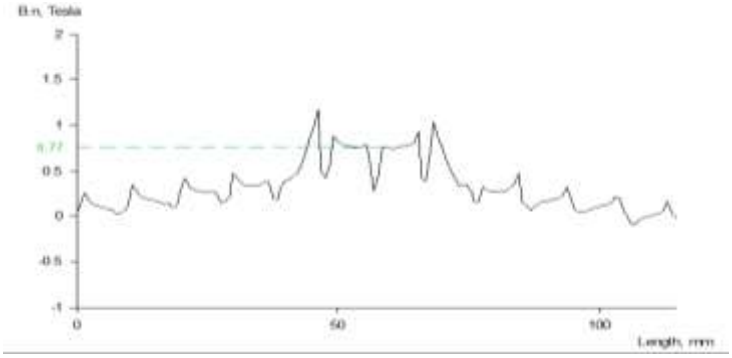


Fig. 1.13. Variaţiei curbei inducţiei magnetice din îtreferul motorului cu magneți permanenți

Însă reutilarea motorului asincron în sincron are un dezavantaj, privind pornirea motorului în regim asincron. La aplicarea tensiunii asupra înfășurării statorice, câmpul magnetic învârtitor induce în înfăşurarea de pornire o tensiune electromotoare datorită căreia se închid curenţii rotorici, care creează cuplul electromagnetic de pornire a motorului [61].

Problema de bază este că în același timp magneţii permanenţi produc un câmp magnetic care induce în înfășurarea statorică o tensiune electromotoare de frecvență variabilă.

La pornirea motorului în regim asincron, această tensiune electromotoare acționează concomitent ca generator sincron în raport cu rețeaua, direcționând în rețea curenți cu frecvență variabilă. Fapt ce duce la apariția unui cuplu de frânare corespunzător acestor curenți. Datorită rezistenței electrice relativ mică a rețelei valorile acestor curenți sunt suficient de mari. Din cercetările anterioare s-a stabilit că pentru a reduce cuplul de frânare în construcția rotorului cu magneți permanenți, înfășurarea de pornire în scurtcircuit necesită a fi realizată din bare înalte conform schemei prezentate în Fig. 1.14, pentru a crește cuplul asincron de pornire.

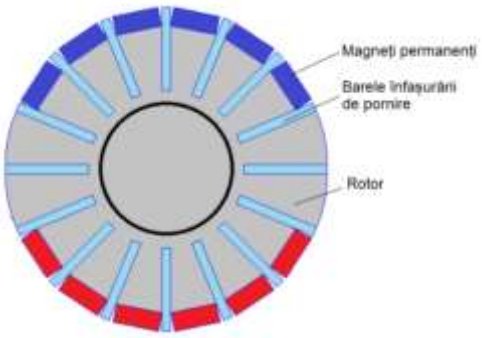


Fig. 1.14. Schema rotorului cu magneți permanenți [27]

Pe lângă cuplul de frânare creat de magneții permanenţi în regim de pornire în asincron a motorului sincron cu magneți permanenți, apar și cupluri sincrone datorită danturii statornice şi rotorice a motorului. Reducerea acestor cupluri de frânare, poate fi realizată prin înclinarea barelor înfășurării de pornire în raport cu generatoarea cilindrului rotoric.

Stdiile efectuate cu privire la plasarea magneților permanenți pe rotorul motorului asincron a compresorului instalației frigorifice a stabilit următoarele beneficii [53, 54, 61]:

- majorarea randamentului;
- creșterea productivității;
- micșorarea consumului mediu de energie electrică activă;
- creșterea factorului de putere;
- modificarea înfășurării de pornire rezolvă și problema pornirii motorului sincron cu magneți permanenți în regim asincron.

1.7. Studiul privind utilizarea instalațiilor ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică

Una din cele mai eficiente surse de frig tehnologic rămâne a fi frigul natural, având la bază simplitate la deservire și reparație, fiabilitate ridicată a utilajelor de răcire, consum redus de energie electrică și impact ecologic minim.

În instalațiile frigorifice existente la PCL ca agent frigorific de bază se utilizează freonii sau amiacul, iar în instalațiile combinate cu frig natural se utilizează freoni sau amiacul și aerul din mediul înconjurător, iar în calitate de agent frigorific intermediar se utilizează apa sau saramura.

Una din principalele cerințe în ceea ce privește folosirea oricărei surse de frig este asigurarea răcirii în timp redus a laptelui până la +6 ... +8°C în dependență de perioada de păstrare a acestuia la punctul de colectare [51, 97].

În literatura de specialitate [68... 77] sunt prezentate rezultatele cercetărilor cu privire la implementarea frigului natural în procesul de răcire a produselor agroalimentare, care permit reducerea semnificativă a costurilor energetice în procesul de răcire.

Cele mai utilizate sisteme de răcire a agentului frigorific intermediar sunt:

- Instalațiile frigorifice cu frig natural cu o secție de tip închis Fig. 1.15, au la bază un acumulator de frig din metal, instalat parțial în exteriorul clădirii cât și în peretele acesteia, cu fixare permanentă sau cu posibilitate de mișcare [74].

Avantajul acestor instalații este simplitatea construcției și consum redus de materiale, însă productivitatea acestora este scăzută, datorită faptului că doar o parte a acumulatorului de frig are contact cu aerul atmosferic.

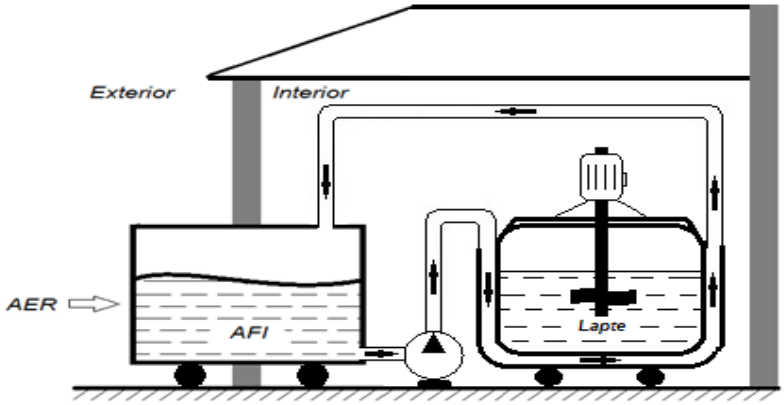


Fig. 1.15. Instalație frigorifica cu frig natural cu o secțiune

- Instalațiile frigorifice cu frig natural cu două secții de tip închis, Fig. 1.16, sunt fabricate

dintr-un acumulator de frig cu două secții, secția exterioară este destinată pentru a depozita gheață, iar cea interioară pentru agentul frigorific intermediar (apă), acestea sunt utilizate pentru răcirea laptelui pe timp de vară, în special la fermele amplasate în afara localităților, care sunt limitate în aprovizionarea cu energie electrică [74].

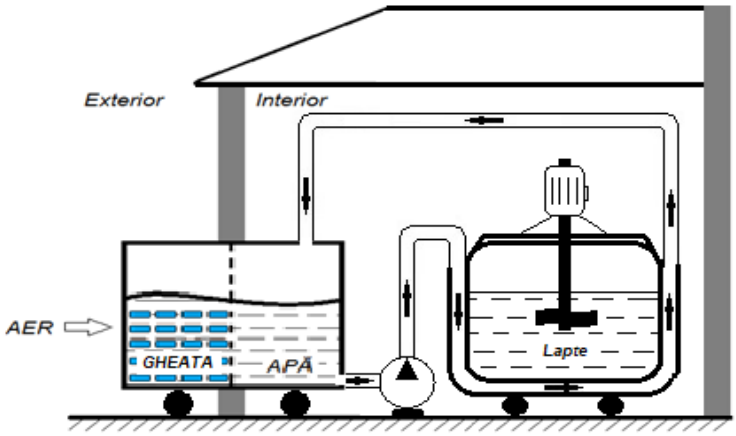


Fig. 1.16. Instalație frigorifica cu frig natural cu două secții

În comparație cu instalația frigorifică cu o secție, aceasta are o productivitate mai ridicată, însă este mai complicată în exploatare.

- Instalațiile de tip deschis cu secții de răcire în trepte (Fig. 1.17). La aceste instalații agentul frigorific intermediar se deplasează liber din secția de la treapta superioară trecând prin secțiile inferioare până în vasul de depozitare fiind răcit de aer [76].

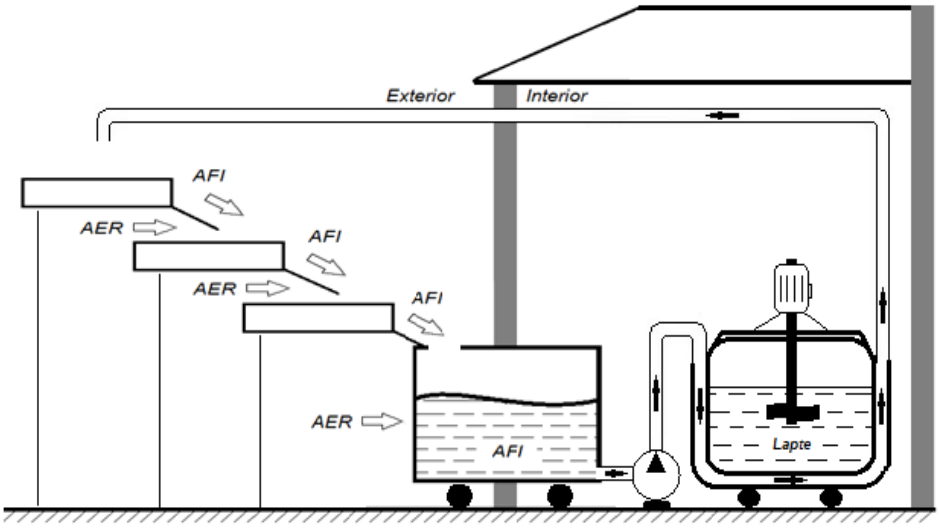


Fig. 1.17. Instalație frigorifica cu frig natural de tip deschis cu trei secții de răcire și una de stocare

Acestea au o construcție simplă și este ușor de reglat, dar au dimensiuni mari și necesită consum crescut de materiale.

- Instalațiile cu vas de gheață (Fig. 1.18), sunt prevăzute ca AFI să fie răcit datorită circulației acestuia printr-un schimbător de căldură montat în vasul cu gheață, aceste instalații pot fi utilizate pe parcursul întregului an, doar că necesită energie suplimentară pentru producerea de gheață [97].

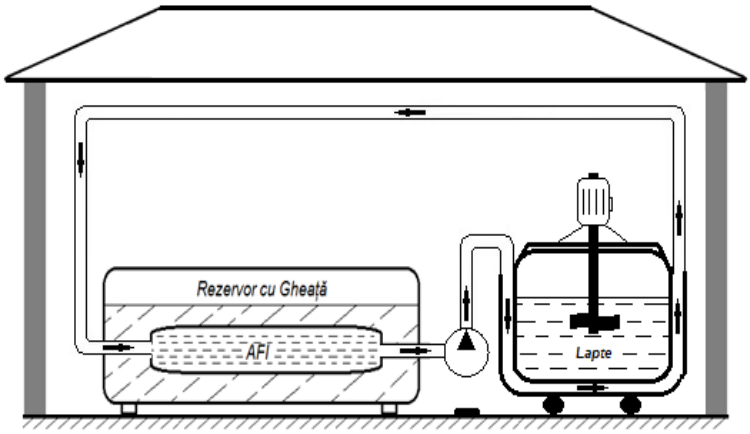


Fig. 1.18. Instalație frigorifica pe bază de gheață

- Instalațiile cu sistem de pulverizare a agentului frigorific intermediar (Fig. 1.19).

Procesul de pulverizare a AFI reduce semnificativ durata de răcire a acestuia și duce la egalarea temperaturii aerului și AFI, fapt ce contribuie la majorarea duratei de utilizare a acumulatoarelor de frig [75].

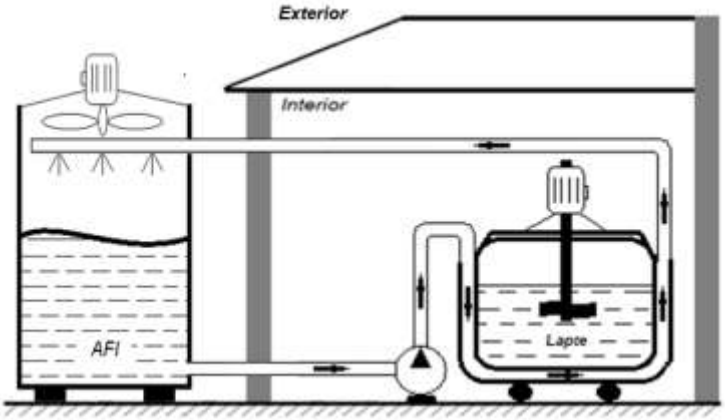


Fig. 1.19. Instalație frigorifica cu frig natural și sistem de pulverizare

Instalațiile cu sistem de pulverizare se utilizează de obicei în comun cu instalațiile capacitive de răcire a AFI, pentru creșterea productivității acestora, pulverizatorul se utilizează de obicei în diapazonul temperaturilor aerului atmosferic cuprinse între +2^{o}C și +4^{o}C.

Studiile efectuate în ultimii ani cu echipa de cercetători ai Departamentului Electrificarea Agriculturii, Mecanică și Bazele Proiectării UASM [78 ... 85] indică că instalațiile frigorifice cu răcire combinată cu frig natural și artificial sunt eficiente pentru Republica Moldova.

În Fig. 1.20 este prezentată schema instalației frigorifice cu frig natural și artificial cu consum redus de energie electrică pentru răcirea laptelui cu răcitor în flux, și două acumulatoare de frig unul instalat în exteriorul încăperii și altul termoizolat instalat în încăpere.

Acest tip de instalație poate funcționa în trei regimuri, răcire cu frig natural, răcire cu frig combinat și răcire cu frig artificial.

Răcirea cu frig natural are loc în perioada rece a anului prin acumularea de frig în AFT când temperatura atmosferică este mai mică sau egală cu +4^{o}C, în perioadele când temperaturile mediului variază între +4 ... +10^{o}C, instalația poate funcționa în regim combinat, agentul frigorific intermediar (apa sau saramura) fiind inițial răcită cu frig natural până la temperatura mediului înconjurător, după care este pompat în acumulatorul de frig și răcită de IFFA până la temperatura necesară [86].

În perioada caldă a anului acumulatorul de frig din exterior nu este funcțional, AFI este răcit doar de IFFA.

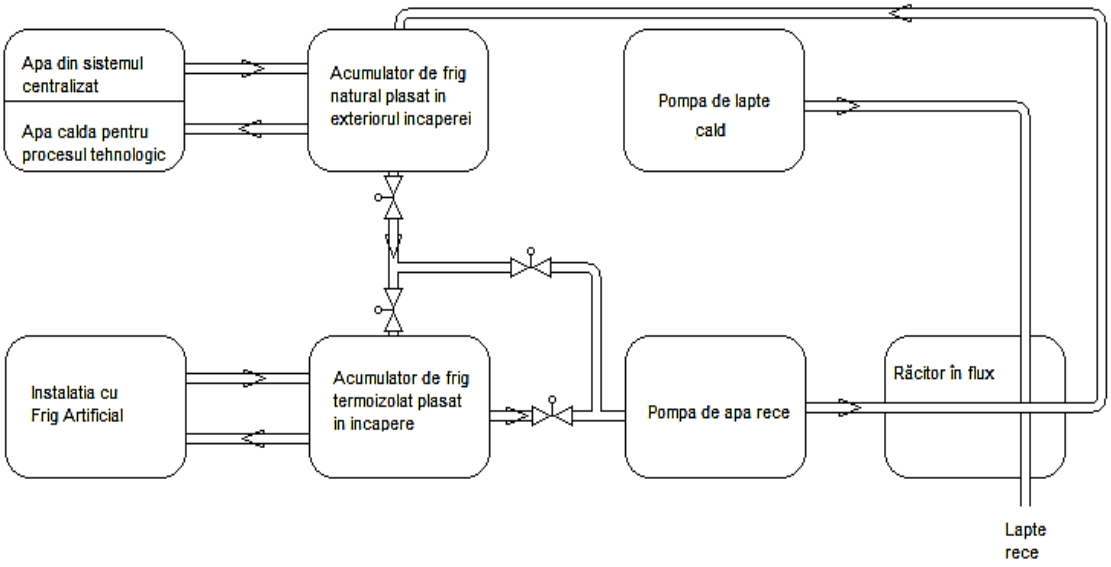


Fig. 1.20. Schema instalației frigorifice cu frig combinat pentru răcirea laptelui cu răcitor în flux

O altă instalație propusă de cercetătorii UASM este instalația frigorifică cu frig natural și artificial cu consum redus de energie electrică folosită la răcirea laptelui este cu răcitor capacitiv, prezentată în Fig. 1.21. Aaceasta este dotată în exterior cu o instalație de captare a frigului natural combinată cu acumulatorul de frig, iar în interiorul încăperii este un schimbător de căldură capacitiv și instalația frigorifică cu frig artificial.

În procesul de răcire cu frig combinat sau natural pompa de agent frigorific intermediar antrenează într-un circuit închis AFI din acumulatorul de frig prin pereții rezervorului capacitiv pentru a prelua căldura laptelui și a o transmite mediului înconjurător.

În același timp, pentru a intensifica transferul de căldură între lapte și pereții reci ai rezervorului, se folosește agitatorul de lapte care este acționat de un motor-reductor.

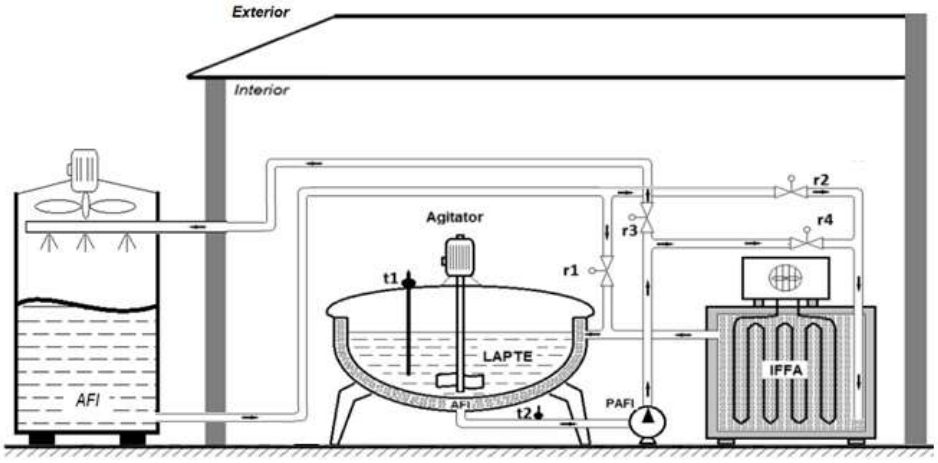


Fig. 1.21. Instalația frigorifică cu frig combinat pentru răcirea laptelui cu răcitor capacitiv

Rezultatele evaluării indicilor energetici în baza parametrilor de exploatare, experimentali și calculați pentru diferite regimuri de răcire la complexul didactico- experimental al UASM sunt prezentate în Tabelul 1.4.

Analiza datelor experimentale și calculate din Tabelul 1.4 stabilește că răcirea laptelui cu instalația cu frig natural în perioada rece a anului reduce consumul specific de energie electrică la complexul experimental al UASM de 37.5 ori, iar în perioada caldă a anului la răcirea laptelui cu instalația frigorifică combinată consumul se reduce de 1.9 ori în comparație cu răcirea laptelui cu instalația clasică cu frig artificial [8].

Pentru reducerea cheltuielilor financiare, fermierii pot solicita introducerea în contractul de furnizare a energiei electrice clauzele cu privire la tariful diferențiat la energia electrică bazat pe Hotărârea nr. 101 din 24.06.2003 privind tarifele la energia electrică, aprobată de ANRE și publicată în Monitorul Oficial cu Nr. 126-131 art. 168 la data de 26-06-2003 cu ulterioare modificări care prevede că pentru consumatorii agroalimentari cu statut juridic dar și pentru consumatorii casnici, care dispun de aparate de evidență corespunzătoare, plata pentru energia consumată se efectuează la tarife diferențiate, în dependență de orele de consum.

Tabelul 1.4. Parametrii experimentali și calculați ai IFFN, IFFA și IFFC [8]

Regimurile de răcire	Parametrii experimentali						Parametrii calculați	
	Temperatura mediului ambiant °C	Temperatura inițială a laptelui °C	Temperatura laptelui răcit °C	Durata de lucru, h	Puterea, kW	Energia consumată, kWh	Masa laptelui răcit, t	Consumul specific de EE, kWh/t
Răcirea laptelui cu utilizarea IFFN (perioada rece a anului)	-1 - 2	+17	+4	0.2	1.0	0.2	0.5	0.4
Răcirea laptelui cu utilizarea IFFA (perioada rece a anului)	-1 - 2	+17	+4	3.0	2.5	7.5	0.5	15
Răcirea laptelui cu utilizarea IFFA (Perioada caldă a anului)	+25	+30	+4	6.0	2.5	15	0.5	30
Răcirea laptelui cu utilizarea unei IFFC(Perioada caldă a anului)	+25	+30	+4	3.2	3.5	7.7	0.5	15.4

Pentru orele de noapte, de la 22-00 până la 7-00, pe parcursul întregului an prețul la energia electrică se reduce cu 40 la sută, fiind aplicat un coeficient de reducere k=0.6, la tariful de bază stabilit (Anexa 3). Având la bază această oportunitate se recomandă ca răcirea agentului frigorific intermediar să se producă pe timp de noapte fiind depozitat în acumulatorul de frig termoizolat, ulterior fiind utilizat pe timp de zi pentru răcirea laptelui.

1.8. Sisteme de prerăcire ale laptelui pentru reducerea consumului de energie electrică

La punctele de colectare a laptelui din țările europene unde acestea sunt dotate cu sisteme centralizate de aprovizionare cu apă, pentru reducerea consumului de energie electrică la răcirea laptelui și pentru încălzirea apei pentru necesitățile procesului tehnologic se folosesc sistemele de prerăcire a laptelui cu răcitor în flux [47, 87]. Un astfel de sistem este prezentat în Fig. 1.22.

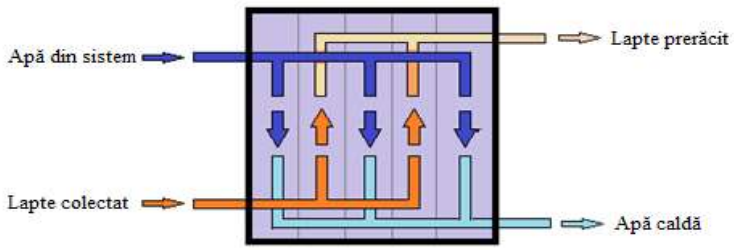


Fig. 1.22. Sistem de prerăcire a laptelui cu răcitor în flux

Prerăcirea laptelui până la o temperatură cu +2 ... +4°C peste temperatura apei din sistem este considerată suficientă, răcirea ulterioară a produsului lactat se realizează în instalația frigorifică cu care este dotat PCL. Apa încălzită este stocată în boilere, iar apoi este utilizată la igienizarea instalației frigorifice, spălarea mâinilor personalului și pentru alte necesități igienice. Prerăcirea cu apă din sistemul centralizat reduce cheltuielile generale și de operare ale PCL prin reducerea semnificativă a duratei de răcire a laptelui cu instalația frigorifică, deoarece laptele intră în recipientul de răcire cu o temperatură de +12 ... +18°C.

Conform cercetărilor științifice a cercetătorilor R. Mhundwa, M. Simon și S. Tangwe utilizarea unui pre-răcitor poate contribui la reducerea consumului de energie până la 50,3 %. Cu toate acestea, merită de menționat că pentru o funcționare optimă a pre-răcitorului trebuie de ales dimențiunile acestuia în funcție de producția zilnică de lapte.

Pentru eficientizarea procesului de prerăcire și răcire se recomandă utilizarea unui sistem combinat de răcire utilizând schimbătorul cu două compartimente de răcire în flux (Fig. 1.23) , unul de prerăcire și altul de răcire a laptelui. În primul compartiment, laptele este răcit prealabil de apa rece din sistemul centralizat care are temperaturi cuprinse între +8 ... +16°C, în dependență de sezon, iar în cel de-al doilea compartiment, laptele este răcit cu AFI din acumulatorul de frig care are temperaturi de sub +4°C.

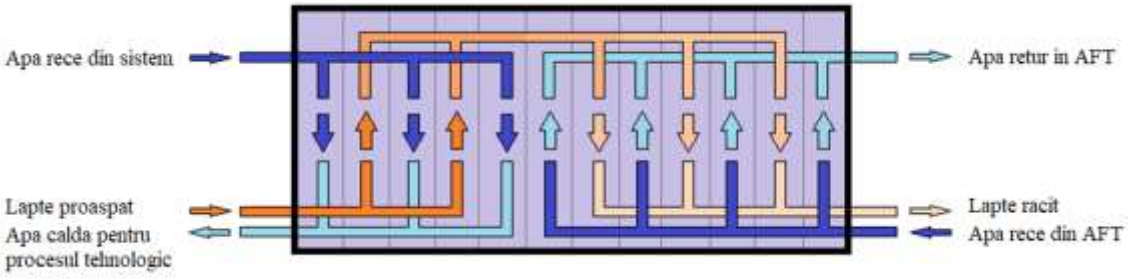


Fig. 1.23. Schema răcitor în flux cu două compartimente de răcire a laptelui

Studiile specialiștilor [8, 47, 87, 88], arată că dotarea PCL cu o instalație de prerăcire a laptelui cu apă din sistemul centralizat conform Fig. 1.24a, ar reduce costurile energetice de aproximativ două ori, ajungând la un consum specific de energie electrică cu valori cuprinse între 8-12 kWh/t. Cu un astfel de sistem sunt dotate instalațiile frigorifice de tip MTKO DIAN cu prerăcire în flux și răcirea de bază în instalații cu răcitor capacitiv. În cazul prerăcirii cu AFI din sistemul principal de răcire (Fig. 1.24b), eficiența termică a acestuia este scăzută. Acest sistem de prerăcire nu oferă avantaje economice, dar accelerează semnificativ procesul de răcire a laptelui, asigurând calitatea acestuia [88].

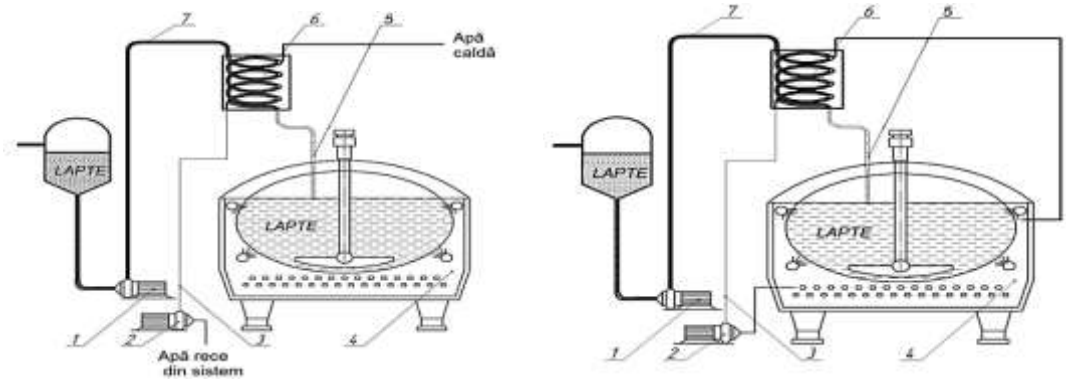


Fig. 1.24. Instalație frigorifică pentru răcirea laptelui de tip MTKO DIAN [88]

a) prerăcire cu apă din sistemul centralizat; b) prerăcire cu AFI a instalației frigorifice;
1-pompa de lapte; 2-pompa de apă; 3-conducta de apă; 4-schimbator de căldură capacitiv;
5- conducta de lapte prerăcit; 6- schimbător de răcire în flux; 7- conducta de lapte proaspăt.

Analiza procesului de colectare și răcire a laptelui la PCL arată că prerăcirea laptelui în RM nu se efectuiază. Acest lucru pune în pericol calitatea laptelui în special pe timp de vară. Implementarea sistemelor studiate mai sus la PCL ar aduce beneficii, însă este complicat de realizat deoarece puține PCL sunt dotate cu sisteme centralizate de apă. Una din soluțiile reale de rezolvare a problemei menționate este prerăcirea laptelui cu gheață în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici (Fig. 1.25), unde se prevede instalarea containerelor ermetizate cu gheață direct în rezervorul mobil de colectare a laptelui [6, 90].

Fig. 1.25. Rezervor mobil de colectare a laptelui cu răcire prealabilă

Problema de bază rămâne a fi consumul de energie pentru producerea gheții. Rezolvarea acestui impediment poate fi implementarea sistemelor fotovoltaice de producere a energiei electrice pentru reducerea consumului de energie electrică din rețea la PCL.

1.9. Analiza soluțiilor de reducere ale consumului de energie electrică din rețea la punctele de colectare a laptelui cu utilizarea sistemelor fotovoltaice

Republica Moldova importă cca 68 % din sursele energetice primare [38]. În linii generale problemele asigurării cu surse energetice sunt actuale atât în Republica Moldova cât şi la nivel internațional. În acest context fiecare stat tinde să soluționeze aceste probleme prin diferite metode, inclusiv prin majorarea cotei surselor regenerabile în balanța consumului total de energie,

majorând astfel securitatea energetică. La nivelul țării noastre este important de pus accentul pe utilizarea surselor regenerabile de energie, cum ar fi energia solară, deoarece țara noastră este una cu peste 260 zile solare pe an [91]. Oficial sezonul rece a anului începe la 1 noiembrie și este de 145 zile.

Sistemele electroenergetice actuale de producere a energiei electrice au impact negativ asupra mediului înconjurător și sunt proiectate, de obicei, pentru anumite puteri. Creșterea în termen scurt a puterii instalate este complicată și costisitore.

Sursele regenerabile de energie reprezintă un potențial puternic în ceea ce privește majorarea puterilor și reducerea poluării mediului. Una din principalele surse regenerabile este energia solară, aceasta prezintă noi provocări pentru creșterea flexibilității sistemului energetic [92 ... 94].

Cerințele tehnice din partea sistemului electroenergetic trebuie să fie satisfăcute pentru a asigura siguranța funcționarii sistemului fotovoltaic și fiabilitatea rețelei de distribuție. Instalațiile fotovoltaice moderne satisfac aceste cerințe având circuite de control care oferă funcții suficiente de control și protecție, cum ar fi urmărirea puterii maxime, controlul curentului invertorului și factorului de putere. Fiabilitatea, durata de viață și cheltuielile de întreținere sunt reglementate și certificate de producător pentru funcționarea pe termen lung a sistemului fotovoltaic. O reducere suplimentară a costurilor, dimensiunilor și greutății este necesară pentru o mai mare utilizare a sistemelor fotovoltaice [95].

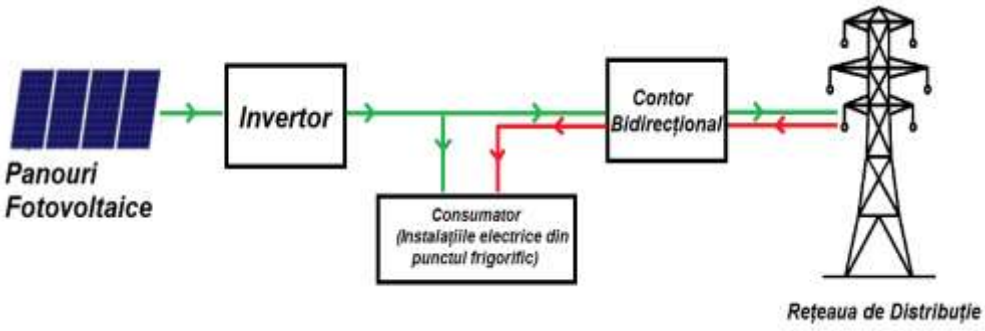


Fig. 1.26. Sistem fotovoltaic On-Grid cu contor bidirecțional

Sistemele fotovoltaice se împart în două mari categorii, în sisteme conectate la rețea, care sunt interconectate cu rețeaua electrică publică (Fig. 1.26), numite On-Grid și în sisteme autonome, izolate de rețeaua electrică de distribuție, care de obicei sunt instalate în zonele unde lipsesc condițiile de racordare la rețeaua centralizată (Fig. 1.27), numite Off-Grid. Aceste sisteme pot fi utilizate separat pentru producerea gheții necesare prerăcirii laptelui (Fig. 1.28) în procesul de colectarea mobilă și pentru consumul auxiliar din PCL cum ar fi iluminatul s.a.

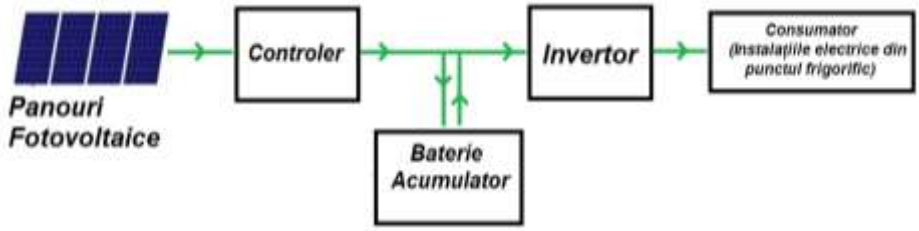


Fig. 1.27. Sistem fotovoltaic off-Grid cu acumulator de energie

Sistemele de producere a gheții cu energie solară prezintă o soluție promițătoare pentru asigurarea și păstrarea calității laptelui în procesul de colectare mobilă și transportare către PCL.

Informațiile privind potențialele pericole pentru sănătate, asociate cu consumul de lapte crud care nu a fost răcit în timp de până la 3 h sub temperatura de +20^{o}C ar trebui extinse la public, astfel încât consumul acestui lapte să fie evitat.

Scenariile stabilite în jurul instalării sistemelor de răcire oferă diferite strategii pentru îmbunătățirea viabilității economice a noilor tehnologii și implementarea modelului de afaceri aferent [21].

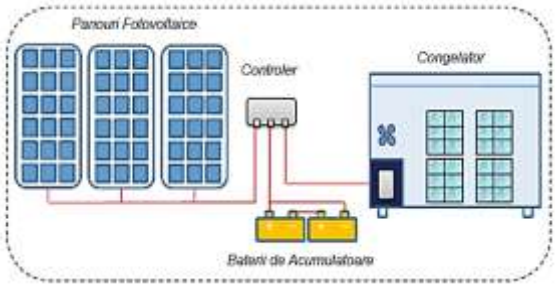


Fig. 1.28. Sistem solar autonom de producere a gheții [21]

Energia electrică produsă de sistemul fotovoltaic On-Grid este consumată direct de consumator, micșorând substanțial valoarea facturii de la furnizor. Surplusul de energie electrică produsă se injectează în rețeaua de distribuție și poate fi compensat în facturile ulterioare sau vândută furnizorului. Sistemele fotovoltaice formate din structuri metalice de susținere, invertoare și panouri fotovoltaice pot fi instalate atât pe suprafața solului, cât și pe oricare altă suprafață exterioară, cum ar fi acoperișurile clădirilor, fațade ș.a. [22, 23].

În baza analizelor efectuate, în teză se propune dezvoltarea modelelor matematice și metodelor de calcul al parametrilor tehnologici și constructivi ai instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; concretizarea regimurilor energetice, de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui; implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la un punct de colectare a laptelui din țară; stabilirea parametrilor tehnologici optimali pentru prerăcirea și răcirea laptelui la punctele de colectare și efectuarea unui studiu de fezabilitate cu privire la implementarea sistemului fotovoltaic de tip On-Grid la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”.

Concluzii la capitolul 1

1. În baza analizei stadiului actual al cercetărilor în domenioul sporirii eficienței energetice în procesul de răcire și păstrare a lapteluii au fost evidențiate principalele căi posibile de reducere a consumului de energie electrică în condițiile Republicii Moldova.

2. S-a constatat că, în rezultatul reformelor din ultimii 30 de ani a sectorului agroalimentar s-a redus efectivul de vite mulgătoare la fermele din Republica Moldova de aproximativ 5.9 ori. Dept rezultat a reducerii majore a materiei prime la ferme, fabricile de prelucrare a laptelui au fost nevoite să se orienteze spre producătorii casnici, fapt ce a dus la crearea esențială a numărului punctelor de colectare a laptelui. Creșterea efectivuli de vite în gospodăriile casnice de la 99000 în 1991 la 267000 în 2003, s-a datorat anume apariției PCL, producătorii casnici având o nouă sursă financiară de venit [27].

3. Punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova sunt dotate cu instalații frigorifice cu răcire directă, cu capacități de la 320 până la 1950 de litri de lapte, având ca agent frigorific freonul, un poluant atmosferic agresiv. În același rând, consumul specific de energie electrică în procesul de răcire a 1000 litri de lapte este unul foarte mare, fiind cuprins între 17.6 - 24.3 kWh, iar fiabilitatea instalațiilor frigorifice este scăzută datorită faptului că, în procesul de colectare în rezervorul de răcire se depozitează diferite volume de lapte, cu temperaturi diferite ce creează condiții dificile pentru funcționarea compresorului IF prin majorarea ciclurilor de pornire a motorului.

4. Au fost analizate instalațiile frigorifice existente cu răcire în trepte, utilizând frigul natural. S-a stabilit că avantajele de bază ale acestora sunt economisirea de energie electrică, creșterea fiabilității sistemului de răcire, reducerea duratei de folosire a instalației cu freon, posibilitatea utilizării tarifului diferențiat pentru energia electrică, care pe timp de noapte conform ANRE este cu 40 % mai mic ca cel de bază [52].

5. Au fost analizate schemele structurale ale sistemelor fotovoltaice pentru implementarea acestora la PCL. S-a stabilit că energia electrică produsă de un sistem fotovoltaic *On-Grid* poate fi consumată direct de PCL, micșorând substanțial valoarea facturii la energia electrică, iar surplusul de energie neconsumată se injectează în rețea și poate fi compensat în facturile ulterioare.

6. În urma analizei efectuate, s-a formulat ipoteză de lucru și s-au stabilit obiectivele cercetării, care vizează aspectele ce țin de dezvoltarea de modele matematice și metode de calcul pentru parametrii tehnologici și constructivi ai instalațiilor de răcire a laptelui, definirea regimurilor energetice de funcționare și de control pentru instalația ecologică de răcire a laptelui cu identificarea parametrilor tehnologici optimi pentru procesul de prerăcire și răcire a laptelui în punctele de colectare.

2. ASPECTE PRIVIND DETERMINAREA PARAMETRILOR TEHNOLOGICI CONSTRUCTIVI AI INTALAȚIEI ECOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI

2.1. Noțiuni generale privind procesele de răcire a laptelui cu frig natural și artificial

Instalațiile frigorifice pentru răcirea laptelui, existente la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova, au câteva dezavantaje și anume:

- consum crescut de energie electrică;
- efect negativ asupra mediului.

Pentru îmbunătățirea semnificativă a performanțelor electroenergetice, operaționale și de mediu ale instalațiilor frigorifice (IF) existente la PCL din țară, s-a studiat posibilitatea implementării frigului natural la răcirea laptelui prin reutilarea instalațiilor frigorifice cu frig artificial (IFFA) cu cheltuieli minime, adăugând în circuitul de răcire un radiator în calitate de schimbător de căldură cu mediul ambiant, un acumulator de frig, un ventilator electric și o pompă electrică care integral au o putere instalată de zece ori mai mică ca cea a IFFA, astfel obținând o instalație ecologică sezonieră cu eficiență energetică sporită [44].

La baza procesului de răcire a laptelui este utilizată teoria transferului de căldură de la agentul termic primar la cel secundar cu temperatură mai mică prin intermediul schimbătorului de căldură.

În dependență de modul de realizare a transferului de căldură, schimbătoarele de căldură pot fi:

- schimbătoare de căldură cu contact direct;
- schimbătoare de căldură cu contact indirect sau de suprafață.

Schimbătoarele de căldură cu contact direct sunt instalațiile la care agentul termic primar și secundar se amestecă unul cu celălalt.

Schimbătoarele de căldură cu contact indirect sau de suprafață sunt instalațiile la care cei doi agenți termici nu au contact direct între ei, fiind separați de o suprafață de schimb de căldură.

Instalațiile frigorifice de răcire a laptelui din punctele de colectare funcționează pe principiul schimbătoarelor de căldură cu contact indirect, laptele fiind depozitat în rezervorul de răcire, iar prin pereții acestuia circulă agentul frigorific. În dependență de tip, instalațiile sunt:

- cu răcire directă, unde instalația frigorifică cu frig artificial pompează agentului frigorific (freonul) direct în pereții răcitorului capacitiv.
- cu răcire indirecta prin agent frigorific intermediar (apă sau saramură), unde IFA răcește

agentul intermediar cu depozitarea acestuia într-un acumulator de frig, care apoi cu ajutorul unei pompe este direcționat prin pereții schimbătorului de căldură cu răcire capacitivă a laptelui.

În ambele cazuri pereții schimbătorului de căldură cu răcire capacitivă a laptelui reprezintă o instalație termică prin intermediul căreia are loc transferul căldurii de la lapte către agentul frigorific.

Transferul global de căldură se prezintă sub forma generală [96]:

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta t, \tag{2.1}$$

unde K este coeficientul global de schimb de căldură;A - aria suprafeței prin care are loc schimbul de căldură (m^2);Δt - potențialul transferului termic (^oC).

În Fig. 2.1 este prezentat schematic instalația frigorifica propusă spre implementare la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova.

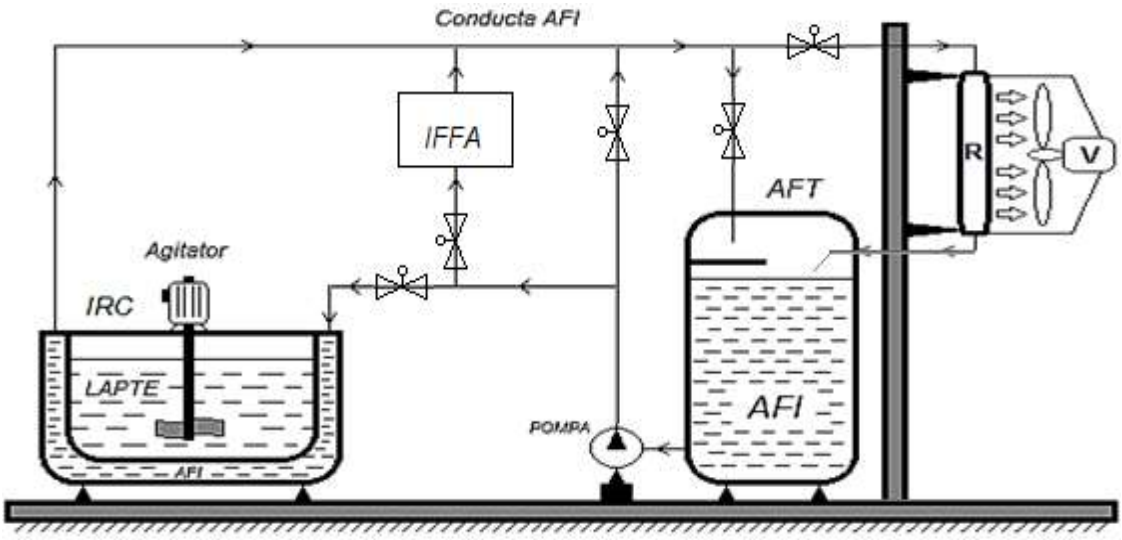


Fig. 2.1. Schema instalației ecologice de răcire a laptelui propusă pentru PCL

În procesul de răcire a laptelui cu instalația propusă, răcirea agentului frigorific intermediar (apei sau saramurii) în perioada rece a anului se efectuează prin intermediul unei instalații sezoniere de captare și depozitare a frigului natural, care este dotată cu un schimbător de căldură (radiator cu ventilator) montat în afara punctului de colectare a laptelui, cu depozitarea agentului frigorific intermediar într-un acumulatorul termoizolat de frig montat in interiorul încăperii. Ulterior, AFI din acumulatorul de frig este folosit pentru răcirea laptelui.

Răcirea laptelui cu agentul frigorific intermediar din acumulatorul de frig pentru instalațiile cu răcire directă poate fi efectuată prin instalarea unui schimbător de căldură suplimentar din inox

alimentar în rezervorul capacitiv de răcire a laptelui sau pentru instalațiile cu răcire indirectă prin combinarea circuitului de răcire existent cu circuitul de răcire propus.

2.2. Dezvoltarea metodologiei de calcul și argumentarea parametrilor constructivi ai instalației ecologice de răcire a laptelui cu frig natural

Pentru dimensionări corecte al elementelor instalației de răcire trebuie să se respecte ecuația bilanțului termic [96, 97]:

$$Q_l = Q_{af} = Q_a, \tag{2.2}$$

unde Q_l este fluxul de căldură a laptelui (W); Q_{af}- fluxul de căldură a agentului frigorific intermediar (W); Q_a- fluxul de căldură a aerului mediului ambiant (W).

Schema structurală a instalației frigorifice cu eficiență energetică sporită pentru obținerea și depozitarea frigului natural într-un acumulator termoizolat este prezentată în Fig. 2.2.

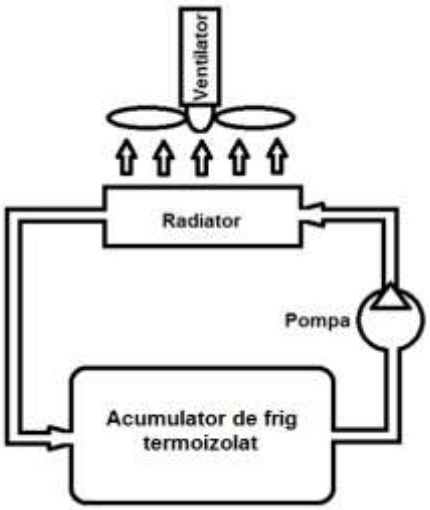


Fig. 2.2. Schema instalației frigorifice cu eficiență energetică sporită pentru captarea și depozitarea frigului natural

Pentru modernizarea instalațiilor frigorifice existente la punctele de colectare a laptelui prin implementarea frigului natural și dezvoltarea metodologiei de calcul a parametrilor instalației ecologice cu frig natural cu răcirea forțată în flux a agentului frigorific intermediar (AFI) prin radiator și depozitarea acestuia în acumulator de frig termoizolat este necesar de cunoscut următorii parametri:

- puterea instalației frigorifice cu frig artificial P_{IFA}, (W);
- randamentul instalației frigorifice cu frig artificial η_{IFA};
- capacitatea rezervorului capacitiv de răcire a laptelui (m^3);
- raportul dintre volumul de lapte și volumul de agent frigorific pentru răcirea laptelui.

Funcționarea instalației este posibilă cu respectarea condiției:

$$t_a < t_{af} < t_{lapte}, \tag{2.3}$$

unde t_a este temperatura aerului exterior (°C); t_{af} - temperatura agentului frigorific intermediar (°C); t_{lapte}- temperatura laptelui (°C).

Fluxul maxim de căldură care poate fi preluat de la rezervorul cu lapte poate fi determinat din parametrii IFA cu relația:

$$Q_{IF} = \frac{P_{IFA}}{\eta_{IFA}}, \tag{2.4}$$

unde P_{IFA} este puterea instalației frigorifice cu frig artificial (W); η_{IFA} - randamentul instalației frigorifice cu frig artificial.

Suprafața de contact a laptelui cu schimbătorul de căldură cu răcire capacitivă se determina în dependență de forma acestuia

Fluxul de căldură preluat de AFI de la schimbătorul de căldură cu răcire capacitivă a laptelui se determină cu relația:

$$Q_{af} = Q_{lapte} = \rho_l \frac{V_l}{T_{rl}} (t_{il} - t_{fl}), \tag{2.5}$$

unde ρ_l este densitatea laptelui (ρ_l=1.029 kg/l); V_l - volumul de lapte necesar de a fi răcit (m^3); T_{rl} - timpul maxim în care trebuie răcit laptele – 2 (h); t_{il}- temperatura inițială a laptelui după colectare (°C); t_{fl}- temperatura finală a laptelui după răcire (°C).

Calculul parametrilor radiatorului de răcire în flux a agentului frigorific

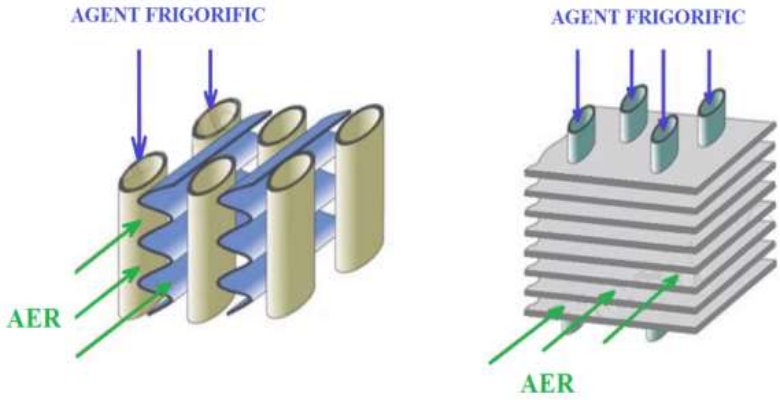
Calculul parametrilor radiatorului de răcire în flux a AFI permite determinarea suprafeței necesare pentru a transfera căldura agentului frigorific mediului înconjurător. Pe lângă calculul termic se evaluează caracteristicile geometrice și randamentul schimbătorului de căldură a AFI cu mediul ambiant.

Instalația de răcire cu frig natural trebuie să valorifice fenomenele naturale care însoțesc procesul de evacuare a căldurii. Sensul circulației forțate a AFI trebuie ales în așa fel încât să nu se opună circulației acestuia prin termosifon. Traseele de curgere a AFI nu trebuie să permită formarea de pungi de vapori și de aer în sistemul de răcire, iar în cazul apariției acestora circulația agentul frigorific nu trebuie să împiedice deplasarea ascendentă a acestora prin sistemul de răcire.

În sistemele de răcire cu agent frigorific prin radiator se utilizează două structuri ale suprafețelor de transfer de căldură: structura radiatoarelor cu tuburi și benzi (Fig. 2.3a) și structura radiatoarelor cu tuburi și plăci (Fig. 2.3b) [98] .

Datorită simplității tehnologiei de fabricare și exploatare a radiatoarelor cu tuburi și benzi acestea sunt cele mai utilizate în sistemele de răcire.

Pentru instalația frigorifică cu frig natural propusă, se va dezvolta metodologia de calcul a parametrilor principali ai radiatorului cu tuburi și benzi, cu flux unidirecțional AFI.



a *b*

Fig. 2.3. Structura radiatoarelor [98]

a- cu tuburi și benzi; b- cu tuburi și plăci.

Pentru determinarea ariei transversale totale de trecere a AFI prin radiator se utilizează relația:

$$A_{\Sigma tr} = \frac{q_{af}}{w_{afr}} = \frac{Q_{af}}{c_{paf} \cdot \rho_{af} \cdot \Delta t_{afr} \cdot w_{afr}}, \tag{2.6}$$

unde c_{paf} este căldura specifică a agentului frigorific intermediar la presiune constantă (c_{paf}=4.185 kJ/kgK - pentru apă);ρ_{af}- densitatea agentului frigorific (ρ_{af}=1 kg/l - pentru apă); Δt_{afr}- diferența de temperatură a agentului frigorific la trecerea prin radiator (°C); w_{afr}- viteza de curgere a agentului frigorific prin tuburile radiatorului (prealabil se alege între 0.5-1.0 *m/s*) [99]; q_{af}- debitul de agent frigorific produs de pompă (m^3/h).

Debitul AFI se repartizează în tuburile radiatorului, numărul cărora se determină ca:

$$n_{tr} = \frac{A_{\Sigma tr}}{A_{tri}}. \tag{2.7}$$

Valoarea obținută se rotunjește până la numărul întreg în creștere.

unde A_{tri} este aria secțiunii transversale interne a unui tub al radiatorului.

Se determină, în m^2, cu relația:

$$A_{tri} = (a - 2\delta_{tr}) \cdot (b - 2\delta_{tr}). \quad (2.8)$$

Conform recomandărilor din domeniul proiectării, pentru calculul parametrilor radiatorului se aleg preliminar dimensiunile unui tub în limitele [98, 99, 100]:

- lungimea tubului *a=12-24 mm;*
- lățimea tubului *b=2-4 mm;*
- grosimea tubului δ_{tr}*=0.15-0.5 mm;*
- înălțimea tubului h_{tr}*=300-1200mm.*

În dependență de spațiu disponibil pentru amplasarea radiatorului, acesta poate fi proiectat cu un număr mai mare de rânduri $n_{rind} = (1\ldots6)$, cu condiția că adâncimea radiatorului nu depășește 100 mm.

Numărul de tuburi într-un rând se determină:

$$n_{trind} = \frac{n_{tr}}{n_{rind}}. \quad (2.9)$$

Dacă numărul de rânduri a tuburilor în radiator este mai mare de unu atunci numărul total de tuburi trebuie ales în așa fel ca rezultatul relației 2.9 să fie un număr întreg.

Variațiile temperaturilor aerului și AFI la intrarea și ieșirea din radiator sunt prestabilite de condițiile climaterice de funcționare a instalației propuse și temperatura laptelui după cum urmează:

- temperatura la intrare în radiator a AFI t_{iaf}*=14°C;*
- temperatura la ieșire din radiator a AFI [101]

$$t_{eaf} = t_{iaf} - 2; \quad (2.10)$$

- temperatura la intrarea în radiator a aerului t_{ia}*=2°C;*
- temperatura la ieșirea din radiator a aerului

$$t_{ea} = t_{ia} + 2; \quad (2.11)$$

Reieșind din datele prestabilite se determină temperaturile medii și diferențele de temperatură a aerului și a AFI în radiator:

- temperatura medie a aerului

$$t_{ma} = \frac{t_{ia} + t_{ea}}{2}; \quad (2.12)$$

- deferența de temperatură a aerului

$$\Delta t_a = t_{ea} - t_{ia}; \quad (2.13)$$

- temperatura medie a agentului frigorific intermediar

$$t_{maf} = \frac{t_{iaf} + t_{eaf}}{2}; \tag{2.14}$$

- diferența de temperatură a agentului frigorific intermediar

$$\Delta t_{af} = t_{iaf} - t_{eaf}, \tag{2.15}$$

atunci

$$\Delta t_m = t_{maf} - t_{ma}. \tag{2.16}$$

Pentru determinarea coeficientului de transfer de căldură de la AFI la tubul radiatorului este necesar de determinat parametrii de mai jos.

Raportul forțelor de inerție și vâscozitate în convecția forțată a AFI se determină cu mărimea adimensională numită criteriul *Reynolds* [100]:

$$R_e = \frac{\rho_{af} \cdot w_{afr} \cdot d_{etr}}{\mu_{af}}, \tag{2.17}$$

unde ρ_{af} este densitatea agentului frigorific (kg/l); μ_{af} - vâscozitatea dinamică a agentului frigorific ($Pa \cdot s$).

Diametrul echivalent a tubului va fi:

$$d_{etr} = 2\sqrt{\frac{A_{tr}}{\pi}}, \tag{2.18}$$

iar

$$A_{tr} = a \cdot b, \tag{2.19}$$

unde A_{tr} este aria secțiunii transversale a unui tub al radiatorului (m^2).

În baza relației 2.17 se calculează criteriul Nusselt [99] cu relația:

$$Nu_{af} = C{R_e}^n, \tag{2.20}$$

în care *C* este coeficientul de calcul a criteriului Nusselt, pentru apă $C = 1.05 \cdot 10^{-3}$; *n* - coeficientul de putere a criteriului Nusselt, pentru apă *n=1.18*, [99].

Coeficientul global de transfer de căldură de la AFI (apă) la tubul radiatorului va fi:

$$\alpha_{af} = \frac{\lambda_{tr} \cdot Nu_{af}}{d_{etr}}, \tag{2.21}$$

unde λ_{tr} este conductivitatea termică a materialului din care este fabricat tubul radiatorului (*W/mK*).

Pentru determinarea coeficientului de transfer de căldură de la tuburi la aer se stabilesc parametrii benzii conform Fig. 2.4.

Calculul coeficientului de transfer de căldură de la tuburi la aer este analogic calculului coeficientului de transfer de căldură de la AFI la tubul radiatorului doar folosind proprietățile aerului.

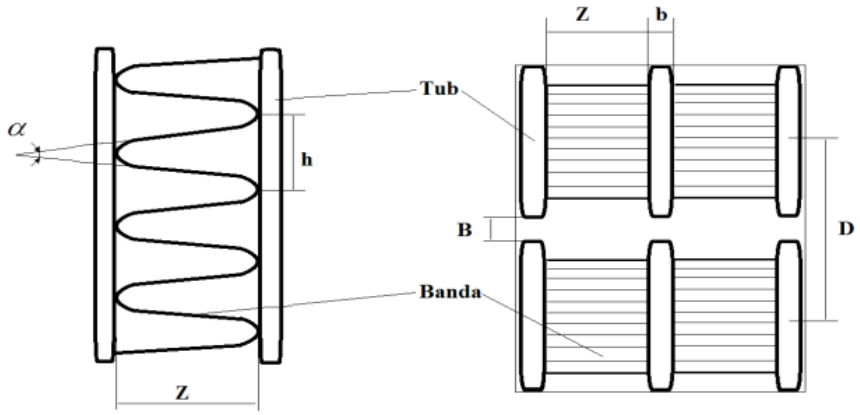


Fig. 2.4. Parametrii constructivi ai radiatorului cu tuburi și benzi

Se calculează criteriul *Reynolds:*

$$R_e = \frac{\rho_a \cdot w_{ar} \cdot d_{ecr}}{\mu_a}, \tag{2.22}$$

unde ρ_a este densitatea aerului (*kg/l*); μ_a - vâscozitatea dinamică a aerului ($Pa \cdot s$); w_{ar}- viteza de trecere a aerului prin radiator (m/s).

Se calculează criteriului Nusselt cu relația:

$$Nu_a = C{R_e}^n, \tag{2.23}$$

în care criteriul Nusselt, pentru aer *C=0.317*, iar coeficientul de putere a criteriului Nusselt, pentru aer *n=0.59*, [99].

Coeficientul de transfer de căldură de la tuburile radiatorului la aer va fi:

$$\alpha_a = \frac{\lambda_a \cdot Nu_a}{d_{etr}}, \tag{2.24}$$

unde λ_a este conductivitatea termică a aerului (W/mK).

În baza coeficienților de transfer de căldură și ai parametrilor constructivi calculați se determină coeficientul global de transfer de căldură și dimensiunile exterioare a radiatorului (vezi Fig. 2.5) instalației frigorifice cu frig natural.

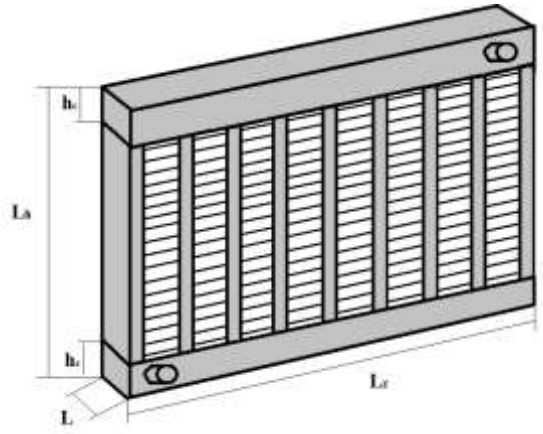


Fig. 2.5. Dimensiunile exterioare ale radiatorului cu tuburi și benzi

Coeficientul global de schimb de căldură conform [99] se determină cu relația:

$$K_{rad} = \frac{1}{\frac{\Psi}{\alpha_a} + \frac{\delta_{tr}}{\lambda_{tr}} + \frac{\Psi}{\alpha_{af}}}, \tag{2.25}$$

unde Ψ este coeficientul transferului de căldură de la tuburi prin benzi ale aerului, care se determină cu relația:

$$\Psi = \frac{A_{ebr}}{A_{ctaf}}, \tag{2.26}$$

Aria echivalentă a unei benzi aflate între două tuburi va fi:

$$A_{ebr} = a \cdot \frac{Z}{cos\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{2h_{tr}}{h}, \tag{2.27}$$

în care α este unghiul de desfacere a unui canal de trecere a aerului prin banda radiatorului.

Iar aria de contact a AFI cu tubul radiatorului se determină cu relația:

$$A_{ctaf} = 2[(a+b) - 4\delta_{tr}] \cdot h_{tr}. \tag{2.28}$$

Suprafața de schimb de căldură a radiatorului cu aerul se determină ca:

$$A_{rad} = \frac{Q_{af}}{K_{rad} \cdot [(t_{iAF} - \frac{\Delta t_{AF}}{2}) - (t_{ia} + \frac{\Delta t_a}{2})]}, \tag{2.29}$$

iar lățimea radiatorului va fi:

$$L_z = (n_{trind} + 1)(b + Z), \tag{2.30}$$

și adâncimea radiatorului va fi:

$$L = n_{rind} \cdot a + (n_{rind} - 1) \cdot B, \tag{2.31}$$

unde *B* este distanța tuburilor între două rânduri, și se determină cu relația (m):

$$B = 0.15 \cdot a. \tag{2.32}$$

Înălțimea radiatorului se determină cu relația:

$$L_h = h_{tr} + 2h_c, \tag{2.33}$$

în care h_c este înălțimea canalului de trecere a agentului frigorific la intrare și ieșire, care se determină cu relația (m):

$$h_c = 0.1 \cdot h_{tr}. \tag{2.34}$$

Suprafața totală a benzilor radiatorului se determină cu relația:

$$A_{\Sigma br} = L \cdot \frac{Z}{cos\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{2h_{tr}}{h} \cdot (n_{trind} - 1). \tag{2.35}$$

Aria frontală a radiatorului va fi:

$$A_{fr} = L_h \cdot L_Z. \tag{2.36}$$

Criteriul de apreciere a corectitudinii calculului se stabilește prin determinarea coeficientului de compactitate:

$$\varphi_{comp} = \frac{A_{rad}}{A_{fr} \cdot L}. \tag{2.37}$$

Conform literaturii de specialitate [99], coeficientul de compactitate trebuie să aibă valori cuprinse $\varphi_{comp} = 900\ldots1300 m^2/m^3$.

În caz că acest coeficient are alte valori este necesar de efectuat corecții la parametrii geometrici inițiali ai tubului și de repetat calculul.

Determinarea masei specifice a radiatorului

Una dintre sarcinile principale ale proiectării radiatoarelor este reducerea consumului de materiale, care sunt fabricate din metale neferoase costisitoare. În Tabelul 2.1 sunt date caracteristicile materialelor utilizate pentru fabricarea tuburilor de răcire și benzilor radiatorului.

Masa tuburilor de răcire a radiatorului se determină cu relațiile:

$$m_{tr} = A_{\Sigma tr} \cdot \rho_{tr} \cdot \delta_{tr}, \tag{2.38}$$

unde $A_{\Sigma tr}$ este suprafața totală a tuburilor de răcire a radiatorului (m^2); ρ_{tr}- densitatea materialului din care este confecționat tubul (kg/l).

Suprafața totală a tuburilor de răcire a radiatorului se determină în m^2, cu relația:

$$A_{\Sigma tr} = n_{tr} \cdot h_{tr} \cdot 2(a + b). \tag{2.39}$$

Tabelul 2.1. Proprietățile fizice ale materialelor utilizate la fabricarea radiatorului [99]

Denumire materialului	Densitatea (kg/m^3)	Conductivitate termică (W/mK)	Capacitatea termica (J/kgK)
Aliaj de aluminiu –АД1	2710	226	920
Aliaj de aluminiu –АД1	2730	187	920
Aliaj de aluminiu –АД1	2670	125	920
Aliaj de cupru - M3	8930	380	380
Alamă Л96	8850	244	380
Alamă Л90	8800	125	380
Alamă Л62	8500	120	375
Oțel	7850	70	765

Masa canalelor de trecere a agentului frigorific la intrarea și ieșirea din radiator, se determină cu relația de mai jos, luând în considerație că grosimea și tipul materialului din care este confecționat corespund cu ale tubului de răcire:

$$m_{cAF} = A_{\Sigma cAF} \cdot \rho_{tr} \cdot \delta_{tr}, \tag{2.40}$$

unde $A_{\Sigma cAF}$ este suprafața totală a canalelor de trecere a AFI la intrarea și ieșirea din radiator și se determină în m^2:

$$A_{\Sigma cAF} = 4L_z \cdot h_c + 4L \cdot h_c + 2L_z \cdot L + 2(L_z \cdot L - a \cdot b \cdot n_{tr}). \tag{2.41}$$

Masa benzilor radiatorului se determină cu relațiile (kg):

$$m_{br} = A_{\Sigma br} \cdot \rho_{br} \cdot \delta_{br}, \tag{2.42}$$

unde $A_{\Sigma br}$ este suprafața totală a benzilor radiatorului (m^2); ρ_{br}- densitatea materialului din care sunt confecționate benzile (kg/l); δ_{br}- grosimea benzilor nervurate (se alege în limitele 0.008-0.01 m) [123, 132].

Masa totală a radiatorului va fi (kg):

$$m_r = m_{tr} + m_{cAF} + m_{br}. \tag{2.43}$$

În baza expresiilor obținute se determină raportul de greutate la suprafață:

$$G = \frac{m_r}{A_{rad}}. \tag{2.44}$$

Conform literaturii de specialitate [99, 100] raportul de greutate la suprafață trebuie să cuprindă valori între $0.54\ldots0.71 kg/m^2$

Calculul parametrilor pompei de antrenare a agentului frigorific

Circulația AFI prin instalația frigorifică se realizează prin intermediul pompei, care produce o cădere de presiune necesară pentru a învinge rezistențele hidraulice la circulația agentului frigorific. Cele mai răspândite pompe folosite în instalațiile de răcire sunt cele centrifuge [99].

Calculul parametrilor pompei începe cu determinarea debitului teoretic al acesteia, care se determină cu relația:

$$q_{tp} = \frac{q_{af}}{\eta_p}, \tag{2.45}$$

unde $\eta_p$este randamentul pompei (se alege între 0.8-0.9) [99, 100]; q_{af}- debitul de agent frigorific produs de pompă (m^3/s).

Debitul de agent frigorific produs de pompă se determină ca:

$$q_{af} = \frac{Q_{af}}{c_{paf} \cdot \delta_{af} \cdot \Delta t_{afr}}. \tag{2.46}$$

Dimensiunile canalului de intrare a agentului frigorific în pompă trebuie să asigure circulația agentului frigorific cu debitul teoretic calculat al pompei, pentru realizarea acestei condiții este necesar să se respecte relația (2.42) determinată conform schemei din Fig. 2.6:

$$\frac{q_{tp}}{C_1} = \pi \left[\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_0}{2}\right)^2 \right] = \pi({r_1}^2 - {r_0}^2), \tag{2.47}$$

în care C_1 este viteza agentului frigorific la intrare (se stabilește între valorile 1-2 m/s) [2]; d_1 - diametrul canalului de intrare a agentului frigorific în pompă (m); d_0 - diametrul butucului de fixare a paletelor (m); r_1 - raza canalului de intrare a agentului frigorific în pompă (m); r_0 - raza butucului de fixare a paletelor (se alege în limitele 0.008-0.01 m) [99].

Raza canalului de intrare a agentului frigorific în pompă se determină cu relația [100]:

$$r_1 = \sqrt{\frac{V_{tp}}{\pi C_1} + r_0}. \tag{2.48}$$

Pentru determinarea razei exterioare a paletelor se determină viteza tangențială a agentului frigorific la periferiile paletei, (*m/s*):

$$u_2 = \sqrt{\frac{p_p}{\eta_{hp} \cdot \rho_{af}}} \cdot \sqrt{1 + tg\alpha_2 \cdot ctg\beta_2}, \tag{2.49}$$

unde $p_p$este presiunea produsă de pompă (120 kPa); η_{hp}-randamentul hidraulic al pompei (se alege intre 0.6-0.7); α_2- unghiul vitezei de ieșire în raport cu componenta radială (în limitele 8-12°); β_2- unghiul vectorului vitezei de ieșire în raport cu axa orizontală (se alege în limitele 12-50°, acest unghi poate ajunge până la 90° obținând palete radiale, însă creșterea acestui unghi duce la micșorarea randamentului pompei) [99].

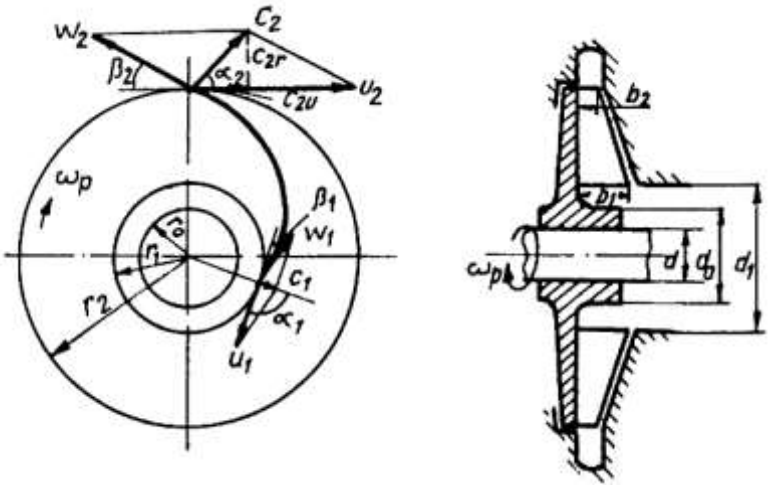


Fig. 2.6. Schema de calcul a pompei agentului frigorific [100]

Raza exterioară a paletei se va determina cu relația:

$$r_2 = \frac{30 \cdot u_2}{\pi n_p}, \tag{2.50}$$

unde n_p este numărul de rotații a arborelui cu palete (se indică în dependență de motorul electric care antrenează pompa și se măsoară în *rot/min*).

Pentru motoarele sincrone [102]:

$$n_p = n_{ps} = \frac{60f}{p}, \tag{2.51}$$

iar pentru motoarele asincrone [102]:

$$n_p = n_{ps} \cdot (1 - s) = \frac{60f}{p} \cdot (1 - s), \tag{2.52}$$

unde s este alunecarea rotorului față de câmpul magnetic învârtitor al statorului (conform literaturii de specialitate alunecarea variază între 0.03-0.05).

Viteza tangențială a agentului frigorific la butucul de fixare a paletelor (la intrare) va fi, (m/s):

$$u_1 = \frac{r_1 \cdot u_2}{r_2}. \tag{2.53}$$

Conform literaturii de specialitate la proiectarea pompei se recomandă utilizarea unghiului $\alpha_1 = 90^o$ [99], atunci unghiul β_1 se determină cu relația:

$$tg\beta_1 = \frac{C_1}{u_1}. \tag{2.54}$$

Lățimile paletelor la intrare și ieșire depind direct de debitul agentului frigorific și se determină cu relațiile, (m):

$$b_1 = \frac{q_{af}}{\left(2\pi r_1 - \frac{z_p \delta_p}{sin\,\beta_1}\right) \cdot C_1}, \tag{2.55}$$

$$b_2 = \frac{q_{af}}{\left(2\pi r_2 - \frac{z_p \delta_p}{sin\,\beta_2}\right) \cdot C_r}, \tag{2.56}$$

unde δ_p este grosimea paletei (se alege în limitele 0.003-0.005 m) [99]; z_p - numărul de palete (se alege în limitele 4-8 palete) [100]; C_r - componenta radială a vitezei agentului frigorific la ieșire, care se măsoară în *m/s*, și se determină cu relația:

$$C_r = \frac{p_p \cdot tg\alpha_2}{\eta_{hp} \cdot \rho_{af} \cdot u_2}. \tag{2.57}$$

Puterea pompei agentului frigorific se determină cu relația:

$$P_p = \frac{q_{af} \cdot p_p}{\eta_p \cdot \rho_{af}}. \tag{2.58}$$

În baza parametrilor obținuți în urma calculelor pompa poate fi fabricată la comandă sau poate fi aleasă din pompele existente pe piață care să corespundă parametrilor constructivi calculați.

- *Calculul principalelor parametri ai ventilatorului*

Ventilatorul este destinat pentru a crea un flux de aer direcționat, pentru a asigura transferul de căldură de la radiator la mediul înconjurător $Q_{af} = Q_{aer}$. Debitul de aer necesar pentru răcirea radiatorului instalației frigorifice se calculează cu relația:

$$q_{aer} = \frac{Q_{aer}}{c_{aer} \cdot \rho_{aer} \cdot \Delta t_{aer}}, \tag{2.59}$$

unde c_{aer} este căldura specifică a aerului ($c_a = 0.8382\ kJ/kgK$); ρ_{aer}- densitatea aerului la temperatura si mediul ambiant ($\rho_a = 1.29 kg/m^3$); Δt_{aer}- diferența de temperatură a aerului la trecerea prin radiator (^0C).

Valoarea obținută în urma calculului debitului de aer necesar pentru răcirea radiatorul se verifică cu relația:

$$q_{aer} = A_{flr} \cdot w_{aer}, \tag{2.60}$$

unde w_{aer} este viteza aerului la intrarea în radiatorul instalației frigorifice (se recomandă să fie cuprinsă între 6-9 m/s) [99]; A_{flr}- aria frontală de lucru a ventilatorului (se recomandă ca valoare$[0.6 - 0.85] \cdot A_{fr}$) [123] și se determină ca (m^2):

$$A_{flr} = A_{fr} - 2L_z h_c. \tag{2.61}$$

Pentru calculul puteri totale necesare antrenării ventilatorului se aplică relația:

$$P_v = \frac{q_{aer} \cdot \Delta p_{aer}}{\eta_v}, \tag{2.62}$$

unde Δp_{aer} este căderea de presiune a circuitului de aer (se alege între 600-1000 Pa, în cazul când radiatorul are și anexe suplimentare cum ar fi jaluzele se ia valoare maximă, în lipsa lor se ea cea minimă) [67]; η_v- randamentul ventilatorului (se alege în limitele 0.55-0.65 pentru palete turnate și 0.32-0.40 pentru palete ștanțate).

Diametrul axial al ventilatorului se calculează cu relația:

$$D_v = 2\sqrt{\frac{A_{fr}}{\pi}}. \tag{2.63}$$

Viteza periferică a ventilatorului depinde de forma paletelor și se determină cu relația (*m/s*):

$$u_v = \Psi_v \sqrt{\frac{\Delta p_{aer}}{\rho_{aer}}}, \tag{2.64}$$

în care Ψ_v este coeficientul formei paletelor (se alege între 2.8-3.5 pentru palete plate și între 2.2-2.9 pentru palete curbate) [67].

Numărul de turații al ventilatorului va fi:

$$n_v = \frac{60 \cdot u_v}{\pi D_v}. \tag{2.65}$$

Ca și în cazul pompei în baza parametrilor obținuți în urma calculelor ventilatorului, acesta poate fi fabricat la comandă sau poate fi ales din ventilatoarele existente pe piață, care să corespundă parametrilor calculați.

2.3. Cerințe inițiale la dezvoltarea modelelor matematice ale procesului de răcire a laptelui și a agentului frigorific intermediar

Pentru răcirea laptelui cu frig natural sunt necesare două schimbătoare de căldură și un acumulator de frig. Primul schimbător are menirea de a răci AFI (apa sau saramura) care se depozitează în acumulatorul de frig termoizolat. Pentru justificarea parametrilor schimbătorului menționat și a acumulatorului de frig (AF) se stabilește dependența [103]:

$$C_{AFN} = f(t_{ia}, t_{ea}, t_{iafr}, t_{eafr}, q_{afr}, q_{ar}, T_{raf}, V_{af}, V_{ae}), \tag{2.66}$$

unde C_{AFN} este raportul dintre volumul de aer necesar pentru răcirea volumului de AFI din AF; t_{ia}- temperatura aerului la intrarea în radiator (^oC); t_{ea}- temperatura aerului la ieșirea din radiator (^oC); t_{iafr}- temperatura agentului frigorific intermediar la intrarea în radiator (^oC);

t_{eafr}- temperatura agentului frigorific intermediar la ieșirea din radiator (^oC); q_{af} - debitul de agent frigorific intermediar produs de pompă (m^3/h); q_{ar} - debitul de aer produs de ventilator ce trece prin radiator (m^3/h); T_{raf} - timpul de răcire a volumului de agent frigorific intermediar din acumulatorul de frig termoizolat (h); V_{af}- volumul agentului frigorific intermediar depozitat în acumulatorul de frig (m^3); V_{ae}- volumul echivalent de aer necesar pentru răcirea AFI (m^3).

Schimbătorul doi prevede răcirea laptelui într-un schimbător de căldură capacitiv cu frigul natural din acumulatorul de frig termoizolat

$$C_{IFC} = f(t_{il}, t_{fl}, t_{iafc}, t_{eafc}, q_{af}, T_{rl}, V_{af}, V_l), \tag{2.67}$$

în care C_{IFC} este raportul dintre volumul de AFI (de apă) din acumulatorul de frig termoizolat și volumul de lapte necesar a fi răcit; t_{il}- temperatura inițială a laptelui (^oC); t_{fl}- temperatura finală a laptelui (^oC); t_{iafc}- temperatura agentului frigorific intermediar la intrarea în instalația de răcire capacitivă (^oC); t_{eafc}- temperatura agentului frigorific intermediar la ieșirea din instalația de răcire capacitivă (^oC); q_{af} - debitul de agent frigorific intermediar produs de pompă (m^3/h); q_m - productivitatea procesului mestecării de agitator a laptelui (m^3/h); T_{rl}- timpul de răcire a laptelui (h); V_l- volumul de lapte supus răcirii (m^3).

Pentru dezvoltarea modelelor matematice ale procesului de răcire a laptelui, a agentului frigorific intermediar și pentru analiza echilibrelor energetice ale sistemelor de răcire, se impun următoarele cerințe [5, 7, 103, 104]:

- temperatura inițială a laptelui după colectare $t_{il} = +19^oC$;
- temperatura finală a laptelui răcit $t_{fl} = +6^oC$;
- temperatura agentului frigorific intermediar răcit $t_{afr} = t_{iafc} = +4^oC$;
- temperatura inițială a agentului frigorific intermediar $t_{iafr} = +14^oC$;
- temperatura mediului ambiant $t_{ia} \leq +4^oC$ și $t_{ia} < t_{iafr}$;
- funcționarea schimbătorului în flux prevede că $t_{afr} = t_{ia} + 2$ [90];
- timpul de răcire a laptelui $T_{rl} \leq 2h$;
- pierderea de căldură se neglijează;
- căldura specifică a AFI (apei) la presiune constantă este egală cu cea a laptelui $c_{af} = c_l = 4{,}185\ kJ/kgK$;
- căldura specifică a aerului la presiune constantă $c_a = 0.8382\ kJ/kgK$;

conform literaturii de specialitate [8, 101, 104] timpul de răcire constant $T = 0.67h$ sau $3T = 2h$ iar volumul de AFI din pereții IRC va fi $V_{arc} = 0.2 \cdot V$.

2.4. Dezvoltarea modelului matematic și metodei de calcul al procesului de răcire în flux a agentului frigorific intermediar cu frig natural

S-a studiat procesul de răcire a AFI într-un radiator (R) cu răcire forțată în flux de ventilatorul (V) și amestecarea ideală a AFI (apei sau saramurii) în acumulatorul de frig termoizolat (AFT), pentru a determina durata necesară de răcire a agentului până la +4°C la temperatura mediului ambiant de +2°C. În Fig. 2.7 se prezintă schematic procesul de răcire a AFI într-un radiator cu răcire forțată în flux cu stocarea și amestecarea ideală în acumulatorul de frig termoizolat propus spre implementare la PCL din Republica Moldova.

Ecuația bilanțului energetic pentru schimbătorul de căldură (radiatorul) pentru răcirea AFI se prezintă cu relația [101]:

$$q_{af} \cdot c_{af}(t_{iafr} - t_{fafr}) = q_a \cdot c_a(t_{ea} - t_{ia}). \quad (2.68)$$

Luând în considerație parametrii de calcul și cei practici pentru instalațiile cu răcire forțată cu aer prin radiator [112]

$$q_a = 200 \cdot q_{af(apa)}, \quad (2.69)$$

iar

$$c_a = \frac{c_{af(apa)}}{5}. \quad (2.70)$$

Atunci obținem ecuația

$$(t_{iafr} - t_{fafr}) = 40 \cdot (t_{ea} - t_{ia}), \quad (2.71)$$

sau din condiția [101] că temperatura finală a agentului ce este răcit prin radiator t_{fafr} trebuie să obțină o valoare cu +2 °C mai mare ca temperatura agentului de răcire la intrarea în radiator t_{ia}, atunci temperatura de intrare a aerului în radiator poate fi exprimată prin:

$$t_{ia} = t_{fafr} - 2. \quad (2.72)$$

Ecuația (2.71) va primi forma

$$(t_{iafr} - t_{fafr}) = 40 \cdot (t_{ea} - t_{fafr} + 2), \quad (2.73)$$

atunci

$$t_{ea} = \frac{t_{iafr} + 39t_{fafr} - 80}{40}. \quad (2.74)$$

Ecuația bilanțului energetic pentru acumulator de frig natural cu amestecarea ideală a AFI se prezintă ca [101]:

$$q_{af}(t_{iafr} - t_{fafr}) \cdot dT_{rafr} = V_{af} \cdot dt_{ia}. \quad (2.75)$$

În baza ecuațiilor expuse se determină parametrilor tehnologici ai procesului de răcire a

AFI cu aer.

Conform literaturii de specialitate [8, 78, 101] pentru doi agenți lichizi cu aceiași valoare a căldurii specifice, un parametru important este raportul dintre aceștia C_{AFN} care se determină ca:

$$C_{AFN} = \frac{V_{L1}}{V_{L2}}, \tag{2.76}$$

unde V_{L1},V_{L2} sunt volumele agentului de răcire și volumul agentului răcit.

Atunci pentru aer și agentul frigorific intermediar din condiția (2.70), raportul (2.76) va fi:

$$C_{AFN} = \frac{V_{ae}}{V_{af}} = \frac{0.2 \cdot V_a}{V_{af}}, \tag{2.77}$$

unde V_a este volumul real de aer necesar pentru răcirea AFI.

Iar

$$V_{ae} = \frac{c_a}{c_{af(apa)}} \cdot V_a = \frac{0.8382}{4.185} \cdot V_a = 0.2 \cdot V_a. \tag{2.78}$$

Răcirea unui volum de agent frigorific depinde de debitul pompei și durata de pompare, si poate fi prezentat ca:

$$V_{af} = q_{af} \cdot T_{rafr}. \tag{2.79}$$

Atunci durata de răcire a AFI pentru un ciclu complet va fi:

$$T_{rafr} = \frac{V_{af}}{q_{af}}. \tag{2.80}$$

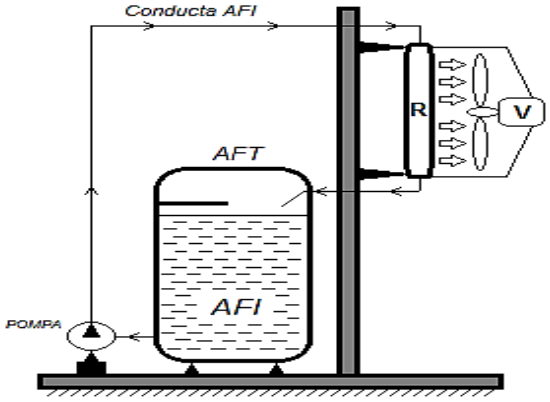


Fig. 2.7. Schema tehnologică a procesului de captare și depozitare a frigului natural

În baza cerințelor înaintate și ecuațiilor prezentate în literatura de specialitate menționată [101] se creează un sistem de ecuații care permite determinarea volumului de aer echivalent necesar pentru răcirea AFI până la temperatura de +4°C, cunoscând temperatura mediului ambiant la intrarea în radiator, temperatura inițială a agentului frigorific și volumul

acestuia:

$$\left.\begin{aligned} t_{ia} &= t_{iafr} - 2 - (t_{iafr} - 2) \cdot exp(-\tau) \\ t_{ea} &= \frac{t_{iafr} + 39t_{fafr} - 80}{40} \\ t_{fafr} &= t_{ia} + 2 \end{aligned}\right\}. \tag{2.81}$$

Procesul de răcire a agentului frigorific va continua până când $t_{fafr} \leq +4^oC$, dacă $t_{ia} \leq +2^oC$.

Din sistemul de ecuații obținut se exprimă raportul dintre volumul echivalent de aer necesar pentru răcirea agentului frigorific cunoscând temperatura mediului ambiant la intrare în radiator și temperatura inițială a agentului frigorific:

$$C_{AFN} = 10 \cdot \left[ln\left(\frac{t_{iafr} - 2}{t_{iafr} - t_{ia} - 2}\right)\right]^{-1}. \tag{2.82}$$

Relațiile obținute reprezintă modelul matematic al procesului de răcire cu aer a AFI prin schimbătorul de căldură în flux cu depozitare a acestuia în acumulator de frig natural termoizolat cu amestecarea ideală.

Datorită faptului că temperatura mediului are mărimi variabile, iar temperatura aerului la intrare în radiator are valori aliatorii, pentru elaborarea calculelor, este necesar de a exprima ecuația bilanțului energetic, care prevede că volumul de energie termică furnizată de agentul frigorific intermediar este egală cu volumul de energie termică preluată de aerul care trece prin radiator, neglijând pierderile:

$$V_{af} \cdot (t_{iafr} - t_{fafr}) = 5 \cdot V_{ae}(t_{ea} - t_{ia}). \tag{2.83}$$

În baza condițiilor inițiale impuse obținem:

$$C_{AFN} = 10 \cdot \left[ln\left(\frac{t_{iafr} - 2}{t_{iafr} - t_{ia} - 2}\right)\right]^{-1} = 10 \cdot \left[ln\left(\frac{12}{12 - t_{ia}}\right)\right]^{-1}, \tag{2.84}$$

iar

$$C'_{AFN} = \frac{V_{ae}}{V_{af}} = \frac{5 \cdot (t_{iafr} - t_{fafr})}{t_{ea} - 2} = \frac{5 \cdot (14 - 4)}{t_{ea} - 2} = \frac{50}{t_{ea} - 2}. \tag{2.85}$$

Punctul de intersecție a curbelor $C_{AFN}=f(t_{ia})$ și $C'_{AFN}=f(t_{ea})$ prezentate în Fig. 2.9, reprezintă soluția optimă a procesului de răcire a AFI într-un schimbător de căldură (radiator) cu răcire în flux depozitat într-un acumulator de frig natural termoizolat , pentru folosirea ulterioară la răcirea laptelui.

Se stabilește raportul optim C_{AFN} pentru a aduce temperatura apei în acumulatorul

termoizolat de frig natural la +3.55ºC:

$$C_{AFN} = 10 \cdot \left[ln\left(\frac{t_{iafr} - 2}{t_{iafr} - t_{ia} - 2} \right) \right]^{-1} = 10 \cdot \left[ln\left(\frac{12}{12 - t_{ia}} \right) \right]^{-1} = 34.25. \quad (2.86)$$

Pentru răcirea agentului frigorific intermediar într-un schimbător de căldură în flux de la temperatura de +14 ºC la +3.55 ºC cu temperatura aerului la intrare în schimbătorul de căldură (radiator) de +2 ºC, este necesar un volum echivalent de aer de 34.25 ori mai mare decât a AFI (vezi Fig. 2.8).

Atunci temperatura de ieșire va fi:

$$t_{ea} = \frac{t_{iafr} + 39t_{fafr} - 80}{40} = \frac{14 + 39 \cdot 4 - 80}{40} = 2.25^{o}C, \quad (2.87)$$

iar pierderile de temperatură a aerului:

$$\Delta t_a = t_{ea} - t_{ia} = 2.25 - 2.0 = 0.25^{o}C, \quad (2.88)$$

respectiv pierderile de temperatură la trecerea agentului frigorific intermediar prin radiator vor fi:

$$\Delta t_{afr} = \frac{c_{af(apa)}}{c_a} \cdot \Delta t_a = 5 \cdot 0.25 = 1.25^{o}C, \quad (2.89)$$

diferența de temperatură necesară va fi:

$$dt_{afr} = t_{iafr} - t_{fafr} = 14 - 3.55 = 10.45^{o}C. \quad (2.90)$$

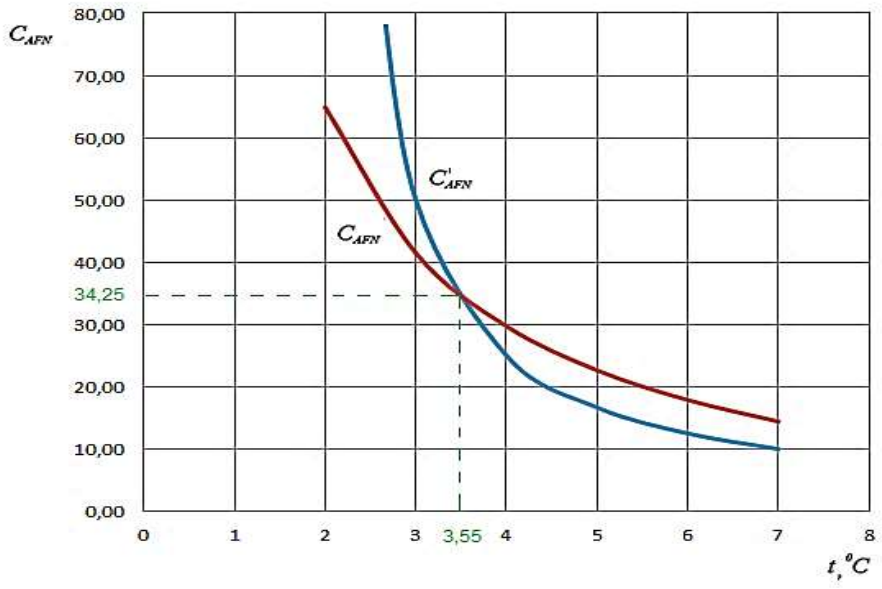


Fig. 2.8. Raportul dintre volumul estimativ necesar de aer pentru răcirea volumului de AFI în dependență de temperatura mediului ambiant

Numărul de cicluri de pompare a AFI se determină:

$$N_{cp} = \frac{dt_{afr}}{\Delta t_{afr}} = \frac{10.45}{1.25} = 8.36, \tag{2.91}$$

respectiv timpul de răcire a 2.2 metri cubi de AFI de la temperatura de +14°C, având parametrii calculați și cei inițiali $q_{afr(apa)} = 3.0m^3/h$ și $q_{aer} = 600m^3/h$ va fi:

$$T_{traf} = \frac{V_{af}}{q_{afr}} \cdot N_{cp} = \frac{2.2}{3} \cdot 8.36 = 6.1ore. \tag{2.92}$$

În condițiile punctelor de colectare a laptelui, timpul obținut pentru răcirea agentului frigorific intermediar se încadrează în timpul de repaus între procesele de răcire a laptelui.

2.5. Dezvoltarea modelului matematic și metodei de calcul a procesului de răcire a laptelui cu AFI din acumulatorul de frig

S-a studiat procesul de răcire a laptelui într-o instalație cu rezervor capacitiv (IRC), unde AFI (apa sau saramura) din acumulatorul de frig termoizolat este pompat prin pereții rezervorului capacitiv.

În Fig. 2.9 se prezentă schematic procesul de răcire a laptelui cu frig natural.

Scopul studiului este stabilirea volumului necesar de AFI în regim de neamestec cu un șeptel orizontal pentru răcirea laptelui de la temperatura inițială de +19°C la temperatura de păstrare de +6°C într-o IRC cu timpul de răcire stabilit $T_{rl} = 2ore$ [5, 8].

Ecuația bilanțului energetic în procesul de răcire a laptelui în IRC va fi [8]:

$$\frac{V_l}{T_{rl}} \cdot c_l \cdot (t_{il} - t_{fl}) = q_{af} \cdot c_{af} t_{iafc}. \tag{2.93}$$

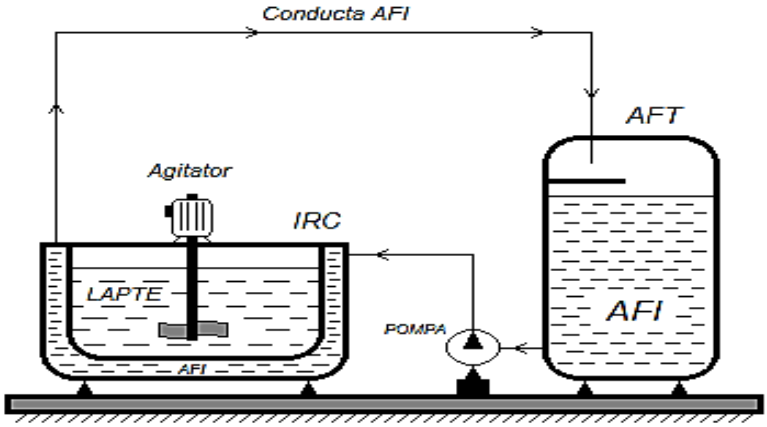


Fig. 2.9. Schema tehnologică a procesului de răcire a laptelui într-un schimbător de căldură capacitiv cu frig natural din AFT

În baza bilanțului energetic se stabilesc relațiile:

- debitul de agent frigorific intermediar produs de pompă [8]:

$$q_{af} = \frac{V_l \cdot c_l \cdot \left(t_{il} - t_{fl}\right)}{T_{rl} \cdot c_{af} \cdot t_{iafc}}, \tag{2.94}$$

raportul dintre volumul de AFI din acumulatorul de frig și volumul de lapte necesar de a fi răcit va fi [8]:

$$C_{IFC} = \frac{V_{af}}{V_l} = \frac{q_{af} \cdot T_{rl}}{V_l}. \tag{2.95}$$

Cunoscând parametrii tehnologici și cerințele inițiale înaintate se determină debitul de AFI (de apă sau saramură) necesar a fi produs de pompă pentru răcirea a 0,7 m^3 de lapte de la temperatura inițială de +19ºC până la temperatura de păstrare de +6ºC în timpul maxim admisibil de 2 h:

$$q_{af} = \frac{V_l \cdot c_l \cdot (t_{il} - t_{fl})}{T_{rl} \cdot c_{af} \cdot t_{iafc}} = \frac{0.7 \cdot 4.185\ (19 - 6)}{2 \cdot 4.185 \cdot 4} = 1.14 m^3/h, \tag{2.96}$$

atunci

$$C_{IFC}{}' = \frac{q_{af} \cdot T_{rl}}{V_l} = \frac{1.14 \cdot 2}{0.7} = 3.26. \tag{2.97}$$

Pentru a determina duratei de răcire a laptelui se stabilește dependența acestuia de volumul de lapte colectat la PCL $T_{rl} = f(V_l)$.

$$T_{rl} = \frac{3.26 \cdot V_l}{1.14}. \tag{2.98}$$

Alegerea rezervorului IRC la PCL se efectuează în dependență de volumul maxim prevăzut de a fi colectat în două ture seara și dimineața. Reieșind din această condiție volumul maxim de colectare în tura de seară conform datelor experimentale constituie aproximativ 40 % din volumul total. Din Fig. 2.10 se stabilește că timpul de răcire a acestui volum se reduce la $T_{rl}{}' = 0.8h$.

Atunci pentru răcirea volumului de 0.280 m^3 de lapte va fi nevoie de un volum de AFI de

$$V_{af}{}' = 3.26 \cdot V_l{}' = 3.26 \cdot 0.280 = 0.913 m^3. \tag{2.99}$$

Volumul de lapte colectat în tura de seară și răcit se păstrează în rezervorul IRC până la tura de colectare de dimineață după care laptele din ambele ture este mestecat.

În urma mestecării volumului total de lapte se obține temperatura

$$t_{il}{}'' = 0.4 \cdot t_{fl} + 0.6 \cdot t_{il}{}' = 0.4 \cdot 6 + 0.6 \cdot 19 = 13.8^o C, \tag{2.100}$$

unde t_{il}' este temperatura inițială a laptelui colectat în tura de dimineață ($t_{il}^{'} = +19^{o}C$).

Laptele colectat din ambele ture trebuie răcit la temperatura $t_{fl}^{'} = +8^{o}C$, după care este transportat la fabrica de prelucrare.

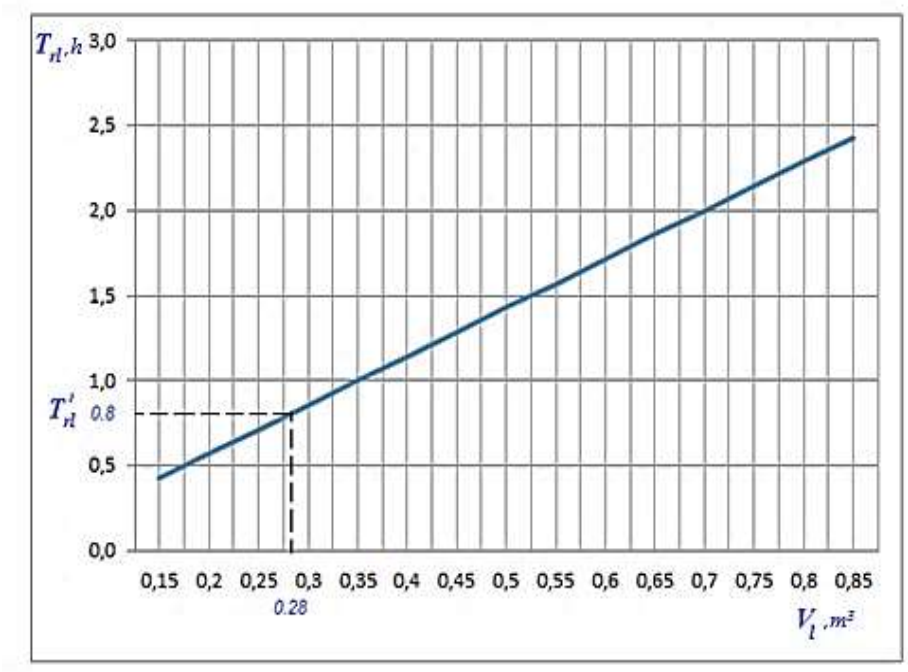


Fig. 2.10. Dependența timpului de răcire de volumul de lapte colectat la PCL

Ținând cont că după colectarea și mestecarea laptelui din tura doi, cerințele inițiale ale temperaturii se modifică, vom determina timpul de răcire după mestecarea laptelui:

$$T_{rl}^{''} = \frac{V_l \cdot c_l \cdot (t_{il}^{''} - t_{fl}^{'})}{q_{af} \cdot c_{af} \cdot t_{iafc}} = \frac{0.7 \cdot 4.185\ (13.8 - 8)}{1.14 \cdot 4.185 \cdot 4} = 0.89h. \quad (2.101)$$

Raportul dintre volumul de AFI (de apă) din AFT și volumul total de lapte răcit pentru a doua tură va fi:

$$C_{IFC}^{''} = \frac{q_{af} \cdot T_{rl}^{''}}{V_l} = \frac{1.14 \cdot 0.89}{0.7} = 1.45, \quad (2.102)$$

reiese că volumul de AFI pentru răcirea laptelui după tura doi de colectare va fi:

$$V_{af}^{''} = C_{IFC}^{''} \cdot V_l = 1.45 \cdot 0.7 = 1.015m^3, \quad (2.103)$$

atunci volumul total de AFI pentru răcirea a 0.7 m^3 de lapte colectat din două ture cu respectarea cerințelor de păstrare și transportare a acestuia va fi egal cu:

$$V_{af} = V_{af}^{'} + V_{af}^{''} = 1.14 + 1.015 = 2.155m^3. \quad (2.104)$$

Din relațiile obținute se determină că pentru răcirea laptelui în IRC cu frig natural la PCL cu colectarea laptelui în două ture raportul volumului de AFI din AFT și volumul total de lapte

răcit va fi:

$$C_{IFC} = \frac{V_{af}}{V_l} = \frac{2.155}{0.7} = 3.1. \quad (2.105)$$

La elaborarea instalației frigorifice de răcire a laptelui cu eficiență energetică sporită în baza instalației frigorifice existente la punctul de colectare studiat este nevoie de un acumulator de frig natural cu capacitatea de stocare a agentului frigorific intermediar de 3.1 ori mai mare ca capacitatea rezervorului capacitiv a IF de răcire a laptelui.

2.6. Metodologia de calcul și modelul matematic pentru prerăcirea laptelui cu gheață în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici

S-a dezvoltat modelul matematic generalizat care permite determinarea necesarului de gheață pentru prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici până la temperatura prestabilită de +15°C. Modelul se bazează pe principii fundamentale și ipoteze clar definite [89, 105, 106].

Pentru dezvoltarea modelului matematic se înaintează următoarele cerințe:

- temperatura laptelui proaspăt colectat $t_{0lp} = +27^oC$;
- temperatura medie a mediului ambiant în perioada caldă a anului $t_{mv} = +25^oC$;
- temperatura prestabilită de prerăcire $t_{pr} = +20^oC$;
- temperatura inițială a gheții $t_{ig} = -18^oC$;
- temperatura de topire a gheții $t_{0g} = 0^oC$;
- căldura latentă a gheții $\lambda_g = 332 \cdot 10^3 J/kg$;
- căldura specifică a apei egală cu cea a laptelui $c_{apa} = c_l = 4185\, J/kgK$;
- căldura specifică a gheții $c_g = 2100 J/kgK$.

Cantitatea totală de gheață necesară pentru perăcirea laptelui proaspăt de la temperatura inițială la temperatura prestabilită de prerăcire, poate fi determinată reieșind din bilanțul termic [15, 106]:

$$Q_g = Q_l + Q_r, \quad (2.106)$$

în care:

- fluxul de căldură a gheții

$$Q_g = Q_{g1} + Q_{g2} + Q_{g3} = m_g(c_g \cdot (t_{0g} - t_{ig}) + \lambda_g + c_{apa} \cdot (t_{pr} - t_{0g})); \quad (2.107)$$

- fluxul de căldură a laptelui

$$Q_l = m_l \cdot c_l \cdot (t_{0lp} - t_{pr}); \quad (2.108)$$

- fluxul de căldură a rezervorului mobil

$$Q_r = A_{rm} \cdot K_{rm} \cdot (t_{mv} - t_{pr}); \quad (2.109)$$

unde A_{rm} este aria suprafeței rezervorului mobil prin care are loc schimbul de căldură; $\boldsymbol{K_{rm}}$- coeficientul global de schimb de căldura a rezervorului mobil.

Pentru a determina cantitatea totală de gheață se stabilește:

- masa de gheață necesară răcirii laptelui;
- masa de gheață necesară pentru compensarea pierderilor de căldură prin pereții rezervorului.

Bilanțul termic a masei de gheață necesară pentru prerăcirea masei de lapte se scrie [105]:

$$m_g \left(c_g \cdot \left(t_{0g} - t_{ig}\right) + \lambda_g + c_{apa} \cdot \left(t_{pr} - t_{0g}\right)\right) = m_l \cdot c_l \cdot (t_{0lp} - t_{pr}) + A_{rm} \cdot K_{rm} \cdot (t_{mv} - t_{pr}), \quad (2.110)$$

unde m_g este masa de gheață necesară pentru prerăcirea laptelui; m_l – masa totală a laptelui colectat într-o tură.

Masa totală a laptelui colectat este suma meselor de lapte colectate de la producătorii casnici într-o tură și se determină ca:

$$m_l = m_{l1} + m_{l2} + \ldots + m_{li}. \quad (2.111)$$

Din relația (2.110) se determină masa de gheață necesară pentru prerăcirea laptelui proaspăt în procesul de colectare mobilă:

$$m_g = \frac{m_l \cdot c_l \cdot (t_{0lp} - t_{pr}) + A_{rm} \cdot K_{rm} \cdot (t_{mv} - t_{pr})}{c_g \cdot (t_{0g} - t_{ig}) + \lambda_g + c_{apa} \cdot (t_{pr} - t_{0g})}. \quad (2.112)$$

Pentru rezolvarea relației (2.112) se determină parametrii necunoscuți.

Aria suprafeței rezervorului se determină ținând cont de forma geometrică a acestuia, pentru rezervorul de formă cilindrică formula de calcul va fi:

$$A_{rm} = 2(\pi {r_r}^2 + \pi r_r L_r), \quad (2.113)$$

unde r_r este raza părții cilindrice a rezervorului (m); L_r- lungimea părții cilindrice a rezervorului (m).

Coeficientul global K_{rm} de schimb de căldură a rezervorului mobil va fi [106]:

$$K_{rm} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_l} + \frac{\delta_{tm}}{\lambda_{rm}} + \frac{1}{\alpha_m}}, \quad (2.114)$$

unde α_l este coeficientul transferului de căldură de la lapte la rezervorul mobil; δ_{rm}- grosimea pereților rezervorului (m); λ_{rm}- conductivitatea materialului pereților rezervorului

mobil (W/mK); α_m- coeficientul transferului de căldură de la rezervorul mobil la mediul ambiant.

Coeficientul transferului de căldură lapte – rezervor va fi:

$$\alpha_l = \frac{\lambda_{rm} \cdot Nu_l}{d_{rm}}. \quad (2.115)$$

Coeficientul transferului de căldură rezervor – mediu ambiant va fi:

$$\alpha_m = \frac{\lambda_{rm} \cdot Nu_m}{d_{rm}}. \quad (2.116)$$

Criteriul Nusselt pentru lapte și pentru aerul mediului ambiant se va determina conform relațiilor [132]:

$$Nu_l = C_l \left(\frac{\rho_l \cdot w_l \cdot d_{rm}}{\mu_l}\right)^{n_l}, \quad (2.117)$$

$$Nu_m = C_m \left(\frac{\rho_a \cdot w_{ar} \cdot d_{rm}}{\mu_a}\right)^{n_m}. \quad (2.118)$$

unde C este coeficientul de calcul a criteriului $Nusselt$, pentru lapte este egal cu cel a AFI $C_l = 1.05 \cdot 10^{-3}$, pentru aer $C_m = 317 \cdot 10^{-3}$; n - coeficientul de putere $Nusselt$, pentru lapte n_l=1.18, pentru are $n_m = 0.59$ [99]; $\rho_l = 1029 kg/m^3$- densitatea laptelui; $\mu_l = 18.04 \cdot 10^{-3}\ Pa$ - vâscozitatea dinamică a laptelui; $\rho_a = 1.29 kg/m^3$- densitatea aerului mediului înconjurător;$\mu_a = 1.0 \cdot 10^{-3}\ Pa$ - vâscozitatea dinamică a laptelui; $w_l = w_a$ - viteza de mișcare a laptelui și a aerului față de rezervorul mobil de colectare a laptelui, pentru calcule îl vom luat egal cu 1.

Atunci coeficientul global de schimb de căldură va avea forma:

$$K_{rm} = \frac{1}{\frac{d_{rm}}{\lambda_{rm} \cdot 1.05 \cdot 10^{-3} (57040 \cdot d_{rm})^{1.18}} + \frac{\delta_{tm}}{\lambda_{rm}} + \frac{d_{rm}}{\lambda_{rm} \cdot 0.317 (1290 \cdot d_{rm})^{0.59}}}. \quad (2.119)$$

În baza relațiilor obținute se va determina cantitatea de gheață necesară pentru prerăcirea unui volum de lapte de 0.350 m^3 echivalentul a 360 kg lapte depozitat într-un rezervor din inox alimentar de marca ASIA-304 cu grosimea de 5 mm, diametrul de 0.6 m și lungimea de 1.77 m, capacitatea totală de 0.5 m^3 de lapte sau 514.5 kg.

Se determină aria totală a suprafeței rezervorului:

$$A_{rm} = 2 \cdot (\pi {r_r}^2 + \pi r_r L_r) = 2 \cdot (3.14 \cdot 0.3^2 + 3.14 \cdot 0.3 \cdot 1.77) = 3.9 m^2. \quad (2.120)$$

Coeficientul global de schimb de căldură va fi:

$$K_{rm} = \frac{1}{\frac{d_{rm}}{\lambda_{rm} \cdot 0.00105(57040 \cdot d_{rm})^{1.18}} + \frac{\delta_{tm}}{\lambda_{rm}} + \frac{d_{rm}}{\lambda_{rm} \cdot 0.317(1290 \cdot d_{rm})^{0.59}}} =$$

$$\frac{1}{\frac{0.6}{237 \cdot 0.00105(57040 \cdot 0.6)^{1.18}} + \frac{0.005}{237} + \frac{0.6}{237 \cdot 0.317(1290 \cdot 0.6)^{0.59}}} = 5273. \quad (2.121)$$

Masa totală de gheață pentru prerăcirea a 0,375 m^3 de lapte păstrând condițiile impuse va fi:

$$m_g = \frac{m_l \cdot c_l \cdot (t_{0lp} - t_{pr}) + A_{rm} \cdot K_{rm} \cdot (t_{mv} - t_{pr})}{c_g \cdot (t_{0g} - t_{ig}) + \lambda_g + c_{apa} \cdot (t_{pr} - t_{0g})} =$$

$$= \frac{360 \cdot 4185 \cdot (27 - 20) + 3.9 \cdot 5273 \cdot (25 - 20)}{2100 \cdot (0 - (-18)) + 332000 + 4185 \cdot (20 - 0)} = 23.48kg. \quad (2.122)$$

Raportul de dintre masa de gheață și cea de lapte pentru prerăcirea laptelui de la temperatura de +27°C la +20°C când temperatura mediului este de +25°C, va fi:

$$K_g = \frac{m_g}{m_l} = \frac{23.48}{360} = 0.065. \quad (2.123)$$

Deoarece temperatura mediului ambiant este variabilă s-a elaborat graficul dependenței dintre masa de gheață și cea a temperaturilor mediului ambiant pentru diferite cantități de lapte (vezi Fig. 2.11).

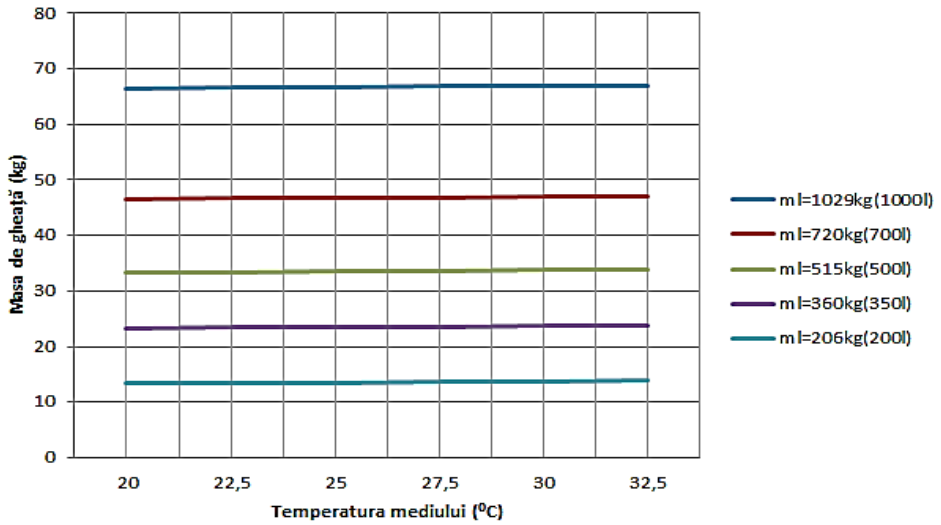


Fig. 2.11. Dependența cantității de gheață pentru diferite cantități de lapte în raport cu temperatura mediului

Din Fig. 2.11 se poate observa că influența temperaturii mediului ambiant în procesul de prerăcire a laptelui în rezervorul mobil este scăzută, diferența maximă de gheață necesară pentru prerăcirea aceleeași cantități de lapte nu depășește masa de 0.6 kg în diapazonul de temperatură a mediului de la +20 la +32.5°C.

Concluzii la capitolul 2

1. A fost îmbunătățită metodologia de calcul care dă posibilitatea de a stabili parametrii constructivi ai răcitorului în flux, a pompei agentului frigorific intermediar și a ventilatorului pentru reutilarea instalației frigorifice cu răcire directă în instalația propusă cu utilizarea frigului natural.

2. În baza modelului matematic dezvoltat pentru procesul de răcire în flux a agentului frigorific intermediar în perioada rece a anului, de la temperatura inițială de +14°C a AFI și temperatura atmosferică de +2°C, până la temperatura AFI sub +4°C, s-a stabilit că raportul dintre volumul de AFI și volumul echivalent necesar de aer este $C_{AFN} = 34.25$.

3. Modelul matematic dezvoltat pentru procesul de răcire a laptelui cu frig natural într-un răcitor capacitiv a permis stabilirea raportului maxim dintre volumul de AFI necesar pentru răcirea unui volum de lapte care este de$C_{IFC} = 3.1$, ținând cont că colectarea laptelui se efectuează în două ture, în care 40 % de lapte din capacitatea de răcire a instalației frigorifice se colectează în tura de seară și este răcit de la temperatura de +19°C până la +6°C, iar 60 % se colectează în tura de dimineață, care este mestecat cu laptele din tura de seară și răcit până la temperatura de transportare de +8 °C.

4. Pentru reducerea riscului de alterare a laptelui în perioada caldă a anului s-a dezvoltat un model matematic care reglementează parametrii tehnologici de prerăcire a laptelui cu gheață, în baza căruia s-a stabilit că pentru reducerea temperaturii laptelui de la temperatura medie de +27°C la cea admisibilă după două ore de la mulsură de +20°C este necesar de instalat în rezervorul mobil boxe igienizate cu o cantitate de gheață de 6.5 % din cantitatea de lapte prevăzută a de fi colectată.

3. STUDIUL REGIMURILOR ENERGETICE, DE FUNCȚIONARE ȘI DE CONTROL ALE INSTALAȚIEI ECOLOGICE DE RĂCIRE A LAPTELUI

3.1. Elaborarea instalației ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică

Utilajul frigorific de răcire a laptelui este principalul consumator de energie electrică din procesul de prelucrare a produselor lactate. Etapei primare de răcire a laptelui îi revine aproximativ 27-30 % din energia electrică consumată [70, 107, 108].

Analiza consumului de energie electrică la PCL, realizată de către noi în mai multe localități din zona de nord a Republicii Moldova a arătat că consumul mediu de energie electrică la PCL din nordul Republica Moldova este de cca. 21 kWh pentru răcirea a 1000 litri de lapte colectat [52, 115]. În același rând s-a constatat că datorită faptului că anual volumul de lapte colectat este în scădere, iar prețurile la energia electrică sunt în creștere se creează probleme suplimentare la întreținerea PCL.

O soluție, accesibilă pentru condițiile Republicii Moldova, de a reduce consumul de energie electrică în procesul de răcire a laptelui la PCL în perioada rece a anului este înlocuirea instalațiilor frigorifice existente la punctele de colectare cu instalații sezoniere cu frig natural [52].

În cele ce urmează se analizează regimurile de funcționare, energetice și de control a instalației ecologice propuse de către noi [44].

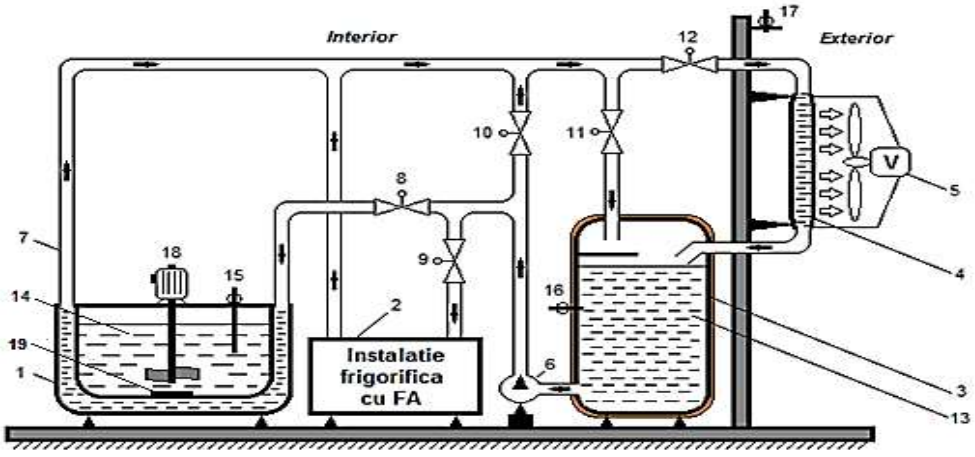


Fig. 3.1. Instalație ecologică pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică

1- schimbător de căldură capacitiv; 2- instalație frigorifică cu frig artificial; 3- acumulator de frig termoizolat; 4- schimbător de căldură în flux; 5- ventilator; 6- pompă; 7- conductă de agent frigorific intermediar; 8, 9, 10, 11, 12- ventile cu acționare electrică; 13- agent frigorific intermediar; 14- lapte; 15, 16, 17- senzori de temperatură; 18- agitator; 19- senzor de presiune.

Instalația propusă (vezi Fig. 3.1) are la bază patru regimuri de lucru, trei dintre care sunt destinate răcirii AFI și un regim de răcire a laptelui. Funcționarea acesteia este împărțită în două circuite de comandă, comanda cu regimurile de răcire a AFI și comanda procesului de răcire a laptelui.

Regimurile de răcire a AFI depind de temperaturile mediului ambiant, fiind împărțite în:

- regimul de răcire a AFI cu frig artificial, preponderent acest regim este destinat pentru perioada caldă, când IFFA răcește AFI care ulterior este folosit la răcirea laptelui;
- regimul de răcire cu frig natural și artificial a AFI, care este prevăzut pentru perioadele tranzitorii de la temperaturile calde la cele reci ale anului și invers;
- regimul de răcire cu frig natural a AFI, regim sezonier pentru perioada rece a anului.

Regimul de răcire a laptelui este prevăzut pentru întreg anul utilizând AFI din acumulatorul de frig termoizolat în care se acumulează frig folosind regimurile de răcire a AFI.

În baza instalației propuse în Fig. 3.1, se stabilesc schemele structurale ale grafurilor automate și algoritmii de funcționare pentru echipamentele electrice din PCL.

Pentru elaborarea schemelor grafurilor automate a echipamentelor electrice funcționale în procesul de colectare și răcire a laptelui este necesar de utilizat toate etapele de lucru care prevăd oprirea (O), pornirea (P) , funcționarea (F) și defectarea (D) echipamentelor electrice (E) de bază prin intermediul următoarelor elemente de comandă și control [68, 101]:

H - comanda de pornire a circuitului electric a procesului de răcire a AFI;

S - comanda de pornire a circuitului electric a regimului de răcire a laptelui;

(comenzile H și S sunt independente și nu pot funcționa concomitent, acestea fiind coordonate de comutatorul de regim poziția ”*răcire AFI*” sau poziția ”*răcire Lapte*”)

h - comanda de oprire a circuitului electric a procesului de răcire a AFI;

$\bar{h}$ - lipsa comenzii de oprire a circuitului electric a procesului de răcire a AFI;

s - comanda de oprire a circuitului electric la răcirea laptelui;

$\bar{s}$- lipsa comenzii de oprire a circuitului electric la răcirea laptelui;

$\bar{t}$- lipsa semnalelor de la senzorii de temperatură;

E - echipamentul electric funcțional care se supune automatizării;

R_a - semnalul regimului de avarie;

$\bar{R}_a$- lipsa semnalul regimului de avarie;

v - prezența semnalului ”deschis” a ventilului;

$\bar{v}$- prezența semnalului ”închis” a ventilului;

M_a- semnal de funcționare a motorului de agitare a laptelui;

$\bar{M}_a$ lipsa semnal de funcționare a motorului de agitare a laptelui;

g - semnalul senzorului de presiune cu privire la prezența laptelui în volum de minim 15% din capacitatea rezervorului frigorific;

$\bar{g}$- lipsa semnalului de la senzorul de presiune.

Pentru instalația ecologică propusă se recomandă programarea senzorilor cu prezența semnalelor la temperaturile $t_{16} \geq +4^oC$, $t_{17} \leq +6^oC$ cu condiția că $t_{16} \geq t_{17}$, iar în procesul de răcire a laptelui $t_{15} \geq +6^oC$.

3.2. Schemele structurale, grafurile automate și algoritmele de funcționare ale componentelor electrice a instalației ecologice de răcire a laptelui

Graful automat al instalației frigorifice cu frig artificial (E_2), prezentat în Fig. 3.2, arată că pornirea instalației depinde direct de prezența semnalului senzorului de temperatură (t_{16}) și lipsa semnalului senzorului (t_{17}). Instalația va porni la acționarea butonului de pornire cu condiția că temperatura AFI depășește temperatura de +4°C, iar cea a mediului ambiant va depăși temperatura de +6°C. Deconectarea automată a IFFA va avea loc în lipsa semnalului t_{16} când temperatura AFI atinge valori sub +4°C sau la apariția semnalului t_{17}, când temperatura mediului ambiant va fi sub +4°C, la temperatura mediului cuprinsă între +4 ... +6°C și a AFI mai mare de +6°C IFFA va funcționa paralel cu IFN în regim combinat. Întreruperea funcționării IFFA mai poate avea loc la deconectarea acestea de la rețea și la apariția semnalelor de avarie.

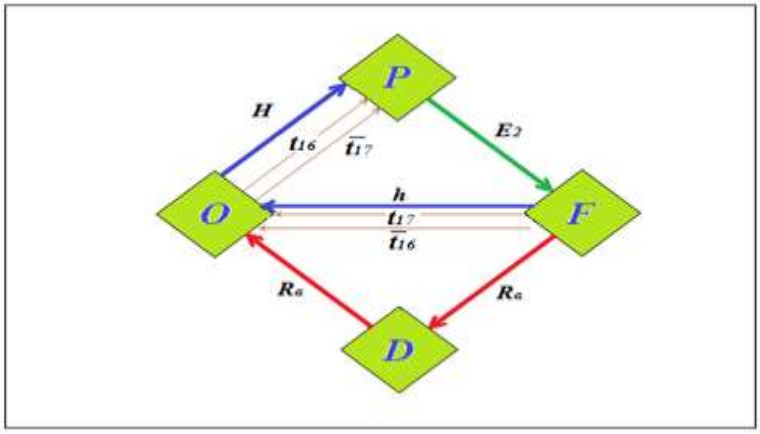


Fig. 3.2. Graful automat al IF (2) cu frig artificial

Algoritmul de funcționare a IF cu frig artificial, care are la bază graful automat și condițiile inițiale impuse are următoarea formă:

$$F_2 = (H + t_{16} \cdot \bar{t}_{17}) \cdot \bar{R}_a \cdot \bar{h} \cdot E_2. \quad (3.1)$$

Pentru elaborarea schemei electrice de bază a instalației ecologice pentru răcirea laptelui cu eficiență energetică sporită, propusă pentru PCL este necesar de elaborat și GA al ventilatorului (5), a pompei de AFI (6) și a ventilelor (8 ... 12).

Funcționarea ventilatorului (E_5) depinde direct de semnalul senzorilor t_{16} și t_{17}, atunci când temperatura mediului va fi sub +6°C, iar cea a AFI peste +4°C ventilatorul va funcționa, dacă cel puțin un semnal lipsește, ventilatorul se va deconecta.

Ținând cont de cerințele înaintate inițial, s-a elaborat GA al ventilatorului care este prezentat în Fig. 3.3.

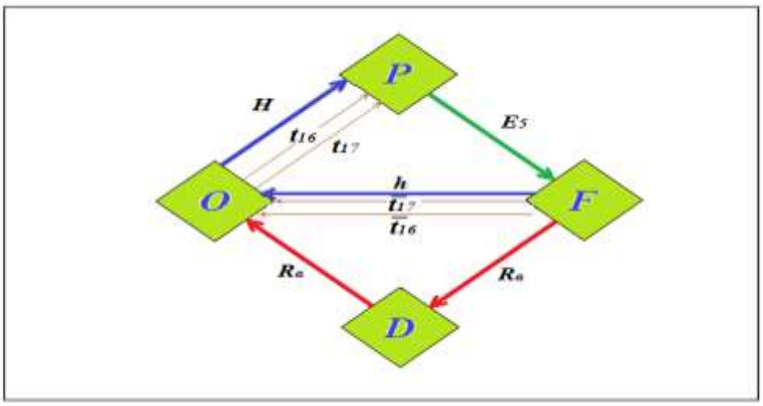


Fig. 3.3. Graful automat al ventilatorului (5)

Reieșind din GA a ventilatorului de pompare a fluxului de aer, algoritmul de funcționare a acestuia va avea forma:

$$F_5 = (H + t_{16} \cdot t_{17}) \cdot \bar{R}_a \cdot \bar{h} \cdot E_5. \qquad (3.2)$$

În Fig. 3.4 se prezintă GA a pompei (6) care pune în mișcare AFI.

Pornirea pompei de AFI (6) poate fi realizată pe două căi – manual, prin comanda de pornire (H_6) sau automat, prin transmiterea semnalului de la senzorul termic (16). Senzorul trebuie să fie reglat să transmită semnalul începând cu temperatura AFI prestabilită sau mai mare.

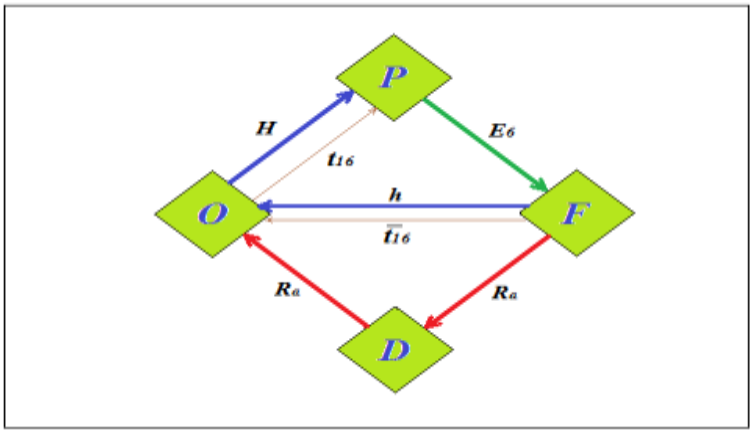


Fig. 3.4. Graful automat al pompei (6) de AFI

După pornire are loc procesul de funcționare care poate fi întrerupt în trei cazuri: la deconectarea manuală, prin comanda de oprire (h); automat, când semnalul senzorului de temperatură (16) dispare, temperatura AFI ajungând sub temperatura prestabilită și în cazul când au loc careva defecțiuni tehnice.

Algoritmul de funcționare a pompei de agent frigorific se va prezenta astfel:

$$F_6 = (H + t_{16}) \cdot \bar{R}_a \cdot \bar{h} \cdot E_6. \tag{3.3}$$

Comanda cu regimurile de funcționare depinde de senzorii de temperatură și de poziția ventilelor.

Schemele grafurilor automate ale ventilelor și algoritmele de funcționare depind direct de semnalele senzorilor de temperatură și de echipamentul electric funcțional.

Prezența semnalului pentru ventilul (8) depinde de prezența semnalelor senzorului de temperatură (15), senzorului de presiune (g) și de semnalul de comandă (S).

Poziția ”deschis” a ventilului (8) este caracteristică doar regimului de răcire a laptelui și se prezintă cu graful automat din Fig. 3.5.

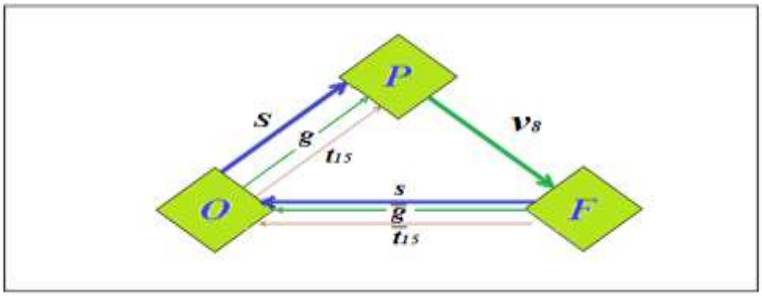


Fig. 3.5. Graful automat al ventilului v_8

Algoritmul de funcționare, în poziția prezenței semnalului ”deschis” al ventilului, se prezintă sub următoarea formă:

$$F_8 = (S + g \cdot t_{15}) \cdot v_8. \tag{3.4}$$

Ventilul (v_9) este destinat circulației AFI pin IFFA (2) și va primi semnalul deschis numai în cazul prezenței semnalului de funcționare a echipamentului (2), în toate celelalte cazuri acest ventil va fi închis, Fig. 3.6.

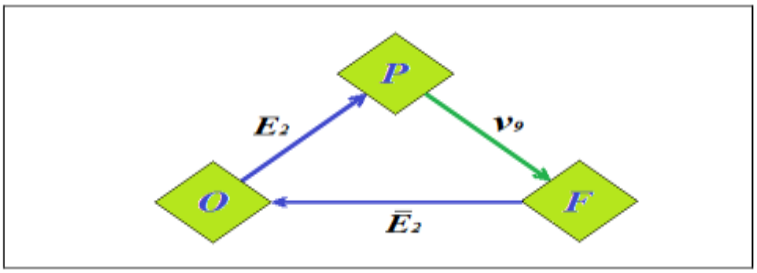


Fig. 3.6. Graful automat al ventilului v_9

În acest caz, algoritmul de funcționare va avea forma:

$$F_9 = E_2 \cdot v_9. \tag{3.5}$$

Pentru a permite circulația AFI în regim de răcire cu frig natural, ventilul (10) va trece în poziția ”deschis” la prezența semnalului (17) și lipsa semnalului de la echipamentul (2). Reieșind din condițiile date, ventilul (10) va avea graful automat prezentat în Fig. 3.7.

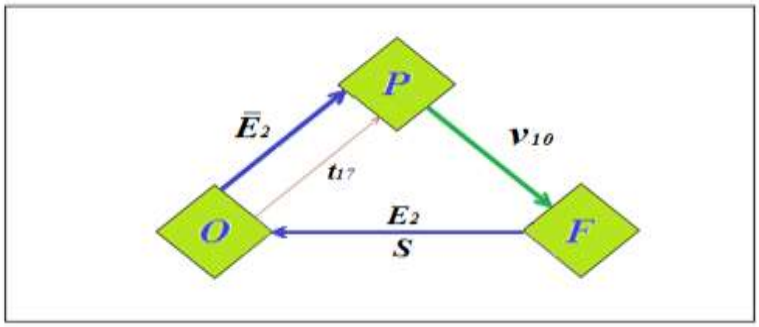


Fig. 3.7. Graful automat al ventilului v_{10}

și algoritmul de funcționare conform relației:

$$F_{10} = \bar{E}_2 \cdot t_{17} \cdot v_9. \tag{3.6}$$

Procesul de automatizare și control al ventilului (11) este influențat de două regimuri de funcționare a instalației frigorifice cu eficiență energetică sporită, de regimul de răcire a AFI cu frig artificial și de regimul de răcire a laptelui. În aceste condiții ventilul (11) va primi semnalul de deschidere odată cu comanda de pornire a circuitului electric a regimului de răcire a laptelui sau la apariția semnalului de la IFFA, în lipsa semnalului senzorului de temperatură (17). Iar schema grafică de automatizare a ventilului va avea forma din Fig. 3.8.

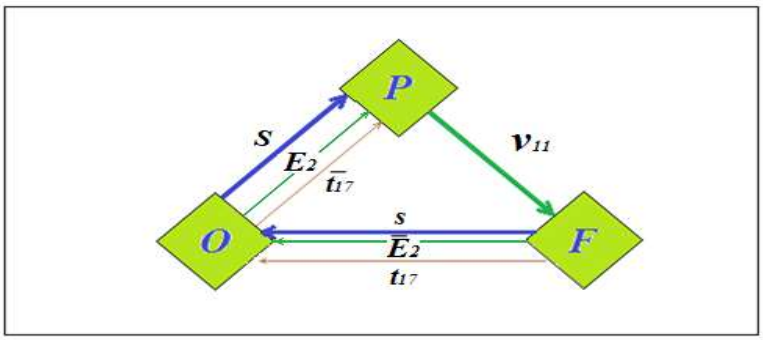


Fig. 3.8. Graful automat al ventilului v_{11}

Din schema grafică se obține algoritmul de funcționare a ventilului conform relației:

$$F_{11} = (S + E_2 \cdot \bar{t}_{17}) \cdot v_9. \tag{3.7}$$

Controlul ventilului (12) este bazat pe temperatura mediului ambiant și va primi semnalul de deschidere doar în procesul de răcire a AFI la apariția semnalului senzorului de temperatură (17), închiderea automată a acestuia va avea loc la trecerea în regim de răcire a laptelui sau la lipsa semnalului senzorului (17). Pentru acest ventil graful automat se prezintă în Fig. 3.9.

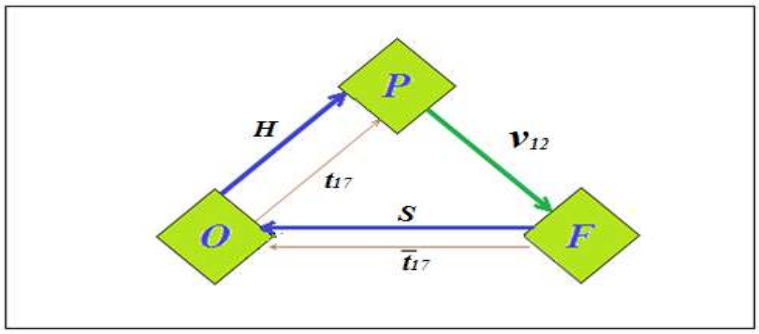


Fig. 3.9. Graful automat al ventilului v_{12}

Forma algoritmului de funcționare a ventilului (v_{12}) se stabilește cu relația:

$$F_{12} = H \cdot t_{17} \cdot v_9. \tag{3.8}$$

Pentru trecerea la regimul de răcire a laptelui cu agentul frigorific intermediar depozitat în acumulatorul de frig este necesară elaborarea grafului automat a motorului de agitare a laptelui, care este prezentat în Fig. 3.10.

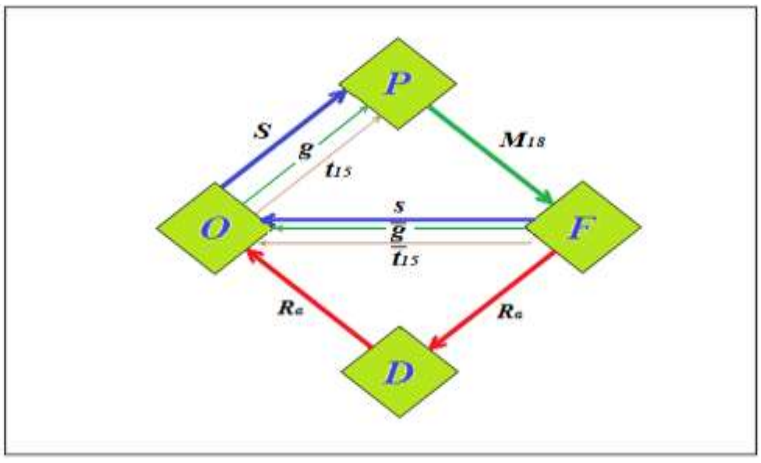


Fig. 3.10. Graful automat a motorului de agitare a laptelui

Funcționarea motorului de agitare este caracteristică doar procesului de răcire a laptelui și depinde direct de prezența laptelui în rezervorul capacitiv de răcire și de temperatura acestuia.

Algoritmul de funcționare a agitatorului de lapte este prezentat prin relația:

$$F_{18} = (S + t_{15} \cdot g) \cdot \bar{R}_a \cdot \bar{s} \cdot M_{18}. \tag{3.9}$$

3.3. Argumentarea regimurilor de funcționare, automatizare și control ale procesului de răcire a agentului frigorific intermediar

Analizând grafurile automate și algoritmii de funcționare a fiecărui echipament se stabilesc regimurile de funcționare ale procesului de răcire a agentului frigorific intermediar în dependență de temperatura mediului ambiant.

Regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu frig artificial (R_{FA}) prin intermediul instalației ecologice propuse se va implementa în perioada caldă a anului când temperatura mediului ambiant măsurată cu senzorul de temperatură (17) va fi mai mare de +6°C. În acest regim ventilele (9) și (11) sunt în poziția ”deschis” iar (8), (10) și (12) în poziția ”închis”. Procesul de răcire se va încheia când temperatura agentului frigorific intermediar măsurată de senzorul (16) va fi mai mică de +4°C.

Graful automat a regimului de răcire a agentului frigorific intermediar cu frig artificial se prezintă conform Fig. 3.11.

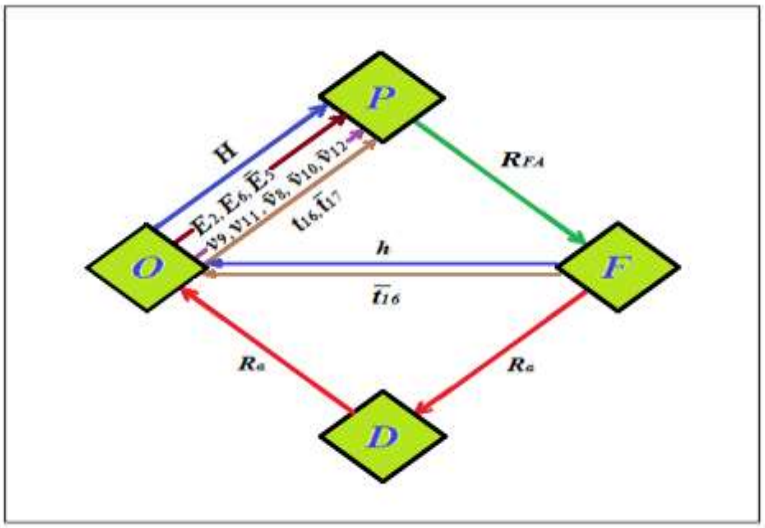


Fig. 3.11. Graful automat al regimului de răcire a AFI cu FA

Algoritmul de funcționare a regimului de răcire a AFI cu FA se prezintă cu relația:

$$F_{FA} = (H + E_2 + \bar{E}_5 + v_9 \cdot v_{11} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{12} + \bar{t}_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h}. \quad (3.10)$$

În Fig. 3.12 se prizintă schema funcțională a instalației ecologice cu consum redus de energie în cazul răcirii agentului frigorific intermediar cu frig artificial.

Oprirea instalației se va produce la acționarea butonului de oprire, la dispariția semnalului senzorului de temperatură (16) și în caz de avarie.

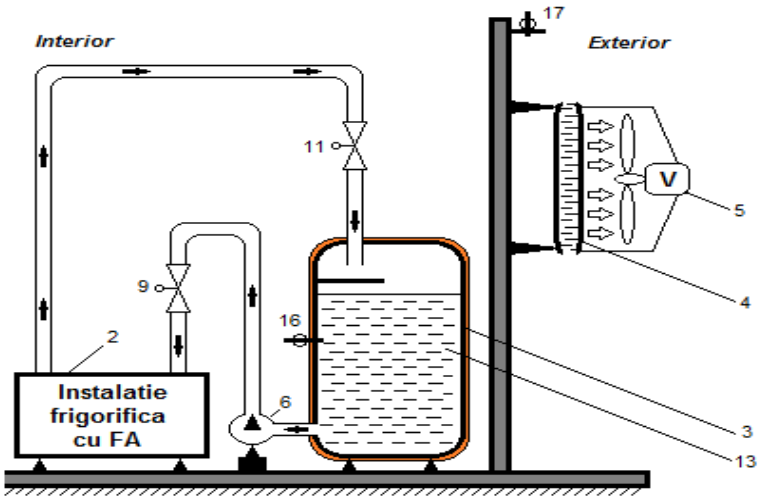


Fig. 3.12. Schema funcțională a IF de răcire a AFI cu frig artificial

În cazul apariției semnalului senzorului de temperatura (17) în diapazonul de temperaturi de la +6°C la +4°C și menținerii semnalului senzorului (16) instalația va trece în regimul de răcire combinat a AFI cu frig natural și artificial, atunci ventilul (12) va trece în poziția ”deschis” iar (11) va trece în poziția ”închis” și ventilatorul de aer (5) se va conecta.

Acest regim funcționează până când temperatura mediului ia valori sub +4°C. Graful automat pentru regimul combinat prezentat în Fig. 3.13 suportă modificări de semnal, însă condițiile de oprire rămân aceleași ca și în cazul regimului precedent.

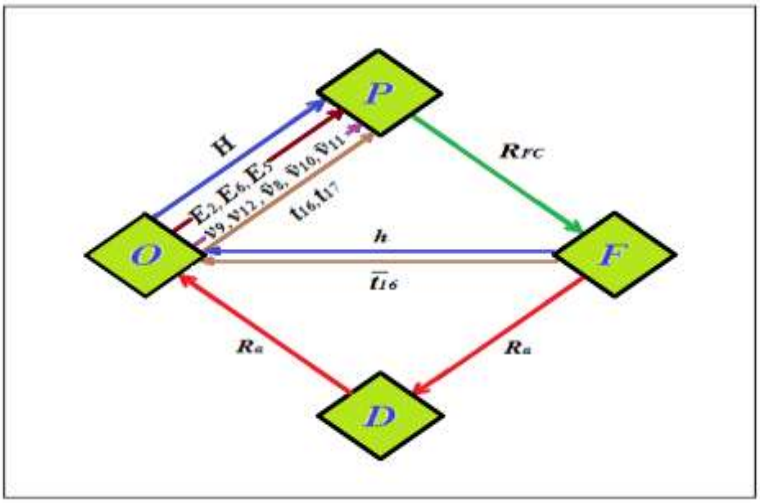


Fig. 3.13. Graful automat al regimului de răcire a AFI cu frig combinat

Acest regim este caracteristic perioadelor tranzitorii de timp dintre sezonul cald și cel rece, și invers.

Regimul de răcire cu frig natural și artificial se prezintă prin algoritmul de funcționare dat prin relația de mai jos:

$$F_{FC} = (H + E_2 + E_5 + v_9 \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h}. \quad (3.11)$$

Schema funcțională a instalației ecologice în regim combinat se prezintă în Fig. 3.14.

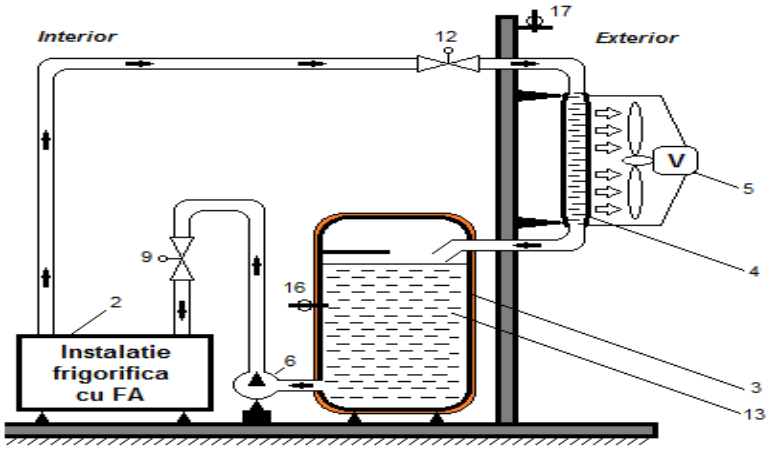


Fig. 3.14. Schema funcțională a IF de răcire a AFI cu frig natural și artificial

Procesul de răcire a AFI cu frig combinat prevede că pompa (6) direcționează într-un circuit închis pentru răcire AFI din acumulatorul de frig, prin instalația frigorifică cu frig artificial (2) și prin schimbătorul de căldură în flux (4) (vezi Fig. 3.14).

În perioada rece a anului, când temperatura mediului ambiant controlată de senzorul de temperatură (17) este <+4°C, instalația frigorifică trece în regim de răcire a AFI conform schemei funcționale din Fig. 3.15. Procesul de răcire a agentului frigorific intermediar are loc prin pomparea acestuia cu ajutorul pompei (6) prin schimbătorul de căldură în flux (4) și acumulatorul de frig termoizolat (3) cu ventilele (10) și (12) deschise. În acest regim ventilele (8), (9) și (11) sunt închise iar instalația frigorifică cu frig artificial (2) este deconectată. Forțarea răcirii AFI prin schimbătorul de căldură (4) are loc cu ajutorul ventilatorului (5). Acest proces are loc până când temperatura AFI monitorizată de senzorul de temperatură (16) ajunge sub +4°C.

Cerințele față de parametrii de control al regimului de răcire a AFI cu utilizarea frigului natural sunt:

- prezența semnalelor senzorilor de temperatură (16) și (17) cu condiția că temperatura mediului ambiant are valori sub +4°C;
- echipamentele (5) și (6) funcționale în procesul de răcire;
- ventilele funcționale (10) și (12).

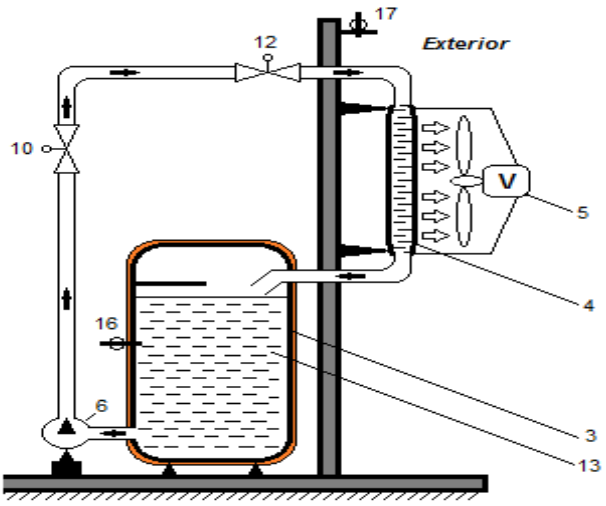


Fig. 3.15. Schema funcțională a instalației sezoniere de captare și depozitare a FN

În baza cerințelor impuse se elaborează graful automat prezentat în Fig. 3.16.

Algoritmul de funcționare a instalației ecologice, în regim de răcire a AFI cu frig natural, se prezintă în baza Fig. 3.16 și are forma:

$$F_{FN} = (H + E_5 + \bar{E}_2 + v_{10} \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_9 \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h}, \qquad (3.12)$$

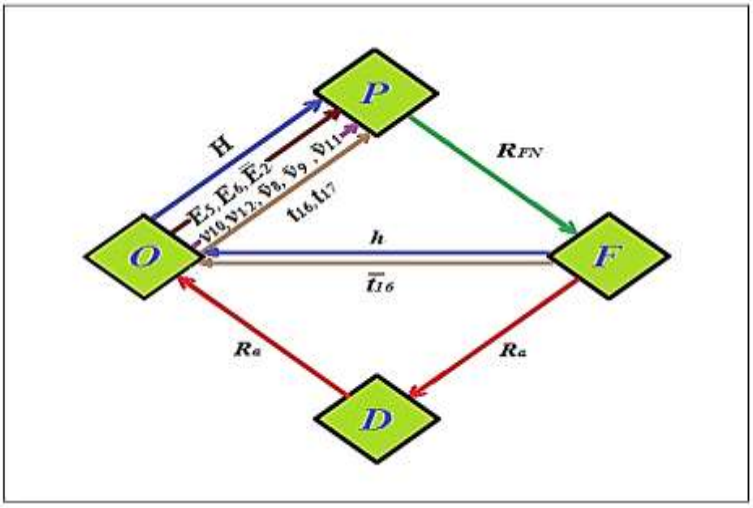


Fig. 3.16. Graful automat al regimului de răcire a AFI cu frig natural

Analiza grafurilor automate ale instalației ecologice de răcire a laptelui cu eficiență energetică sporită pentru regimurile de răcire cu frig natural, combinat și artificial a agentului frigorific intermadiar permite realizarea sistemului algoritmelor de funcționare 3.13. în baza căruia se elaborează și se montează schema electrică de comandă, control și de forță a instalației.

$$\begin{cases} F_{FA} = (H + E_2 + \bar{E}_5 + v_9 \cdot v_{11} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{12} + \bar{t}_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h} \\ F_{FC} = (H + E_2 + E_5 + v_9 \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h}. \\ F_{FN} = (H + E_5 + \bar{E}_2 + v_{10} \cdot v_{12} \cdot \bar{v}_8 \cdot \bar{v}_9 \cdot \bar{v}_{11} + t_{17}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{16} \cdot \bar{h} \end{cases} \qquad (3.13)$$

3.4. Argumentarea regimului de funcționare, automatizarea și controlul a procesului de răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar

Circuitul doi de comandă a instalației propuse prevede comanda și controlul procesului de răcire a laptelui cu agentul frigorific intermediar răcit de circuitul întâi, care este depozitat și păstrat în acumulatorul de frig.

Pentru acționarea regimului de răcire a laptelui este necesar să se treacă la comanda de pornire a circuitului electric S și să fie:

- prezența semnalului senzorului de presiune cu privire la prezența laptelui în volum de minim 15% (g);
- prezența semnalului senzorului de temperatură (15).

Atunci automat ventilele (8) și (11) trec în poziția ”deschis” iar (9), (10) și (12) în poziția ”închis”..

Regimul de răcire a laptelui va fi asigurat dacă temperatura agentului frigorific intermediar va fi mai mica sau egală cu +4^{o}C pentru a avea posibilitatea de a răci laptele până la temperatura de păstrare mai mică de +6^{o}C [7].

Schema funcțională a procesului de răcire a laptelui cu respectarea cerințelor menționate este prezentată în Fig. 3.17.

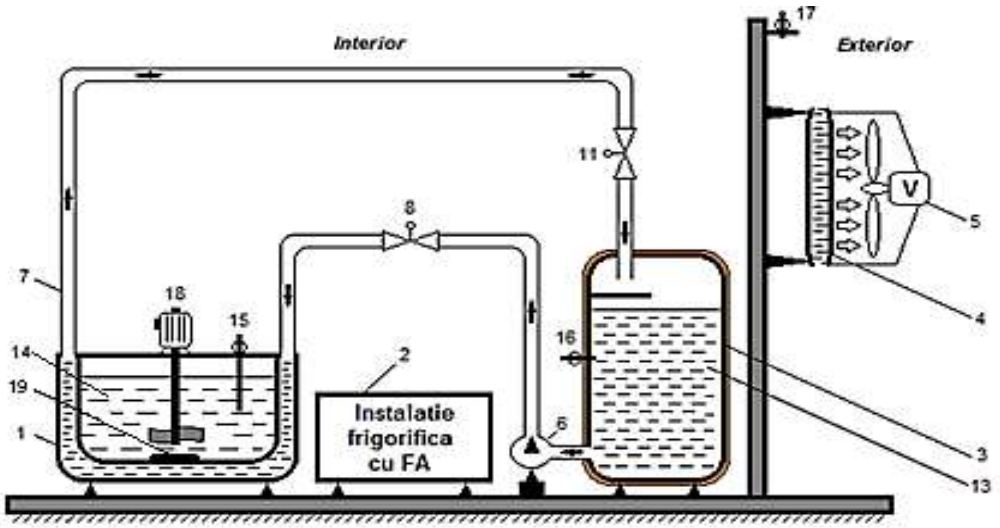


Fig. 3.17. Schema funcțională a IF de răcire a laptelui cu AFI

În procesul de răcire a laptelui echipamentul electric de bază este pompa (6) care pompează AFI rece depozitat în acumulatorul de frig termoizolat prin pereții schimbătorului de căldură capacitiv de răcire a laptelui. Drept urmare a acestor condiții graful automat a procesului de răcire a laptelui va avea forma din Fig. 3.18.

În urma elaborării grafurilor automate s-a stabilit că în procesul de trecere de la regimurile de răcire a AFI la regimul de răcire a laptelui, elementele comune acționate electric sunt pompa de agent frigorific intermediar și ventilele, acestea fiind interconectate între circuitul electric unu și doi, lucru care poate fi observat din algoritmul de funcționare a regimului de răcire a laptelui din relația:

$$F_{RL} = (S + v_8 \cdot v_{11} \cdot \bar{v}_9 \cdot \bar{v}_{10} \cdot \bar{v}_{12}) \cdot E_6 \cdot \bar{R}_a \cdot t_{15} \cdot \bar{s}. \quad (3.14)$$

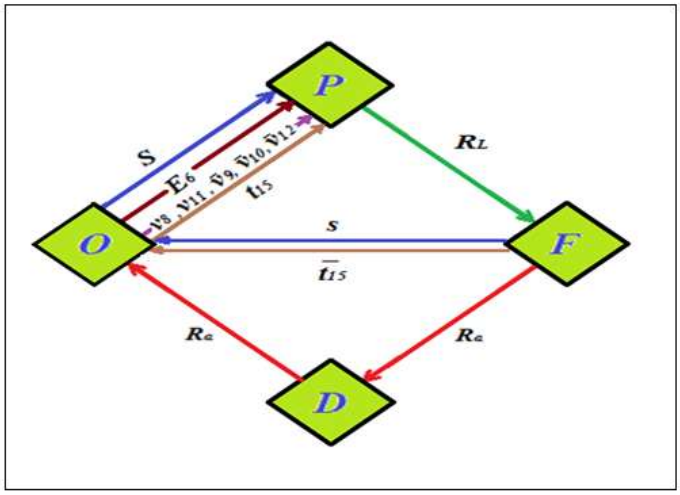


Fig. 3.18. Graful automat a regimului de răcire a laptelui cu AFI

În baza acestui algoritm s-a elaborat schemă electrica a circuitului doi pentru comanda și controlul procesului de răcire a laptelui.

Automatizarea proceselor de răcire a instalației frigorifice cu eficiență energetică sporită are la bază interconectarea regimurilor de răcire a agentului frigorific intermediar și a laptelui, respectând algoritmele de funcționare și cerințele inițiale impuse.

3.5. Analiza fluxurilor de energie electrică a echipamentelor din PCL

Energia electrică consumată la punctul de colectare a laptelui de instalația frigorifică ecologică în procesele de pompare și răcire a agentului frigorific intermediar (AFI), mestecarea și răcirea laptelui, pomparea în, și din rezervorul de răcire a laptelui se transformă în energie mecanică sau termică prin acționarea pompei de AFI, ventilatorului, ventilelor, instalației frigorifice cu frig artificial mestecătorului și pompei de lapte, iar o parte din ea se transformă în pierderi de energie.

Analiza fluxurilor energetice are la bază ecuația bilanțului energetic, care se prezintă cu relația [97, 109]:

$$\sum W = \sum W_c + \sum W_p, \quad (3.15)$$

unde Weste energia electrică consumată din rețea, (kWh); W_c- energia electrică consumată de receptoare, (kWh); W_p- pierderile de energie electrică, (kWh).

În instalațiile frigorifice există un ansamblu de fluxuri energetice care depind de diferiți factori și se clasifică după cum urmează:

- fluxul energetic din procesul de pompare a agentului frigorific, este unul variabil în dependență de sezon

$$\sum W_P = \sum W_{cP} + \sum W_{pP}. \tag{3.16}$$

Consumul și pierderile de energie electrică se determină din relațiile:

$$\sum W_{cP} = W_{cPN} + W_{cPA} + W_{cPC} + W_{cPRL}, \tag{3.17}$$

$$\sum W_{pP} = W_{pPN} + W_{pPA} + W_{pPC} + W_{pPRL}, \tag{3.18}$$

unde W_{cP} este energia electrică consumată în procesul de pompare a AFI (respectiv N la răcirea acestuia cu FN, A la răcirea cu FA, C la răcirea cu FC și L la răcirea laptelui), (kWh); W_{pP}- pierderile de energie electrică în procesul de pompare a AFI (respectiv N la răcirea acestuia cu FN, A la răcirea cu FA, C la răcirea cu FC și L la răcirea laptelui), (kWh).

- fluxul energetic a sistemului de răcire a instalației frigorifice

$$\sum W_R = \sum W_{cR} + \sum W_{pR}, \tag{3.19}$$

iar energia electrică consumată și pierderile de energie sunt date cu relațiile:

$$\sum W_{cR} = W_{RIFA} + W_{RV}, \tag{3.20}$$

$$\sum W_{pR} = W_{pIFA} + W_{pEV}, \tag{3.21}$$

unde W_{RIFA} este energia electrică consumată de IFFA în procesul de răcire a AFI, (kWh); W_{RV} - energia electrică consumată de ventilator în procesul de răcire a AFI cu FN, (kWh); W_{pIFA} - pierderile de energie în procesul de transformare a energiei electrice în energie mecanică la răcirea AFI cu IFFA, (kWh); W_{pEV} - pierderile de energie în procesul de transformare a energiei electrice în energie mecanică la răcirea AFI cu FN de ventilator, (kWh).

- fluxul energetic din procesul de mestecare și agitare a laptelui, în regimul de răcire a acestuia. Se determină cu relația:

$$\sum W_M = W_{cM} + W_{pM}, \tag{3.22}$$

unde W_{cM} este energia electrică consumată în procesul de mestecare a laptelui, (kWh); W_{pM} - pierderile de energie la transformarea energiei electrice în mecanică la mestecarea laptelui, (kWh).

- fluxul energetic în procesul de comandă și control care se determină cu relația:

$$\sum W_C = \sum W_{cC} + W_{pC}. \tag{3.23}$$

Consumul de energie electrică depind direct de volumul de lapte colectat la PCL și timpul de funcționare a proceselor de răcire a AFI și a laptelui care matematic poate fi exprimat după cum urmează:

$$\sum W_{cC} = W_{Cvent} + W_{CP} + W_{CV} + W_{CST} + W_{CIFA}, \quad (3.24)$$

unde W_{Ccvent} este energia electrică consumată la comanda cu ventile, (kWh); W_{CP} - energia electrică consumată la comanda pompei AFI, (kWh); W_{CV} - energia electrică consumată la comanda ventilatorului, (kWh); W_{CST} - energia electrică consumată la comanda senzorilor termici, (kWh);W_{CIFA} - energia electrică consumată la comanda IFFA, (kWh); W_{pC} - pierderile de energie electrică transformate în energie termică la funcționarea elementelor de comandă, (kWh).

- fluxul energetic din procesul de pompare a laptelui din cisterna de transportare în rezervorul de răcire și invers, proces care nu depinde de parametrii termici și perioada anului și nu influențează bilanțul energetic:

$$\sum W_{PL} = W_{cPL} + W_{pPL}, \quad (3.25)$$

unde W_{cPL} este energia electrică consumată de pompa de lapte, (kWh); W_{pPL} - pierderile electrice în procesul de pompare a laptelui, (kWh).

Bilanțul energetic generalizat pentru instalația ecologică de răcire a laptelui propusă spre implementare la punctele de colectare a laptelui în nordul Republicii Moldova se prezintă sub forma:

$$\sum W_P + \sum W_R + \sum W_M + \sum W_C + \sum W_{PRL} = \sum W_{cP} + \sum W_{cR} + \sum W_{cC} + W_{cPL} + \\ + \sum W_{pP} + \sum W_{pR} + W_{pM} + W_{pC} + W_{pPRL}. \quad (3.26)$$

Calculele componentelor ecuației bilanțului energetic se efectuează în baza parametrilor nominali ai echipamentelor electrice ale instalație ecologice de răcire a laptelui și a celor auxiliare din punctul de colectare.

Implementarea instalației ecologice la PCL cu utilizarea frigului natural în procesul de răcire permite reducerea consumul de energie electrică datorită puterii instalate a echipamentelor implicate la răcirea cu frig natural mult mai mică comparativ cu puterea instalata a instalației frigorifice cu frig artificial.

În Fig. 3.19 este prezentată schema generalizată a fluxurilor energetice pentru procesul de răcire a laptelui pe întreg anul, utilizând frigul natural și artificial.

Instalația ecologică propusă are un consum anual de energie electrică redus în comparație cu instalațiile frigorifice existente la PCL, datorită regimurilor de funcționare sezoniere.

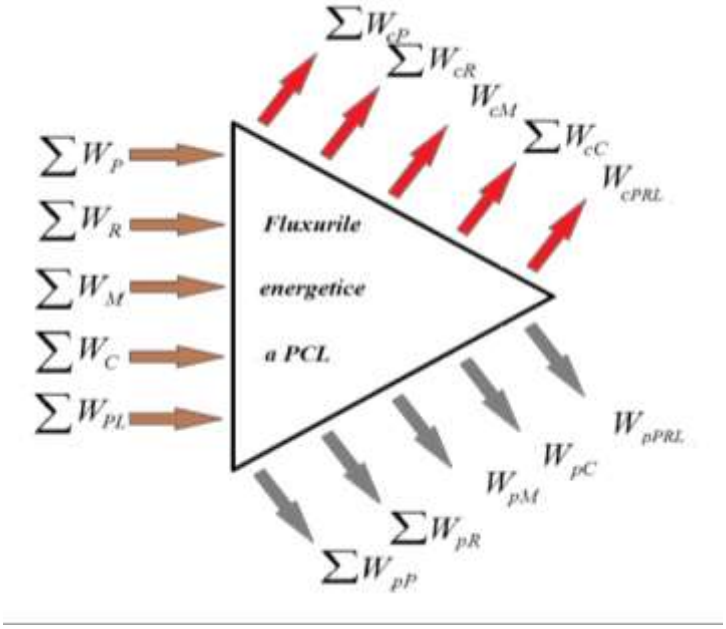


Fig. 3.19. Schema generalizată a fluxurilor energetice pentru procesul de răcire a laptelui pe parcursul întregului an la PCL

Pentru comparație în Tabelul 3.1 sunt prezentați parametrii nominali ai instalației clasice din PCL de tip JAPY tech -700 și parametrilor calculați ai echipamentelor electrice pentru elaborarea instalației ecologice cu eficiență energetică sporită.

Pentru stabilirea consumului de energie electrică a echipamentelor electrice din punctul de colectare a laptelui se stabilesc următoarele relații.

Pentru determinarea consumului și pierderilor de energie electrică a pompei de agent frigorific intermediar:

$$W_{cP} = P_{1p} \cdot \eta_p \cdot T_{fp}, \tag{3.27}$$

$$W_{pP} = (P_{1p} - P_{1p} \cdot \eta_p) \cdot T_{fp} = \Delta P_p \cdot T_{fp}, \tag{3.28}$$

unde P_{1p} este puterea nominală de intrare a pompei de AFI, (kW); η_p - randamentul pompei de AFI; T_{fp} - durata de funcționare a pompei, (h).

Durata de funcționare se stabilește în dependență de regimul de lucru.

Calculul consumul de energie electrică și a pierderilor pentru răcirea AFI în dependență de regimul de funcționare se elaborează pentru instalația frigorifică cu frig artificial sau pentru Ventilator în cazul răcirii AFI cu frig natural:

$$W_{RIFA} = P_{1MIF} \cdot \eta_{MIF} \cdot T_{fIFA}, \tag{3.29}$$

$$W_{pIFA} = (P_{1MIF} - P_{1MIF} \cdot \eta_{MIF}) \cdot T_{fIFA} = \Delta P_{MIF} \cdot T_{fIFA}, \tag{3.30}$$

$$W_{RV} = P_{1MV} \cdot \eta_{MV} \cdot T_{fV}, \quad (3.31)$$

$$W_{pEV} = (P_{1MV} - P_{1MV} \cdot \eta_{MV}) \cdot T_{fV} = \Delta P_{MV} \cdot T_{fV}, \quad (3.32)$$

unde P_{1MIF} este puterea nominală de intrare a motorului compresor IFFA, (kW); η_{MIF}- randamentul motorului compresor IFFA; T_{fIFA}- durata de funcționare a IFFA, (h); P_{1MV}- puterea nominală de intrare a motorului ventilatorului, (kW); η_{MV}- randamentul motorului ventilatorului; T_{fV}- durata de funcționare a ventilatorului, (h).

Analogic se efectuează calculul consumului de energie electrică pentru motorul agitatorului care este în acțiune în procesul de răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar și a consumului pompei de lapte care este destinată pompării laptelui, în și din rezervorul capacitiv a instalației de răcire:

$$W_{cM} = P_{1M} \cdot \eta_M \cdot T_{fM}, \quad (3.33)$$

$$W_{pM} = (P_{1M} - P_{1M} \cdot \eta_M) \cdot T_{fM} = \Delta P_M \cdot T_{fM}, \quad (3.34)$$

$$W_{cPL} = P_{1PL} \cdot \eta_{PL} \cdot T_{fPL}, \quad (3.35)$$

$$W_{pPL} = (P_{1PL} - P_{1PL} \cdot \eta_{PL}) \cdot T_{fPL} = \Delta P_{PL} \cdot T_{fPL}, \quad (3.36)$$

unde P_{1M} este puterea nominală de intrare a motorului mestecătorului, (kW); η_M- randamentul motorului mestecătorului; T_{fM}- durata de funcționare a mestecătorului, (h); P_{1PL}- puterea nominală de intrare a pompei de lapte, (kW); η_{PL}- randamentul pompei de lapte; T_{fPL}- durata de funcționare a pompei de lapte, (h).

Tabelul 3.1. Parametrii nominali ai echipamentului electric a IFFA și ai instalației ecologice

Denumirea echipamentului electric	IFFA tip JAPY tech -700		Instalația ecologică cu eficiență energetică sporită	
	Puterea nominală P_1, kW	Randamentul	Puterea nominală P_1, kW	Randamentul
Motorul compresorului	3.0	0.78	3.0	0.78
Pompa AFI Tip GRS 15/6 (1.2-3.0 m^3/h)	0.093	0.86	0.093	0.86
Ventilator (cu motor АЛ12-4У)	-	-	0.180	0.8
Mestecător de lapte	0.08	0,65	0.08	0.65
Panoul de comanda	0.02	0.9	0.02	0.9
Pompa de lapte	1.0	0,85	1.0	0.85

Ținând cont de consumul mic al sistemului de comandă, calculul consumului de energie electrică și a pierderilor poate fi neglijat sau efectuat cu aproximație utilizând relațiile:

$$W_{cC} = 0.005 \cdot N_E, \quad (3.37)$$

$$W_{pC} = 0.1 \cdot W_{cC}, \tag{3.38}$$

unde N_E este numărul echipamentelor electrice ce funcționează concomitent în procesul de răcire; Indicatorul 0.005 –este puterea consumată de un grup de echipamente comandate (kW).

3.6. Studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig natural

Din punct de vedere economic, dar și ecologic, procesul de răcire cu frig natural este cel mai avantajos datorită fluxurilor energetice scăzute și lipsei freonilor, care dăunează mediului înconjurător. Însă, acest regim de răcire, este unul sezonier și poate fi utilizat la anumite condiții climaterice. Pentru Republica Moldova, utilizarea frigului natural este posibil între lunile ianuarie-aprilie și octombrie –decembrie [7].

Energia electrică consumată de la sursă în regimul menționat depinde de temperatura mediului înconjurător, aceasta având influință directă asupra timpului de funcționare a instalației în procesul de răcire.

În regimul de răcire a AFI cu frig natural sunt prezenți trei consumatori de energie electrică, Fig. 3.20, pompa de AFI, ventilatorul și panoul de comandă. Durata procesului de răcire a agentului frigorific intermediar cu frig natural depinde de productivitatea pompei de AFI raportată la productivitatea ventilatorului și de temperatura mediului ambiant.

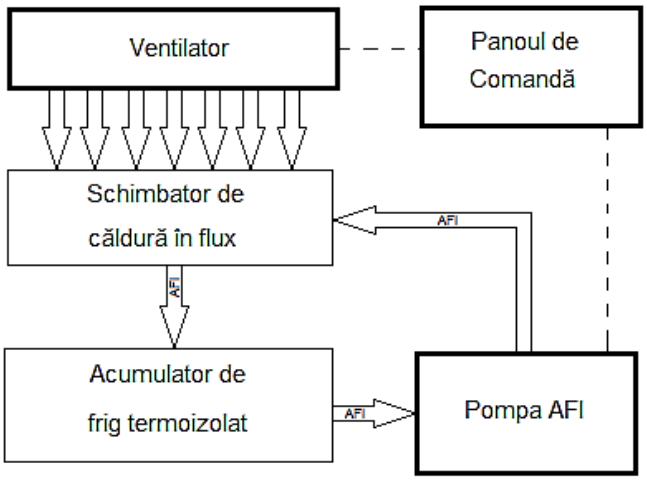


Fig. 3.20. Răcirea agentului frigorific intermediar cu frig natural

Bilanțul energetic a pompei de AFI se prezintă ca suma de energie electrică consumată de pompă și pierderile de energie a procesului de transformare a energiei electrice în energie mecanică pentru circulația AFI:

$$\sum W_P = W_{PN} + W_{pEN}. \tag{3.39}$$

Stabilirea fluxurilor de energie electrică a ventilatorului este identic cu cel al pompei, având la bază puterea nominală a ventilatorului, randamentul și durata de funcționare:

$$\sum W_R = W_{RV} + W_{pEV}. \tag{3.40}$$

Consumul de energie electrică în procesului de comandă, comparativ cu cel a pompei și ventilatorului, este mult mai mic, axându-se pe consumul de energie electrică a releelor din circuitul electric de comandă a pompei, ventilatorul, ventilelor, senzorilor termici și pe pierderile electrice a circuitului blocului de comandă. Reiese că, pentru comanda echipamentelor electrice implicate în procesul de răcire cu frig natural, fluxul energetic va fi:

$$\sum W_C = \sum W_{cCN} + W_{pC}, \tag{3.41}$$

în care

$$\sum W_{cCN} = W_{Cvent} + W_{CP} + W_{CV} + W_{CST}. \tag{3.42}$$

În baza ecuațiilor bilanțurilor energetice a echipamentelor electrice prezente în procesul de răcire se elaborează schema fluxurilor energetice pentru regimul de răcire a AFI cu frig natural conform Fig. 3.21.

Bilanțul energetic al fluxurilor de energie electrică pentru regimul de răcire cu frig natural se stabilește cu relația

$$\sum W_P + \sum W_R + \sum W_C = W_{PN} + W_{RV} + \sum W_{cCN} + W_{pEN} + W_{pEV} + W_{pC}. \tag{3.43}$$

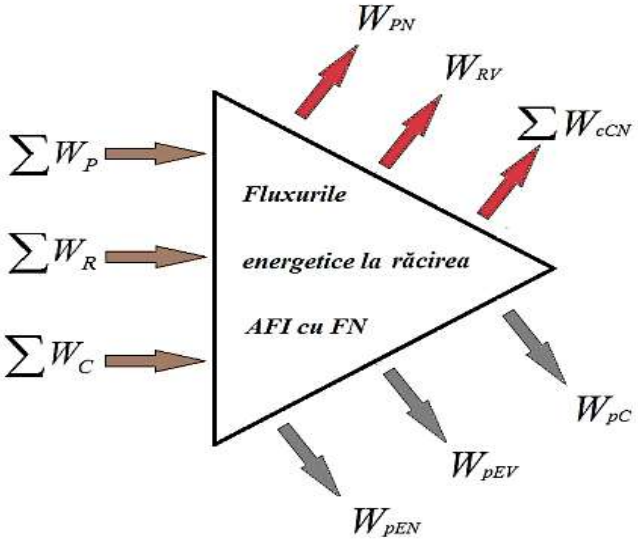


Fig. 3.21. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a AFI cu FN

Din ecuația bilanțului energetic și din rezultatele calculelor cu privire la durata de funcționare a instalației ecologice în regimul de răcire cu FN se stabilește consumul mediu de energie electrică pentru regimul menționat prezentat în Tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Consumul mediu de energie electrică în procesul de răcire a 2.2 m^3 de AFI cu FN

Denumirea echipamentului electric	Regimul de răcire a AFI cu Frig Natural				
	Puterea nominală, (kW)	Durata medie de funcționare (h)	EE consumată din rețea (kWh)	EE consumată de echipament (kWh)	Pierderile de EE (kWh)
Pompa AFI Tip GRS 15/6	0.093	6.1	0.57	0.49	0.08
Ventilator (cu motor АЛ12-4У)	0.180	6.1	1.1	0.88	0.22
Panoul de comandă	0.020	6.1	0.13	0.11	0.02
Total	0.293	6.1	1.8	1.48	0.32

Conform calculelor, pentru răcirea unui volum de 2.2 m^3 de cu frig natural, la temperatura mediului ambiant sub +4^{o}C se vor consuma 1.8 kWh.

3.7. Studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig natural și artificial

Regimul de răcire combinat a AFI cu frig natural și artificial este un regim intermediar care este folosit în perioadele de trecere de la un sezon la altul, când temperatura mediului ambiant are valori cuprinse între +4^{o}C și +6^{o}C.

În regim combinat de răcire a AFI (Fig. 3.22) echipamentul electric funcțional al instalației frigorifice cu consum redus de energie este compus din: motorul compresorului, panoul de comandă, pompa de AFI și ventilatorul.

Fluxurile energetice în regimul combinat de răcire a AFI diferă de cele a regimului de răcire cu frig natural prin apariția fluxurilor de energie suplimentare datorită conectării instalației frigorifice cu frig artificial.

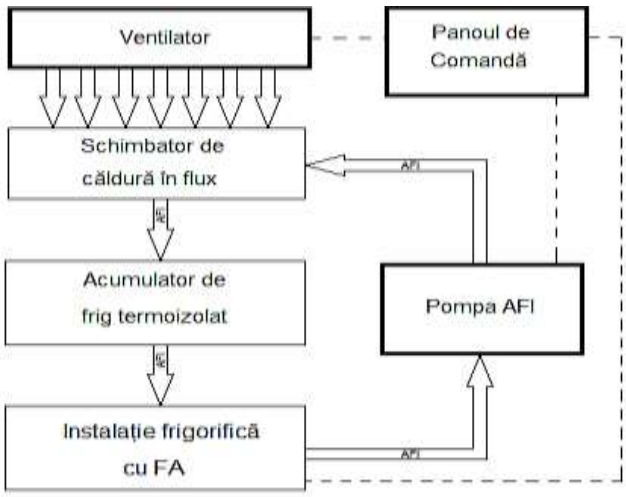


Fig. 3.22. Răcirea agentului frigorific intermediar cu frig natural și artificial

Reieșind din cele menționate ecuațiile fluxurilor energetice pentru regimul combinat vor fi:

- pentru procesul de pompare a AFI

$$\sum W_P = W_{PC} + W_{pEC}, \tag{3.44}$$

- pentru procesul de răcire a AFI

$$\sum W_R = W_{RIFA} + W_{RV} + W_{pIFA} + W_{pEV}, \quad (3.45)$$

- pentru reglarea regimului combinat

$$\sum W_C = \sum W_{cCC} + W_{pC}, \quad (3.46)$$

în care

$$\sum W_{cCC} = W_{CIFA} + W_{Cvent} + W_{CP} + W_{CV} + W_{CST}, \quad (3.47)$$

iar schema fluxurilor energetice pentru regimul combinat va avea forma prezentată în Fig. 3.23.

În baza schemei obținute se elaborează ecuația bilanțului energetic pentru regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu frig artificial și natural:

$$\sum W_P + \sum W_R + \sum W_C = W_{PC} + W_{RIFA} + W_{RV} + \sum W_{cCN} + W_{pEC} + W_{pIFA} + W_{pEV} + \\ + W_{pC}. \quad (3.48)$$

Pentru determinarea consumului mediu de energie electrică în procesul de răcire a 2.2 m^3 de AFI cu frig artificial și natural este necesar de determinat durata medie de funcționare a instalației.

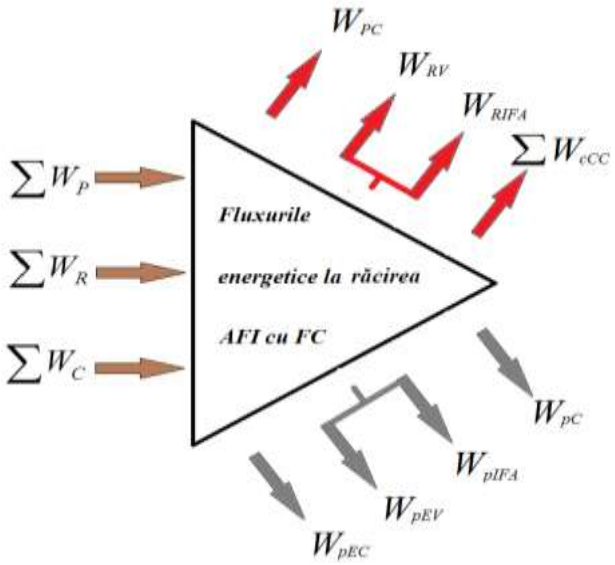


Fig. 3.23. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a AFI cu FC

Conform datelor tehnice a IFFA de 3.0 kW si a celor experimentale, durata medie de răcire a 2.2 m^3 de AFI este de 4.5 h.

În perioada de trecere de la un sezon la altul, când temperatura mediului ambiant are valori cuprinse între +4°C și +6°C, datele experimentale arată că durata de răcire a AFI se reduce la aproximativ 3.5 h. Reieșind din aceasta consumul mediu de energie electrică pentru regimul combinat de răcire a AFI se stabilește conform datelor din Tabelul 3.3.

Tabelul 3.3. Consumul mediu de energie electrică în procesul de răcire 2.2 m^3 de AFI cu FC

Denumirea echipamentului electric	Regimul de răcire a AFI cu Frig Natural și Artificial				
	Puterea nominală, (kW)	Timpul mediu de funcționare (h)	Energia electrică consumată din rețea (kWh)	Energia electrică consumată de echipament (kWh)	Pierderile de energie electrică (kWh)
Motorul compresor	3.0	3.5	10.5	8.19	2.31
Pompa AFI Tip GRS 15/6	0.093	3.5	0.33	0.28	0.05
Ventilator (cu motor АЛ12-4У)	0.180	3.5	0.6	0.5	0.1
Panoul de comandă	0.020	3.5	0.07	0.06	0.01
Total	3.293	3.5	11.50	9.03	2.47

3.8. Studiul fluxurilor energetice în regimul de răcire a agentului frigorific intermediar cu instalația ecologică cu frig artificial

Spre deosebire de instalațiile clasice de răcire a laptelui cu frig artificial și răcire directă, instalația ecologică propusă are un sistem dublu de răcire, mai întâi este răcit AFI care este depozitat în acumulatorul de frig, cu care ulterior este răcit laptele, acest sistem are câteva avantaje:

- reduce riscul de contaminare a laptelui în caz de accident;
- permite răcirea AFI în orice perioadă a zilei, fapt ce permite folosirea tarifelor diferențiate, implementarea sistemelor de energie regenerabilă pentru reducerea consumului de energie electrică din rețeaua de distribuție;
- reduce numărul de conectări a compresorului ceea ce duce la creșterea fiabilității instalației frigorifice.

Pentru regimul de răcire a agentului frigorific cu instalația ecologică cu frig artificial schema funcțională va avea forma din Fig. 3.24.

Echipamentul electric funcțional al instalației frigorifice cu consum redus de energie în regim de răcire a agentului frigorific este motorul compresorului, pampa AIF și panoul de comandă.

În comparație cu regimul combinat la regimul de răcire cu frig artificial procesul este simplificat într-un singur circuit și cu o singură sursă de răcire.

Ecuațiile fluxurilor energetice pentru regimul sezonului cald vor fi:

- pentru procesul de pompare a AFI ecuația rămâne neschimbată și va fi

$$\sum W_P = W_{PA} + W_{pEA}, \tag{3.49}$$

- pentru procesul de răcire a AFI

$$\sum W_R = W_{RIFA} + W_{pIFA}, \tag{3.50}$$

- pentru reglarea regimului de răcire cu frig artificial forma generală rămâne aceeași ca și în cazul regimului combinat

$$\sum W_C = \sum W_{cCA} + W_{pA}, \tag{3.51}$$

iar din ecuația consumul de energie pentru comandă, se exclud fluxurile energetice ale ventilatorului:

$$\sum W_{cCC} = W_{CIFA} + W_{Cvent} + W_{CP} + W_{CST}, \tag{3.52}$$

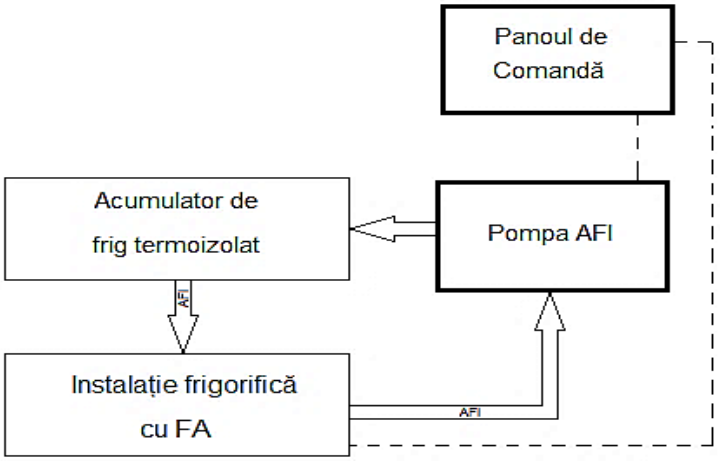


Fig. 3.24. Răcirea agentului frigorific intermediar cu frig artificial

Schema fluxurilor energetice pentru regimul combinat va avea forma din Fig. 3.25.

Ecuația bilanțului energetic pentru regimul de răcire cu frig artificial se prezintă ca

$$\sum W_P + \sum W_R + \sum W_C = W_{PC} + W_{RIFA} + \sum W_{cCN} + W_{pEC} + W_{pIFA} + W_{pC}. \tag{3.53}$$

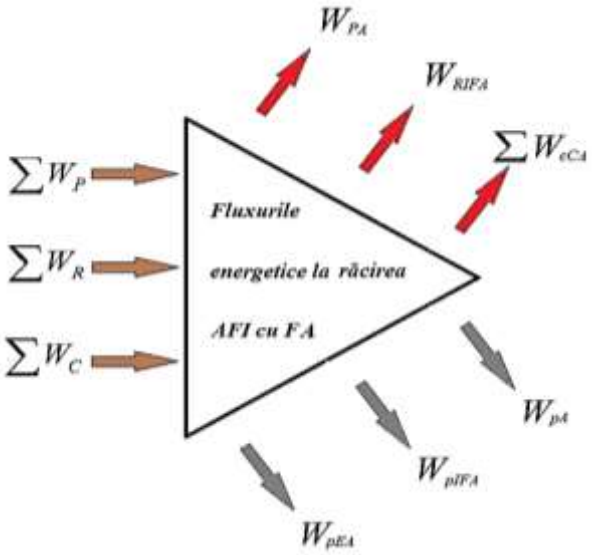


Fig. 3.25. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a AFI cu FA

Consumul mediu de energie electrică pentru răcirea a 2.2 m^3 de agent frigorific intermediar de la temperatura de +14ºC la +4ºC cu frig artificial în perioada caldă a anului, când nu este posibil de folosit frigul natural, s-a determinat prin calcule conform datelor experimentale și tehnice ale instalației frigorifice cu frig artificial. Rezultatele calculelor sunt prezentate în Tabelul 3.4.

Tabelul 3.4. Consumul mediu de energie electrică în procesul de răcire a 2.2 m^3 de AFI cu FA

Denumirea echipamentului electric	Regimul de răcire a AFI cu Frig Artificial				
	Puterea nominală, (kW)	Timpul mediu de funcționare (h)	Energia electrică consumată din rețea (kWh)	Energia electrică consumată de echipament (kWh)	Pierderile de energie electrică (kWh)
Motorul compresor	3.0	4.5	13.50	10.53	2.97
Pompa AFI Tip GRS 15/6	0.093	4.5	0.41	0.35	0.06
Panoul de comandă	0.020	4.5	0.09	0.08	0.01
Total	3.113	4.5	14.0	10.96	3.04

3.9. Studiul fluxurilor energetice în procesul de răcire a laptelui cu AFI din acumulatorul de frig termoizolat

Răcirea laptelui la PCL cu instalația ecologică propusă este una inofensivă datorită faptului că drept agent frigorific se utilizează apa sau saramura care circulă prin pereții vasului capacitiv de răcire a laptelui.

În procesul de răcire a laptelui, conform schemei funcționale din Fig. 3.26, elementele electrice de bază sunt pompa de AFI și mestecătorul de lapte.

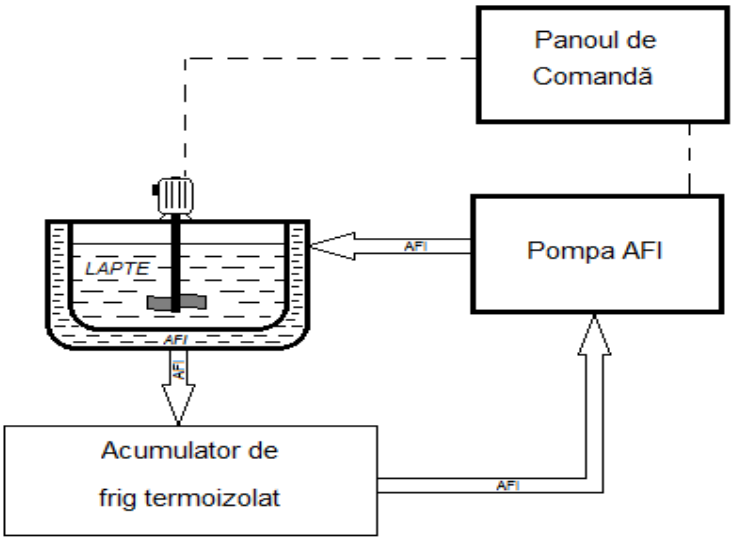


Fig. 3.26. Răcirea laptelui cu agent frigorific intermediar

Fluxurile de energie electrică conform Fig. 3.26 sunt scăzute datorită lipsei compresorului instalației frigorifice cu frig artificial.

Ecuațiile fluxurilor energetice în acest proces sunt următoarele:

- pentru pompare a AFI în procesul de răcire a laptelui

$$\sum W_{P(R)} = W_{PRL} + W_{pERL}, \tag{3.54}$$

- pentru procesul de mestecare și agitare a laptelui în vasul capacitiv

$$\sum W_M = W_{cM} + W_{pM}, \tag{3.55}$$

- pentru comanda regimului de răcire a laptelui

$$\sum W_C = \sum W_{cCC} + W_{pC}, \tag{3.56}$$

în care

$$\sum W_{cCC} = W_{CP} + W_{CM} + W_{Cvent} + W_{CST}, \tag{3.57}$$

În baza ecuațiilor obținute s-a elaborat schema fluxurilor energetice pentru regimul de răcire a laptelui, Fig. 3.27.

Conform cerințelor inițiale și calculelor bazate pe modelele matematice, durata maximă de răcire a laptelui este de 2 h.

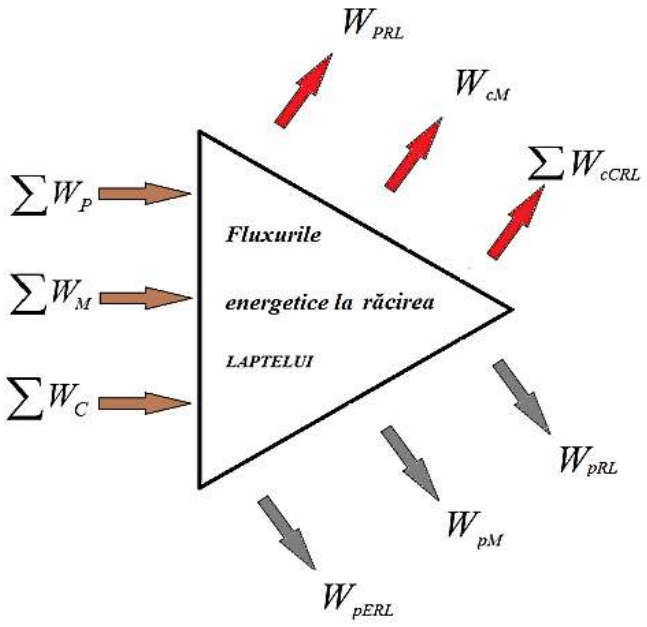


Fig. 3.27. Schema fluxurilor energetice în procesul de răcire a laptelui

Conform calculelor din Tabelul 3.5 s-a stabilit consumul maxim de energie electrică a instalației ecologice în procesul de răcire a laptelui pentru capacitatea totală a vasului de răcire.

Tabelul 3.5. Consumul maxim de energie electrică în procesul de răcire a laptelui

Denumirea echipamentului electric	Regimul de răcire a laptelui				
	Puterea nominală (kW)	Durata medie de funcționare (h)	Energia electrică consumată din rețea (kWh)	Energia electrică consumată de echipament (kWh)	Pierderile de energie electrică (kWh)
Pompa AFI Tip GRS 15/6 (1.2-3.0 m^3/h)	0.093	2.0	0.2	0.16	0.04
Mestecător de lapte	0.08	2.0	0.16	0.10	0.06
Panoul de comandă	0.020	2.0	0.04	0.04	-
Total	0.193	2.0	0.4	0.30	0.10

În Tabelul 3.6 se prezintă calculul consumului estimativ de EE pentru răcirea a 700 l de lapte pentru fiecare regim de funcționare a instalației ecologice propusă spre implementare la PCL

Tabelul 3.6. Consumul estimativ calculat de energie electrică în procesul de răcire a 700 l de lapte

Regimul de răcire	Consumul estimativ de energie electrică pentru răcirea a 2.2 m^3 de AFI (kWh)	Consumul estimativ de energie electrică pentru răcirea laptelui (kWh)	Consumul estimativ de energie electrică pentru întreg procesul de răcire a 700 litri de lapte (kWh)
Cu FN	1.8	0.4	2.2
Cu FC	11.5	0.4	11.9
Cu FA	14.0	0.4	14.4

Consumul estimativ de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu instalația ecologică propusă va fi

$$E_{1000A} = \frac{1000 \cdot E_{700A}}{700} = \frac{1000 \cdot 14.4}{700} = 20.6kWh, \quad (3.58)$$

$$E_{1000C} = \frac{1000 \cdot E_{700C}}{700} = \frac{1000 \cdot 11.9}{700} = 17.0kWh, \quad (3.59)$$

$$E_{1000N} = \frac{1000 \cdot E_{700N}}{700} = \frac{1000 \cdot 2.2}{700} = 3.2kWh. \quad (3.60)$$

Conform datelor obținute de la administratorii PCL din nordul republicii consumul mediu de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu o instalație frigorifică clasică cu freon cu răcire directă este de cca 21 kWh [52].

Comparând cu datele obținute pentru regimurile de funcționare a instalației frigorifice ecologice propusă spre implementare avem:

- în procesul de răcire cu frig natural consumul de energie electrică se reduce de 6.5 ori;
- în procesul de răcire cu frig combinat consumul de energie electrică se reduce de cca 1.2 ori;

- în procesul de răcire cu frig artificial diferența de consum poate fi neglijată, avantajul de bază a instalației ecologice în acest caz este că agentul frigorific intermediar poate fi răcit pe timp de noapte, utilizând tarifele la energia electrică diferențiate, care ar oferi o economisire financiară de până 40 la sută.

3.10. Determinarea perioadei de utilizare a frigului natural în procesul de răcire a laptelui la punctele de colectare din nordul țării

Având în vedere că peste 84 la sută din punctele de colectare a laptelui din țară se află în nordul Republicii Moldova, și funcționarea instalației ecologice propuse cu folosirea frigului natural începe la temperaturi de sub +6°C, s-au analizat datele statistice cu privire la temperaturile aerului atmosferic pentru șapte luni ale anilor 2017, 2018, 2019, 2020 și 2021 cu stabilirea numărului de zile și nopți cu temperaturi sub +6°C, pentru determinarea duratei de utilizare a instalației ecologice cu frig combinat și sub +4°C pentru determinarea duratei de utilizare a instalației ecologice cu frig natural.

În Tabelul 3.7 se prezentă numărul de zile în care ar fi putut fi utilizată instalația ecologică cu eficiență energetică sporită, destinată punctelor de colectare a laptelui din nordul Republicii Moldova.

Conform datelor din Tabelul 3.7 se stabilește durata medie de utilizare a instalației:

- durata medie de utilizare a frigului natural poate fi determinată cu relația:

$$N_{mnFN} = \frac{\sum N_{a4}}{n_{ani}}, \tag{3.61}$$

unde $\sum N_{a4}$este suma numărului de zile sau nopți pentru fiecare an cu temperaturi sub +4°C; n_{ani}- numărul de ani luat în calcul.

Pentru ultimii cinci ani durata medie de utilizare a instalației:

- în regim de răcire cu frig natural pe timp de noapte este

$$N_{mnFN} = \frac{\sum N_{a4n}}{n_{ani}} = \frac{174 + 135 + 138 + 130 + 141}{5} = 144 nopti, \tag{3.62}$$

- în regim de răcire cu frig natural pe timp de zi este

$$N_{mzFN} = \frac{\sum N_{a4z}}{n_{ani}} = \frac{93 + 78 + 65 + 79 + 93}{5} = 82 zile. \tag{3.63}$$

Pentru determinarea funcționării instalației în regim combinat din Tabelul 3.7 se extrag datele pentru temperaturile de sub +6°C și se scad datele cu temperaturi de sub +4°C, relația va avea forma:

$$N_{mnFC} = \frac{\sum N_{a6} - \sum N_{a4}}{n_{ani}}, \tag{3.64}$$

unde $\sum N_{a6}$ este suma numărului de zile sau nopți pentru fiecare an cu temperaturi sub +6°C.

Tabelul 3.7. Numărul de zile și nopți cu temperaturi t<4°C și t<6°C [108]

ANUL	Temperatura	Perioada zilei	Numărul de zile în luna, N_z							
			Ianuarie	februarie	martie	aprilie	octombrie	noiembrie	decembrie	Total
2017	$t<+4\,^oC$	noapte (20:00-8:00)	31	28	27	17	17	28	26	**174**
	$t<+6\,^oC$		31	28	29	20	23	30	31	**192**
	$t<+4\,^oC$	24h	26	20	0	0	0	23	24	**93**
	$t<+6\,^oC$		29	21	0	0	0	25	29	**104**
2018	$t<+4\,^oC$	noapte (20:00-8:00)	31	26	19	3	5	20	31	**135**
	$t<+6\,^oC$		31	28	26	5	8	23	31	**152**
	$t<+4\,^oC$	24h	19	22	6	0	0	6	25	**78**
	$t<+6\,^oC$		21	24	9	0	0	9	27	**90**
2019	$t<+4\,^oC$	noapte (20:00-8:00)	31	28	23	9	5	13	29	**138**
	$t<+6\,^oC$		31	28	26	12	6	15	30	**148**
	$t<+4\,^oC$	24h	26	16	15	0	0	2	6	**65**
	$t<+6\,^oC$		28	19	21	0	0	3	12	**83**
2020	$t<+4\,^oC$	noapte (20:00-8:00)	29	22	22	8	4	16	29	**130**
	$t<+6\,^oC$		31	29	26	11	6	20	31	**154**
	$t<+4\,^oC$	24h	24	12	16	0	0	7	20	**79**
	$t<+6\,^oC$		25	15	22	0	0	8	22	**92**
2021	$t<+4\,^oC$	noapte (20:00-8:00)	30	28	24	10	7	14	28	**141**
	$t<+6\,^oC$		31	28	27	14	8	17	31	**156**
	$t<+4\,^oC$	24h	25	23	17	1	0	5	22	**93**
	$t<+6\,^oC$		27	26	19	3	0	7	25	**107**

Atunci durata media anuală de utilizare a instalației:

- în regim de răcire cu frig combinat pe timp de noapte este

$$N_{mnFC} = \frac{\sum N_{a6n} - \sum N_{a4n}}{n_{ani}} = \frac{802 - 718}{5} = 17 nopti, \tag{3.65}$$

- în regim de răcire cu frig combinat pe timp de zi este

$$N_{mzFC} = \frac{\sum N_{a6z} - \sum N_{a4z}}{n_{ani}} = \frac{476 - 408}{5} = 14 zile. \tag{3.66}$$

Atunci coeficientul anual de utilizare a instalației se va calcula cu relația 3.67, rezultatele fiind prezentate în Tabelul 3.8:

$$K_{an} = \frac{N_{m...}}{n_{az}}, \tag{3.67}$$

unde $N_{m...}$ este numărul mediu de zile cu privire la utilizare a instalației pe timp de noapte sau zi pentru fiecare regim; n_{az}- numărul de zile ale anului – 365.

Reieșind din faptul că intervalul dintre turele de colectare în perioada rece a anului este de aproximativ 12 h, durata de colectare de maxim 3 h și cea de răcire a laptelui de 2 h, durata liberă între aceste procese este de minim 7 h, timp utilizat pentru răcirea AFI.

Aceste condiții permit folosirea instalației doar pe timp de noapte. Din calculele anterioare se cunoaște că utilizarea instalației în regim de răcire cu frig natural reduce consumul de energie electrică de 6.5 ori față de răcirea cu frig artificial, iar în regim combinat de 1.2 ori.

Tabelul 3.8. Coeficientul anual de utilizare a instalației propuse pe timp de noapte și zi în regim de răcire cu FN și FC

Coeficientul	Noapte $t<+4^oC$	Zi $t<+4^oC$	Noapte $t<+6^oC$	Zi $t<+6^oC$
K_{an}	0.39	0.22	0.05	0.04

Din rezultatele obținute coeficientul de reducere a consumului anual a energiei electrice în raport cu instalațiile frigorifice clasice și cea propusă spre implementare la PCL din nordul RM va fi:

$$k_{efic} = (1 - K_{an4n} - K_{an6n}) + \frac{K_{an4n}}{6.5} + \frac{K_{an6n}}{1.2}, \tag{3.68}$$

unde K_{an4n},K_{an6n} sunt coeficienții anuali de utilizare a instalației pe timp de noapte la temperaturi sub +4ºC și +6ºC.

Utilizând datele din Tabelul 3.8, coeficientul $k_{efic} = 0.66$, fapt ce indică că utilizarea instalației frigorifice ecologice la PCL va reduce consumul mediu anual de energie electrică cu 34%.

Concluzii la capitolul 3

1. S-au elaborat grafurile automate și algoritmele de funcționare pentru procesul de răcire a agentului frigorific intermediar care permit montarea schemei electrice pentru automatizarea procesului de răcire, trecând de la un regim la altul, în dependență de temperatura mediului și a agentului frigorific intermediar, asigurând răcirea acestuia până la temperaturi sub +4ºC.

2. S-a elaborat graful automat și a algoritmul de funcționare a regimului de răcire a laptelui cu agent frigorific intermediar, care permite desfășurarea procesului de răcire a laptelui prin monitorizarea temperaturii laptelui, asigurând răcirea acestuia până la temperatura prestabilită de păstrare de sub +6ºC.

3. Analiza fluxurilor de energie electrică a echipamentelor electromecanice din PCL permite stabilirea consumului estimativ și a pierderilor de energie electrică pentru fiecare echipament acționat electric în parte, în dependență de durata de funcționare a acestuia, dar și stabilirea consumului de energie pentru funcționarea acestora în comun în dependență de regimul de răcire. Pentru instalația propusă s-a stabilit că consumul de energie electrică pentru răcirea a 2.2 m^3 de agent frigorific intermediar de la temperatura de +14 ^oC până la +4^oC, cu ulterioara răcire a 700 litri de lapte de la temperatura de +19^oC la +6^oC, este de: 2.2 kWh cu frig natural, la temperatura atmosferică de +2^oC; 11.9 kWh cu frig combinat, la temperatura atmosferică cuprinsă între +4 ... +6^oC; 14.0 kWh cu frig artificial, la temperatura atmosferică mai mare de +6^oC.

4. S-au analizat datele statistice cu privire la temperaturile aerului atmosferic pentru șapte luni ale anilor 2017, 2018, 2019, 2020 și 2021 și s-a stabilit că durata medie de utilizare a frigului natural este de 39 % pe an, iar cea de utilizare a frigului combinat de 5%. Totodată s-a stabilit că consumul anual de energie electrică la răcirea laptelui prin metoda propusă se va reduce, în mediu, cu 34 %.

4. CERCETAREA INSTALAȚIEI ECOLOGICE PENTRU RĂCIREA LAPTELUI CU CONSUM REDUS DE ENERGIE ELECTRICĂ LA PUNCTELE DE COLECTARE CA OBIECT DE DIRIJARE

4.1. Contribuții la modernizarea instalațiilor frigorifice de răcire a laptelui pentru PCL din Republica Moldova

Evaluarea posibilității folosirii frigului natural în procesul de răcire a laptelui la PCL din țară prin reutilarea instalațiilor cu frig artificial și consum major de energie electrică rămâne a fi actuală datorită crizei energetice și cerințelor ecologice tot mai stricte. Reutilarea instalațiilor prin implementarea frigului natural duc la reducerea utilizării freonilor și a consumului de energie electrică, lucru confirmat de mai mulți cercetători din țară și din străinătate [68 ... 74].

Pentru a justifica aplicarea metodologiei de calcul și a modelelor matematice, s-a elaborat mostra experimentală a instalației ecologice pentru răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică în două etape de răcire, răcirea AFI și răcirea laptelui, utilizând frigul natural și artificial.

Instalația frigorifică experimentală a fost elaborată la PCL administrat de GȚ ”Harabari Andrei Victor”, care constă din două părți, partea din exteriorul PCL destinată răcirii sezoniere a AFI cu frig natural (Fig. 4.1) și cea din interior, care este destinată, atât răcirii AFI, cât și răcirii laptelui (Fig. 4.2).

Pentru confecționarea instalației experimentale (Anexa 1) s-au utilizat materiale moderne de calitate, cu rezistență la uzură, care respectă cerințele mediului de lucru pentru sistemele de răcire. Parametrii tehnici ai instalației sunt prezentați în Tabelul 4.1.

Tabelul 4.1. Parametrii tehnici ai instalației experimentale de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică

Puterea instalată a IFFA	kW	3.0
Volumul vasului capacitiv de răcire a laptelui	l	700
Puterea pompei Tip GRS 15/6 de AFI 3.0 m^3/h 1.9 m^3/h 1.2 m^3/h	kW	 0.093 0.060 0.040
Puterea motorului ventilatorului	kW	0.180
Volumul acumulatorului de frig	m^3	2.2
Dimensiunile radiatorului	m	L_z=0.656; L_h=0.686; L=0,091
Volumul radiatorului	l	7.5
Furtun d32	m	18
Ventile d32	buc	5
Conector furtun forma T	buc	5

Pentru evaluarea sistemului de răcire propus trebuie de luat în considerare următorii parametri:

- valorile aleatorii ale temperaturii aerului din exterior;
- valori aleatorii ale temperaturii laptelui la primire în PCL;
- valori aleatorii ale temperaturilor AFI la intrarea și ieșirea schimbătorului de căldură în flux (radiatorului);
- valori aleatorii ale temperaturilor AFI la intrarea și ieșirea schimbătorului de căldură capacitiv;
- debitul pompei de AFI în procesul de răcire a agentului frigorific intermediar;
- debitul pompei de AFI în procesul de răcire a laptelui;
- durata de lucru a proceselor de răcire.

Studiile experimentale permit confirmarea calculelor teoretice cu privire la:

- durata de răcire a agentului frigorific;
- durata de răcire a laptelui;
- stabilirea raportului dintre volumul necesar de aer și volumul agentului frigorific intermediar care este răcit prin schimbătorul de căldură în flux;
- stabilirea raportului dintre volumul necesar de agentului frigorific intermediar volumul de lapte răcit în schimbătorul capacitiv;
- reducerea consumului de energie electrică.

În Fig. 4.1 este prezentată partea exterioară a instalației experimentale ecologice cu consum redus de energie electrică care este destinată răcirii agentului frigorific intermediar (apa sau saramura), alcătuită dintr-un schimbător de căldură, ventilator cu motor, senzor de temperatură și furtune de conexiune cu acumulatorul de frig.

Fig. 4.1. Partea exterioară a instalației ecologice experimentale cu consum redus de energie electrică

Această parte a instalației este utilizată doar în perioada rece a anului, când temperatura mediului ambiant este sub +6^{o}C.

Partea instalației din interiorul PCL este prezentată în Fig. 4.2 și este alcătuită din următoarele componente de bază – instalația frigorifică cu frig artificial, pompa de agent frigorific intermediar, acumulatorul de frig și schimbătorul de căldură capacitiv destinat răcii laptelui.

Fig. 4.2. Partea interioară a instalației ecologice experimentale cu consum redus de energie electrică

Instalația experimentală a fost utilizată pe parcursul anului 2021 la punctul de colectare a laptelui GȚ ”Harabari Andrei Victor” din raionul Dondușeni, s. Corbu , datele de consum lunar a energiei electrice pentru răcirea laptelui și a volumului de lapte colectat și răcit la PCL sunt prezentate în Anexa 5.

Pentru stabilirea consumului specific real de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte s-au monitorizat parametrii variabili care influențează durata de răcire a agentului frigorific intermediar și a laptelui în perioada 21.11.2021-27.11.2021, agentul frigorific intermediar supus răcirii a fost înlocuit în prima zi de evaluare cu temperatura inițială de +14^{o}C, datele obținute sunt prezentate în Tabelul 4.2.

Datele practice obținute în decursul a șapte zile consecutive cu temperaturi ale mediului ambiant cuprinse între -4^{o}C și +3^{o}C arată că consumul specific de energie electrică pentru răcirea a o mie de litre de lapte colectat este cuprins între 2.6 - 3.5 kWh, ceea ce confirmă corectitudinea calculelor analitice din capitolul 3 unde s-a obținut consumul specific de energie electrică de 3.2 kWh pentru întreg procesul de răcire a o mie de litri de lapte la temperatura mediului ambiant de + 2^{o}C.

Tabelul 4.2. Consumului specific real de energie electrică la PCL în perioada rece a anului cu temperatura mediului ambiant <4ºC

Perioada de monitorizare	21.11.2021	22.11.2021	23.11.2021	24.11.2021	25.11.2021	26.11.2021	27.11.2021
Temperatura mediului ambiant, ºC	-1	+3	+2	0	-2	+1	-4
Temperatura inițială a AFI, ºC	+14	+10	+10	+9	+8	+10	+8
Durata de răcire a AFI până la temperatura finală de +4ºC	4.25	5.0	4.75	3.75	3.5	4.0	3.33
Volumul de lapte colectat și răcit în două ture, mii litri	0.52	0.49	0.53	0.51	0.5	0.53	0.48
Temperatura inițială a laptelui în tura I, după mestecarea cu laptele din tura II din ziua precedentă, ºC	+13	+15	+14	+13	+12	+14	+11
Temperatura inițială a laptelui în tura II, ºC	+18	+20	+20	+19	+18	+19	+17
Durata de răcire a laptelui din două ture	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5	1.4
Consumul zilnic de energie electrică, kWh	1.5	1.7	1.7	1.4	1.3	1.5	1.3
Consumul specific de energie electrică, kWh/1000 litri	2.9	3.5	3.2	2.7	2.6	2.8	2.7

Rezultatele evaluării pe parcursul anului 2021a indicilor energetici la PCL administrat de GȚ ”Harabari Andrei Victor” sunt indicate în Tabelul 4.3.

Tabelul 4.3. Rezultatele evaluării indicilor energetici ai instalației frigorifice experimentale

Regimurile de răcire a laptelui în dependență de perioada anului	Indicii experimentali						Indicii calculați	
	Temperatura mediului înconjurător ºC	Temperatura inițială a laptelui ºC	Temperatura laptelui răcit ºC	Durata de funcționare, h	Puterea, kW	Energia consumată, kWh	Volumul laptelui răcit, litri	Consumul specific de energie electrică, kWh/1000l
Procesul de răcire a laptelui cu frig natural (în perioada rece)	0 +2	+19	+6	7.6	0.29	2.2	700	3.2
Procesul de răcire a laptelui cu frig artificial (în perioada rece)	0 +2	+19	+6	4.7	3.0	14.1	700	20.1
Procesul de răcire a laptelui cu frig combinat (în perioada tranzitorie)	+4 +6	+25	+6	3.7	3.3	12.2	700	17.4
Procesul de răcire a laptelui cu frig artificial (în perioada caldă)	+25	+29	+6	4.8	3.0	14.4	700	20.6

Indicii energetici obținuți în baza datelor experimentale indică o reducere a consumului de energie electrică în perioada rece a anului de 6.4 ori, iar în perioada tranzitorie dintre anotimpuri de 1.2 ori.

Utilizarea instalației frigorifice propusă poate aduce beneficii economice și în perioada caldă a anului, datorită faptului că răcirea agentului frigorific se poate realiza pe timp de noapte, utilizând tariful diferențiat la energia electrică, redus cu 40 de procente.

4.2. Studiul eficienței tehnico-economice în procesul de răcire a laptelui cu utilizarea instalației ecologice cu consum redus de energie electrică la punctele de colectare

Eficiența economică din procesul de utilizare a unei instalații ecologice de răcire a laptelui cu consum redus de energie electrică se formează prin reducerea costurilor de exploatare, prin efectuarea reviziilor obligatorii a aparatelor și utilajelor electrice din circuitele funcționale a instalației pentru reducerea riscurilor de avarie [110] și prin reducerea consumului de energie electrică, cu respectarea Normelor de securitate la exploatarea instalațiilor electrice (NE1-02:2019), aprobate prin Hotărârea Consiliului de Administrare al ANRE nr. 394/2019 din 01.11.2019.

Pentru calcularea eficienței economice la PCL au fost stabilite datele inițiale de calcul pentru perioada anului 2021 care sunt prezentate în Tabelului 4.4.

Tabelul 4.4. Datele inițiale cu privire la calculul eficienței economice a instalației ecologice raportată la instalația cu frig artificial

Denumirea	u/m	Tipul Instalației frigorifice	
		JAPY tech -700	consum redus de energie electrică
Capacitatea instalației frigorifice	l	700	700
Durata de exploatarea a instalației	Ani	8	8
Investiții capitale pentru sistemul de răcire clasic cu frig artificial	Lei	30000	30000
Investiții capitale pentru implementarea sistemului de captare și depozitare a frigul natural (Anexa 2)	Lei	-	6100
Coeficientul normativ a deducerilor pentru întreținerea curentă	-	0.048	-
Coeficientul normativ a deducerilor pentru reparațiile capitale	-	0.038	-
Prețul la energia electrică pentru un kWh	lei	2.04	2.04
Coeficientul normativ a deducerilor pentru amortizare	%	0.125	-
Volumul mediu anual de lapte colectat la PCL	l	167000	167000

Ratele normative de deducere a cheltuielilor de exploatare a instalației frigorifice clasice cu frig artificial sunt stabilite conform literaturii de specialitate [97].

Raportul investițiilor capitale se calculează cu expresia

$$K_{iK} = \frac{I_{IFN}}{I_{IFA}} = \frac{I^{I}{}_{IFN} + I_{IFA}}{I_{IFA}}, \quad (4.1)$$

unde I_{IFA} este investiții capitale pentru sistemul de răcire clasic cu frig artificial, (lei); $I^{I}{}_{IFN}$- investiții capitale pentru implementarea sistemului de captare și depozitare a frigul natural, (lei); I_{IFN}- investiții capitale pentru sistemul de răcire ecologic cu consum redus de energie electrică folosind frigul natural și artificial (lei).

Determinarea eficienței economice anuale se efectuează prin compararea costurilor suportate pentru răcirea laptelui la PCL cu o instalație clasică de răcire cu frig artificial și a costurilor de răcire cu o instalație frigorifică care are la bază un sistem de răcire cu consum redus de energie electrică utilizând frigul natural și artificial [97]:

$$E_{ef} = C_a - C_n, \tag{4.2}$$

în care

$$C_a = K_n \cdot I_{IFA} + C_{exp\,A}, \tag{4.3}$$

$$C_n = K_n \cdot (I^{I}{}_{IFN} + I_{IFA}) + C_{expN}, \tag{4.4}$$

unde C_a reprezintă cheltuielile totale anuale pentru răcirea laptelui cu IFFA, (lei); C_n- cheltuielile totale anuale pentru răcirea laptelui cu instalația frigorifică ecologică, (lei); K_n- coeficientul normativ ($K = 0.15$), [97]; $C_{exp\,A}$ - cheltuielile anuale de exploatare a instalației de răcire a laptelui cu frig artificial existente la PCL, (lei); C_{expN}- cheltuielile anuale de exploatare a instalației de răcire ecologic cu consum redus de energie electrică folosind frigul natural și artificial, (lei).

Cheltuielile anuale de întreținere includ cheltuieli de întreținere curentă, cheltuieli de reparații capitale, cheltuieli de energie electrică și amortizare a mijloacelor fixe:

$$C_{exp\,A} = C_{icA} + C_{rcA} + C_{eeA} + A_A, \tag{4.5}$$

$$C_{exp\,N} = C_{icN} + C_{rcN} + C_{eeN} + A_N, \tag{4.6}$$

Cheltuielile de întreținere curentă:

$$C_{icA} = I_{IFA} \cdot K_T \cdot R_{icA}, \tag{4.7}$$

$$C_{icN} = I_{IFN} \cdot K_T \cdot R_{icN}, \tag{4.8}$$

unde K_T- coeficientul de transfer al cheltuielilor la balanța contabilă $K_T = 1.2$, [97]; R_{icA}- coeficientul normativ al deducerilor pentru întreținere curentă a IFFA; R_{icN}- coeficientul normativ al deducerilor pentru întreținere curentă a instalației cu consum redus de energie electrică.

Cheltuielile de reparație capitală se determină cu relațiile:

$$C_{rcA} = I_{IFA} \cdot K_T \cdot R_{rcA}, \tag{4.9}$$

$$C_{rcN} = I_{IFN} \cdot K_T \cdot R_{rcN}, \tag{4.10}$$

unde R_{rcA} este coeficientul normativ a deducerilor pentru reparații capitale a instalației cu frig artificial; R_{rcN}- coeficientul normativ a deducerilor pentru reparații capitale a instalației cu consum redus de energie electrică.

Costul energiei electrice consumate de echipamentele electrice în procesul de răcire a laptelui la PCL în decursul unui an de exploatare se determină cu relațiile:

$$C_{eeA} = \frac{E_{1000A} \cdot V_{anl} \cdot T_{kW*h}}{1000}, \tag{4.11}$$

$$C_{eeN} = \frac{E_{1000A} \cdot V_{anl} \cdot T_{kW*h}}{1000} \cdot k_{efic}, \tag{4.12}$$

unde E_{1000A} este consumul estimativ de energie pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu IFFA, (kWh); V_{anl} - volumul mediu anual de lapte colectat de PCL, (l); T_{kW*h} - tariful la energia electrică, (lei/kWh); k_{efic} - coeficientul de reducere a consumului anual de energie electrică a instalației ecologice în raport cu instalațiile frigorifice clasice$k_{efic} = 0.66$.

Costul de amortizare a utilajelor frigorifice se determină cu relațiile:

$$A_A = \frac{I_{IFA} \cdot K_T \cdot R_{AA\%}}{100}, \tag{4.13}$$

$$A_N = \frac{I_{IFN} \cdot K_T \cdot R_{AN\%}}{100}, \tag{4.14}$$

unde R_{AA} este coeficientul normativ a deducerilor pentru amortizare a instalației cu frig artificial; R_{AN}- coeficientul normativ a deducerilor pentru amortizare a instalației cu consum redus de energie electrică.

Atunci eficiența economică anuală va fi:

$$E_{ef} = (K_n \cdot I_{IFA} + C_{icA} + C_{rcA} + C_{eeA} + A_A) - (K_n \cdot I_{IFN} + C_{icN} + C_{rcN} + C_{eeN} + A_N). \tag{4.15}$$

Eficiența economică pentru întreaga perioadă de exploatare a instalației ecologice de răcire a laptelui cu frig natural și artificial raportată la rata inflației va fi [97]:

$$E_{eft} = \left(I_{IFA} \cdot \frac{V_{anlA} \cdot K_n + \frac{1}{D_{eA}}}{V_{anlN} \cdot K_n + \frac{1}{D_{eN}}} + \frac{C_a - C_n}{\frac{1}{D_e} + R_i} \right) - I_{IFN}, \tag{4.16}$$

unde R_i este rata inflației, pentru 2021 $R_i = 5.11\% = 0.0511$; D_e, D_{eA}, D_{eN}- durata de exploatare a instalației frigorifice, respectiv cu frig artificial și frig natural. Deoarece:

$$V_{anl} = V_{anlA} = V_{anlN}, \tag{4.17}$$

$$D_e = D_{eA} = D_{eN}, \tag{4.18}$$

atunci relația eficienței economice pentru întreaga perioadă de exploatare va avea forma:

$$E_{eft} = \left(I_{IFA} + \frac{C_a - C_n}{\frac{1}{D_e} + R_i} \right) - I_{IFN}. \quad (4.19)$$

Ratele normative de deducere a cheltuielilor de exploatare a instalației frigorifice clasice cu frig artificial sunt stabilite conform literaturii de specialitate [97].

Raportul investițiilor capitale va fi:

$$K_{iK} = \frac{I_{IFN}}{I_{IFA}} = \frac{36100}{30000} = 1.2, \quad (4.20)$$

și coeficientul anual de utilizare a IFFN, $K_{anfn} = 0.39$.

Se stabilesc ratele normative de deducere a cheltuielilor de exploatare a instalației frigorifice ecologice cu eficiență energetică sporită:

$$R_{icN} = K_{iK} \cdot R_{icA} \cdot \left(1 - K_{anfn}\right) = 1.2 \cdot 0.048 \cdot (1 - 0.39) = 0.0350, \quad (4.21)$$

$$R_{rcN} = K_{iK} \cdot R_{rcA} \cdot \left(1 - K_{anfn}\right) = 1.2 \cdot 0.038 \cdot (1 - 0.39) = 0.0278, \quad (4.22)$$

$$R_{AN} = K_{iK} \cdot R_{AA} \cdot \left(1 - K_{anfn}\right) = 1.2 \cdot 0.125 \cdot (1 - 0.39) = 0.0915, \quad (4.23)$$

În baza datelor inițiale se elaborează calculul pentru ambele instalații:

- întreținerea curentă

$$C_{icA} = I_{IFA} \cdot K_T \cdot R_{icA} = 30000 \cdot 1.1 \cdot 0.0480 = 1584\ lei, \quad (4.24)$$

$$C_{icN} = I_{IFN} \cdot K_T \cdot R_{icN} = 36100 \cdot 1.1 \cdot 0.0350 = 1390\ lei; \quad (4.25)$$

- reparații capitale

$$C_{rcA} = I_{IFA} \cdot K_T \cdot R_{rcA} = 30000 \cdot 1.1 \cdot 0.0380 = 1254\ lei, \quad (4.26)$$

$$C_{rcN} = I_{IFN} \cdot K_T \cdot R_{rcN} = 36100 \cdot 1.1 \cdot 0.0278 = 1104\ lei; \quad (4.27)$$

- consumul anual de energie electrică

$$C_{eeA} = \frac{E_{1000A} \cdot V_{anl} \cdot T_{kW*h}}{1000} = \frac{21 \cdot 167000 \cdot 2.04}{1000} = 7154\ lei, \quad (4.28)$$

$$C_{eeN} = C_{eeA} \cdot k_{efic} = 7154.28 \cdot 0.66 = 4752 lei; \quad (4.29)$$

- amortizarea

$$A_A = I_{IFA} \cdot K_T \cdot R_{AA} = 30000 \cdot 1.1 \cdot 0.125 = 4125\ lei, \quad (4.30)$$

$$A_N = I_{IFN} \cdot K_T \cdot R_{AN} = 36100 \cdot 1.1 \cdot 0.0915 = 3633\ lei; \quad (4.31)$$

- cheltuielile de exploatare

$$C_{exp\,A} = C_{icA} + C_{rcA} + C_{eeA} + A_A = 1584 + 1254 + 7154 + 4125 = 14117\ lei, \quad (4.32)$$

$$C_{exp\,N} = C_{icN} + C_{rcN} + C_{eeN} + A_N = 1390 + 1104 + 4752 + 3633 = 10879\ lei, \quad (4.32)$$

- cheltuielile anuale

$$C_a = K_n \cdot I_{IFA} + C_{exp\,A} = 0.15 \cdot 30000 + 14117 = 18617\ lei, \quad (4.34)$$

$$C_n = K_n \cdot I_{IFN} + C_{expN} = 0.15 \cdot 36100 + 10879 = 16294\ lei; \quad (4.35)$$

- eficiența economică anuală utilizând instalația frigorifică ecologică cu consum redus de energie electrică va fi:

$$E_{ef} = C_a - C_n = 18617 - 16294 = 2323\ lei. \quad (4.36)$$

Eficiența economică pentru întreaga perioadă de exploatare va fi:

$$E_{eft} = \left(I_{IFA} + \frac{C_a - C_n}{\frac{1}{D_e} + K_i} \right) - I_{IFN} = 48388 - 36100 = 12288\ lei. \quad 4.37)$$

În baza rezultatelor calculelor efectuate s-a elaborat graficul de determinare a perioadei de recuperare a investiției pentru reutilarea instalației cu frig artificial existentă la punctul de colectare a laptelui din s. Corbu r-nul Dondușeni (Fig. 4.3) în instalație ecologică cu consum redus de energie electrică la prețurile anului 2021.

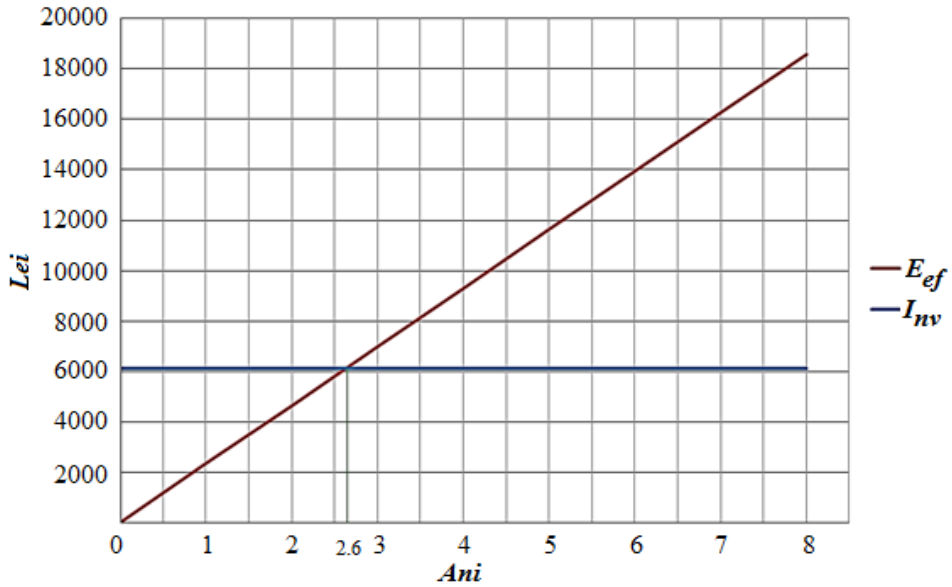


Fig. 4.3. Graficul de determinare a perioadei de recuperare a investiției

Din grafic s-a stabilit că durata de recuperare a investiției pentru reutilarea instalației frigorifice de tip JAPY tech -700 în instalație ecologică de răcire a laptelui este de aproximativ 2.6 ani.

4.3. Studiu de caz cu privire la prerăcirea laptelui în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici pe exemplul PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”

În perioada caldă a anului, în procesul de colectare a laptelui, apare problema degradării calității produsului datorită duratei de colectare mobilă de la producătorii casnici, care în mediu durează 2 h.

Degradarea calității și riscul alterării laptelui ține de faptul că laptele este colectat de la gospodăriile din localitățile rurale pentru a fi transportat, depozitat și răcit la PCL în cisterne din aluminiu sau inox, care nu sunt dotate cu sisteme de răcire.

Se cunoaște că, imediat după muls, pH-ul laptelui este neutru datorită caracteristicilor amfotere ale proteinelor sau are o tentă slab acidă, datorită preponderenței grupărilor carboxilice sau datorită prezenței unor substanțe cu caracter acid - citrați, acid carbonic. Reacția chimică a laptelui poate fi determinată ca pH direct, laptele răcit are pH-ul situat în intervalul 6,33 - 6,59. În cazul când pH-ul este mai mic de 6.33 laptele se consideră acrit și nu poate fi predat spre prelucrare fabricilor de produse lactate [37, 54].

PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor” este dotat cu un pH-metru mobil (Fig. 4.4) cu ajutorul căruia este verificată calitatea laptelui cu privire la aciditate, în special pe timp de vară. În perioada anilor 2018-2021 la PLC au fost constatate 15 cazuri de alterare a laptelui, în volum total de 3809 litri (Anexa 6), care nu a fost transmis spre prelucrare.

Fig. 4.4. Set PH-metru mobil pentru lapte - HI98162

Pe parcursul anului 2020 la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor” după colectarea mobilă s-au efectuat periodic măsurări ale temperaturii laptelui în momentul depozitării în rezervorul instalației frigorifice care s-au notat în registrul de evidență a temperaturii laptelui indicate în Anexa 4.

În baza acestor date s-a stabilit temperatura medie a laptelui după colectare pentru fiecare lună în parte conform Tabelului 4.5.

Procesul de colectare a laptelui de la producătorii casnici se desfășoară în două moduri:

- producătorii casnici, care locuiesc la distanțe mici de PCL predau laptele punctului de colectare, fiind depozitat direct în rezervorul instalației frigorifice;
- de la producătorii care se află la distanțe mai mari de 300 m de PCL, administratorul punctului organizează un rezervor mobil (instalată pe un mijloc de transport), care trece prin fața gospodăriilor producătorilor și colectează laptele, după care acesta este adus și pompat în rezervorul instalației frigorifice din PCL pentru răcire.

Tabelul 4.5. Temperatura medie a laptelui după colectare pentru lunile anului 2020

Perioada	01.2020	02.2020	03.2020	04.2020	05.2020	06.2020	07.2020	08.2020	09.2020	10.2020	11.2020	12.2020
Temperatura medie a laptelui, t_m ^{0}C	+18.6	+18.4	+20.1	+20.9	+23.4	+27.1	+30.3	+29.3	+27.0	+24.6	+20.7	+17.8

Conform literaturii de specialitate [111, 116] pentru menținerea calității materiei prime este necesar răcirea laptelui în primele trei ore după mulsură până la cel puțin +20^{o}C (Fig. 4.5) și în cel mult cinci ore până la temperatura de +4 ... +6^{o}C.

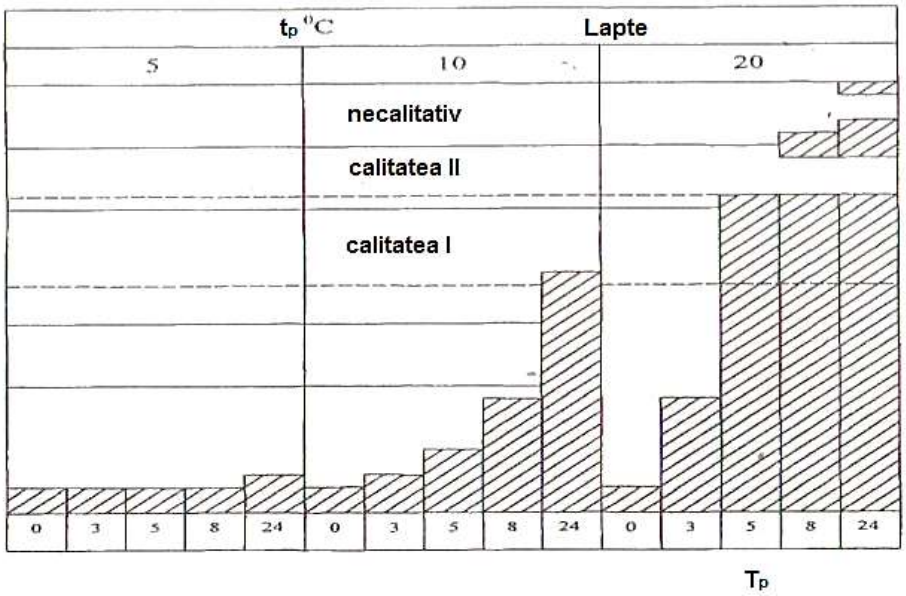


Fig. 4.5. Influența temperaturii de păstrare a laptelui asupra calității în dependență timp [111]

Analiza datelor prezentate în Tabelul 4.5 stabilește că:

- în lunile noiembrie-aprilie temperatura medie a laptelui în momentul depozitării în instalația frigorifică din PCL este de +19.4^{o}C;

- în perioada caldă, lunile mai-octombrie temperatura medie a laptelui este de +27°C, drept rezultat, în timpul colectării mobile există riscul de alterare a laptelui. Din Fig. 4.6 se poate observa că această problemă persistă în special în lunile de vară.

Pentru a reduce riscul alterării laptelui în timpul colectării s-au analizat soluțiile actuale implementate de producătorii casnici și administratorii de PCL.

Producătorii casnici depozitează laptele proaspăt muls până la predarea acestuia rezervorului mobil în beciurile din gospodărie sau în încăperi ferite de soare.

Administratorii de PCL înainte de a porni pe traseul de colectare în perioada caldă a anului stropesc rezervoarele cu apă rece, în special în tura de seară pentru că rezervoarele mobile se păstrează afară.

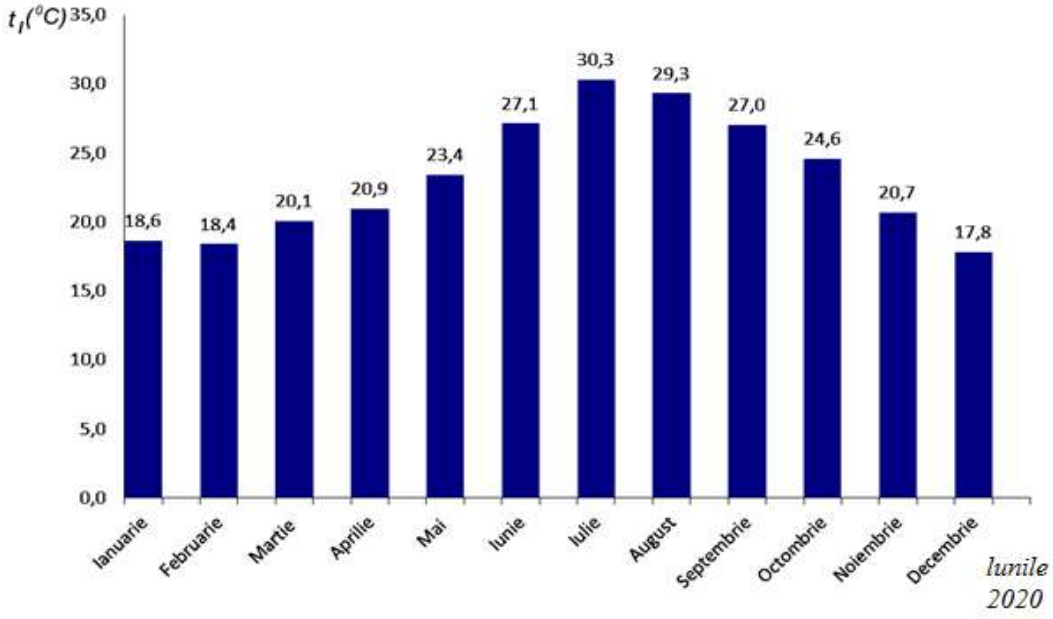


Fig. 4.6. Diagrama temperaturilor medii ale laptelui în momentul depozitării la PCL repartizate pe lunile anului

Aceste soluții se dovedesc a fi puțin avantajoase, deoarece reduc temperatura laptelui cu un procent foarte scăzut, care poate fi neglijat.

În luna iulie 2021 la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor” s-au efectuat încercări experimentale cu privire la prerăcirea laptelui folosind boxe cu gheață (Fig. 4.7) în vasul mobil de colectare, pentru prerăcirea laptelui în timpul colectării.

Rezultatele experimentale cu privire la temperatura, și volumul laptelui la predarea în PCL sunt prezintate în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6. Temperatura laptelui prerăcit cu gheață în perioada 15.07-19.07.2021

Data	Tura I (Dimineața)			Tura II (Seara)			Consumul zilnic de EE (kWh)
	Volumul de lapte (l)	Cantitatea de gheață (kg)	Tempera-tura laptelui (^oC)	Volumul de lapte (l)	Cantitatea de gheață (kg)	Tempera-tura laptelui (^oC)	
15.07.2021	394	25	22	279	20	20	8.0
16.07.2021	379	25	19	273	20	19	7.5
17.07.2021	380	25	20	266	20	19	7.5
18.07.2021	366	25	19	259	20	18	7.0
19.07.2021	384	25	20	239	20	18	7.5

NOTA: Temperatura laptelui s-a determinat cu termometrul de tip TP-300, diapazonul de măsurare -50^{o}C... +300^{o}C și rezoluția de 0.1^{o}C

Comparând temperatura medie a laptelui colectat în luna iulie 2020 cu temperaturile obținute în urma prerăcirii cu gheață în perioada *15.07.2021-19.07.2021* s-a stabilit că procesul propus de prerăcire a laptelui în timpul colectării reduce temperatura laptelui cu 33% față de media laptelui colectat fără prerăcire, ca rezultat se va reduce riscul alterării laptelui.

Fig. 4.7. Boxe cu gheață pentru prerăcirea laptelui

Volumul zilnic al laptelui colectat în 2020, practic, nu diferă de cel colectat în 2021 și constituie în mediu 650 litri pentru luna iulie, fapt ce a permis de a compara consumul mediu zilnic de energie electrică pentru această perioadă a anului 2020 pentru răcirea laptelui cu consumul zilnic de energie electrică din perioada de monitorizare (*15.07.2021-19.07.2021),* și stabilirea consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu și fără prerăcire, datele fiind prezentate în Tabelul 4.7.

Evidenta consumului de energie electrică la PLC se efectuează cu contorul de tip SL03A 3F (0.5-100 A) 220-400 V.

Tabelul 4.7. Consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu prerăcire și fără

Perioada	Volumul mediu de lapte răcit pe zi (l)	Consumul mediu zilnic de energie electrică (kWh)	Consumul specific de energie electrică, kWh/1000l
Iulie 2020	656	13.3	20.30
Iulie 2021 *(15.07-19.07)*	644	7.5	11.65

Din Tabelul 4.7 se stabilește că procesul de prerăcire reduce și consumul de energie electrică a instalației frigorifice din PCL cu aproximativ 42%.

În baza datelor din registrul de evidență a consumului de energie electrică și a volumului de lapte colectat la PCL prezentate in Anexa 5 s-a elaborat graficul comparativ a consumului de energie electrică pentru perioada anilor 2020-2021 (Fig. 4.8), unde se observă reducerea consumului de energie electrică pentru luna iulie 2021 datorită prerăcirii laptelui timp de cinci zile.

Pentru prerăcire, în perioada 15.07.2021-19.07.2021, gheața a fost procurată de la magazinul alimentar din localitate la prețul de 0.5 lei/kg. Pentru cinci zile de experiențe s-au cheltuit 112.5 lei pentru gheață și s-au economisit 29 kWh de energie electrică ceea ce constitue 59.16 lei.

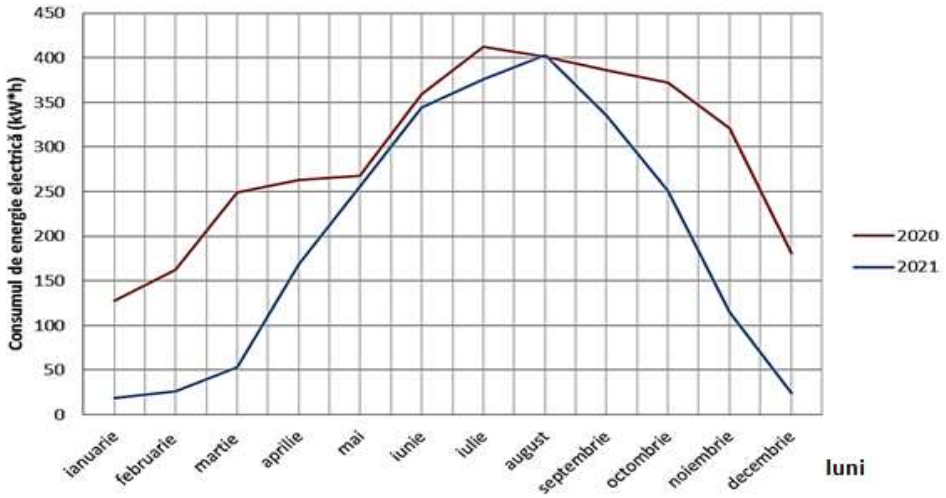


Fig. 4.8. Consumul de energie electrică la PCL pentru 2020-2021

Din punct de vedere tehnic, prerăcirea cu ghață reduce durata de funcționare a compresorului IFFA și duce la creșterea duratei de viață a acestuia, însă din punct de vedere economic procurarea gheței pentru prerăcire s-a dovedit a fi ineficientă.

Pentru a crește eficiența tehnico-economică și a reduce costurile de obținere a gheței se propune de a instala la PCL o mașină de produs gheață de tip SCO-AC 106M-AS 550W/220V (Fig. 4.9) și un sistem fotovoltaic de tip On-Grid.

Fig. 4.9. Mașină producătoare de gheață SCO-AC 106M-AS [113]

Caracteristicile tehnice ale mașinii de produs gheață ar satisface necesitățile PCL, având productivitatea de 50 kg/zi, consumul de energie electrică pentru 50 kg de gheață 5.5 kWh, capacitatea de depozitare 23 kg, costul de piață al căria este de 7350 lei [113].

Consumul de energie pentru producerea gheței și reducera consumului de energie de către IF de răcire a laptelui după procesul de prerăcire practic se egalează.

Recuperarea investiției pentru mașina de produs gheață se va produce din contul energiei electrice produse de sistemul fotovoltaic.

De menționat că dacă se implementa încă în 2018 prerăcirea laptelui la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”, s-ar fi exclus alterarea volumului laptelui neadmis de fabrică între ani 2018-2021, valoarea financiară a căruia ar fi acoperit investiția și întreținerea mașinii de gheață.

4.4. Studiul de fezabilitate privind implementarea sistemului fotovoltaic de tip On-Grid la PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor”

Sistemele fotovoltaice cu conectare la sistemul centralizat de distribuție a energiei electrice este reglementat de legea privind Promovarea utilizării energiei din surse regenerabile nr. 10 din 26.02.2016, publicată în Monitorul Oficial (MO) al Republicii Moldova cu nr. 69-77 art. 117 din 25.03.2016 dată la care intră în vigoare și de legea Nr. 107 din 27.05.2016 cu privire la Energia electrică, publicată în MO al Republicii Moldova cu nr. 193-203 art. 413 din 08.07.2016, cu ulterioare modificări.

Pentru asigurarea unui acces eficient la rețele, operatorii sistemelor centralizate de distribuție a energiei electrice sunt obligați să ofere solicitanților informații suficiente privind:

- racordarea sistemelor fotovoltaice la rețea;
- costurile ce se prevăd a fi suportate de solicitant în procesul de racordare;
- termenii de racordare la rețea;
- planificarea dezvoltării rețelei de distribuție în zona respectivă.

Costurile aferente construcției instalației de racordare prin care se face legătură dintre sistemul fotovoltaic și rețelele electrice de distribuție se suportă de către solicitant în condițiile stabilite în mod transparent și nediscriminatoriu, în conformitate cu legea cu privire la energia electrică Nr. 107 din 27.05.2016, publicată în MO al RM nr. 193-203 art. 413 din 08.07.2016 și a regulamentelor elaborate și aprobate de către Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică.

În cazul în care pentru racordarea sistemului fotovoltaic este necesară și dezvoltarea rețelei electrice de distribuție, operatorul sistemului de distribuție, în cazul când în regiunea de dezvoltare sunt mai mulți potențiali consumatori de energie electrică este obligat să efectueze dezvoltarea acestuia în conformitate cu Legea privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile nr. 10 din 26.02.2016. publicată în MO al RM nr. 69-77 art. 117 din 25.03.2016, suportând costurile aferente dezvoltării, care se includ în tarif, cu condiția respectării planurilor de investiții aprobate de către Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică.

În lipsa potențialilor consumatori de energie electrică, operatorul sistemului de distribuție se obligă să prezinte solicitantului de racordare a sistemului fotovoltaic o evaluare care să demonstreze faptul că dezvoltarea rețelei electrice, este în beneficiul exclusiv al acestuia și să notifice în modul stabilit de lege, acest lucru Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică.

Costurile aferente dezvoltării rețelei de distribuție, în cazul lipsei potențialilor consumatori îi revin nemijlocit proprietarului sistemului fotovoltaic, după dezvoltarea rețelei de distribuție, aceasta se transmite la balanța operatorului sistemului de distribuție pentru întreținere, de obicei cu titlul gratuit.

Operatorii sistemelor de distribuție sunt obligați să acorde prioritate energiei electrice obținute din surse regenerabile la dispecerizarea capacităților de producere a energiei electrice în așa măsură, încât să nu fie afectată siguranța funcționării sistemului electroenergetic existent.

În cazul în care, pentru menținerea securității sistemului electroenergetic și al securității de aprovizionare cu energie electrică, au fost întreprinse măsuri privind limitarea în mod considerabil a utilizării energiei electrice obținute de la sursele regenerabile de energie, aceștia sunt obligați să informeze Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică, cu privire la măsurile întreprinse și să prezinte soluții pe care intenționează să le ia pentru excluderea pe viitor a limitării semnificative a energiei din sursele regenerabile.

Actualmente, punctele cu instalații frigorifice agroalimentare, cum ar fi punctele de colectare a laptelui, au semnate contracte de alimentare a energiei electrice cu operatorii de distribuție și furnizare.

Implementarea unui sistem electroenergetic fotovoltaic de tip On-Grid de producere a energiei electrice pentru uz propriu la punctele de colectare a laptelui care sunt racordate la rețeaua centralizată de distribuție a energiei electrice, permite livrarea în rețea a surplusul de energie electrică produsă fără a obliga PCL să dețină licență de producător.

Pentru această oportunitate punctul de colectare trebuie să respecte condițiile, că puterea instalată a instalațiilor electrice din PCL și cea contractată nu depășește 200 kW, că sistemul fotovoltaic respectă normele de securitate electrică și corespunde cerințelor normelor de Exploatare a Instalațiilor Electrice ale Consumatorilor Noncasnici (NE1-01:2019), aprobate prin Hotarârea Consiliului de Administrare al ANRE nr. 393/2019 din 01.11.2019.

Operatorul rețelei de distribuție la solicitarea administratorului punctului de colectare este obligat să modifice contractul existent de furnizare a energiei electrice, implementând metodologia de contorizare netă, conform cerințelor legislative privind promovarea implementării sistemelor de producere a energiei regenerabile.

Pentru contorizarea netă a energiei electrice produsă de sistemul fotovoltaic și a celei consumate din rețea, administratorul punctului de colectare este obligat să instaleze din cont propriu în panoul de evidență un contor bidirecțional (Fig. 4.10).

Cele mai utilizate contoare bidirecționale în Republica Moldova sunt contoarele electronice de tip LUN-23.

Analizând ofertele de sisteme fotovoltaice din Republica Moldova se poate de menționat că există companii care se ocupă doar cu importul și comercializarea sistemelor și companii care oferă întreg spectrul larg de lucrări, începând de la vânzarea sistemului, proiectarea, montarea și darea în exploatare conform normelor.

Una din aceste companii este ”Compass” SRL, care oferă sisteme fotovoltaice monofazate și trifazate, dar și componente separate ale sistemelor fotovoltaice.

Fig. 4.10 Panou de evidență cu contorizare netă

Prețurile sistemelor fotovoltaice monofazate și a cheltuielile aferente pentru proiectare, montare și dare în exploatare sunt prezentate în Tabelul 4.8, iar pentru sistemele trifazate în Tabelul 4.9 [114].

Tabelul 4.8. Oferte de preț pentru instalații fotovoltaice monofazate pentru luna 11.2021

Puterea instalației (kW)	Productiv. estimată pe timp de vara (kWh/zi)	Productiv. estimată pe timp de iarna (kWh/zi)	Prețul instalației (lei)	Prețul instalației cu montare (lei)	Proiect și darea în exploatare (lei)	Total cheltuieli pe instalație (lei)
1.500	9.0	4.0	25498	42241	14000	56241
3.000	18.0	9.0	40211	59845	14000	73845
5.000	31.0	15.0	65698	90470	14000	104470
6.000	36.0	18.0	74024	100178	14000	114178
8.000	48.0	24.0	96997	131354	14000	145354

Tabelul 4.9. Oferte de preț pentru instalații fotovoltaice trifazate pentru luna 11.2021

Puterea instalației (kW)	Productiv. estimată pe timp de vara (kWh/zi)	Productiv. estimată pe timp de iarna (kWh/zi)	Prețul instalației (lei)	Prețul instalației cu montare (lei)	Proiect și darea în exploatare (lei)	Total cheltuieli pe instalație (lei)
3.0	18.0	9.0	43816	48512	14000	62512
5.5	33.0	17.0	799777	106741	14000	120741
8.0	48.0	24.0	109511	143845	14000	157845
9.9	60.0	30.0	130667	168882	14000	182882
14.6	90.0	45.0	187000	238432	14000	252432

În dependență de posibilitățile financiare și tehnice ale administratorului PCL în cazul în care intenționează să implementeze un astfel de sistem, compania propune oferte separate în ceea ce privește lucrările de montare, proiectare și dare în exploatare.

Analizând datele de consum real al energiei electrice pentru răcirea laptelui la punctul de colectare studiat și stabilind puterea inițial contractată cu furnizorul de energie electrică, care este de 5 kW, pentru reducerea consumului de energie electrică din rețeaua de distribuție în procesul de prerăcire și răcire a laptelui, dar și pentru reducerea emisiilor nocive în mediul înconjurător s-a efectuat studiul de fezabilitate cu privire la instalarea pe acoperișul PCL-lui a sistemului fotovoltaic.

La baza studiului a fost analizată posibilitate utilizării panourilor de tip Longi 375W (LR4-60HIH) și Invertorul de tip On-Grid SUN2000-3KTL-M1 cu puterea de furnizare până la 3.0 kW (Fig. 4.11).

Fig. 4.11. Invertor On-Grid Huawei solar SUN2000-3KTL-M1 [114]

Instalarea unui sistem On –Grid la punctul de colectare a laptelui, va permite înlocuirea consumului de energie electrică din rețeaua de distribuție, cu consumul de energie electrică de la o sursa ecologică proprie de energie, cu posibilitatea injectării surplusului de energie neconsumată în rețeaua de distribuție [92 ... 94].

Pentru a determina durata de recuperare a investiției se va stabili productivitatea instalației fotovoltaice propuse pentru un an ($Pr_{PV/an}$) prin relația:

$$Pr_{PV/an} = 145 \cdot Pr_{PV/ziI} + 220 \cdot Pr_{PV/ziV} = 145 \cdot 9 + 220 \cdot 18 = 5265 kW \cdot h, \quad (4.38)$$

unde $Pr_{PV/ziI}$ este productivitatea instalației fotovoltaice pe zi în perioada rece a anului, pentru teritoriul țării noastre este de 145 zile; $Pr_{PV/ziV}$- productivitatea instalației fotovoltaice pe zi în perioada caldă a anului este de 220 zile.

În baza relației (4.38) se calculă costul estimat a energiei electrice produse pentru un an $K_{EE\ aual}$ de sistemul fotovoltaic.

$$K_{EE\ aual} = Pr_{PV/an} \cdot T_{kW*h} = 5265 \cdot 2.04 = 10740\ lei, \quad (4.39)$$

unde T_{kW*h} este tariful la energia electrică în rețeaua publică de distribuție (pentru regiunea de nord a Republicii Moldova în 2021 - 2.04 lei).

Timpul de recuperare a investiției $T_{rec.\ inv.}$ se va determina conform relației de mai jos:

$$T_{rec.inv.} = \frac{C_{invFV} + C_{invMG}}{K_{EE\ naual}} = \frac{62512 + 7300}{10740} = 6.5\ ani, \quad (4.40)$$

unde C_{invFV} reprezintă cheltuielile totale pentru instalarea sistemului fotovoltaic; C_{invMG} – cheltuielile investiționale pentru mașina de gheață.

În Tabelul 4.10 sunt prezentate caracteristicile de bază pentru cele mai populare tipuri de celule comercializate pe piață [91].

Tabelul 4.10. Caracteristicile pentru diferite tipuri de panouri fotovoltaice [91]

Materialul	Randamentul, %	Durată de exploatare, ani
Siliciu amorf	5-10	< 20
Siliciu policristalin	10-15	25-30
Siliciu monocristalin	15-20	25-30
Arseniura de galiu (cu un strat)	15-20	-
Arseniura de galiu (cu doua straturi)	20	-
Arseniura de galiu (cu trei straturi)	25	>20

Din tabelul de mai sus se stabilește că sistemul fotovoltaic monocristalin Fig. 4.12 propus are durata de exploatare a panourilor fotovoltaice de peste 25 ani.

Reieșind din durata de exploatare a panourilor, principalele componente din sistemul fotovoltaic se determină care va fi productivitate totală a sistemul fotovoltaic.

$$Pr_{TotalaPV} = 25 \cdot Pr_{PV/an} = 25 \cdot 5265 = 131625kW \cdot h, \quad (4.41)$$

Calculând la tariful de energiei electrică pentru 2021 se determină valoarea financiară brută care poate fi obținută de la sistemul fotovoltaic.,

$$V_{brut} = Pr_{TotalaPV/an} \cdot T_{kW*h} = 131625 \cdot 2.04 = 268515\ lei. \quad (4.42)$$

Ținând cont că costul la energia electrică este în permanentă creștere, se poate de neglijat cheltuielile de întreținere și reparație a instalației fotovoltaice și mașinii de produs gheață, acestea fiind incluse în creșterea tarifelor.

În acest caz venitul estimativ net al administratorului PCL în perioada de funcționare a sistemului fotovoltaic poate fi determinat ca

$$V_{net} = V_{brut} - (C_{invFV} + C_{invMG}) = 268515 - (62512 + 7300) = 198703\ lei. \quad (4.43)$$

Fig. 4.12. Grup de panouri fotovoltaice monocristaline de tip LR4-60HIH(8*375W=3.0kW) [91]

Sursele financiare estimate prin venitul net pot fi investite în viitor pentru renovarea instalațiilor frigorifice ale PCL-lui, deoarece durata de exploatare a acestora este de 8 ani.

Concluzii la capitolul 4

1. În baza studiului realizat s-a modernizat instalația de răcire a laptelui de la PCL administrat de GȚ ”Harabari Andrei Victor” ce a permis reducerea consumului anual de energie electrică în procesul de răcire a laptelui cu cca 27% [44].

2. Studiul eficienței economice realizat în baza datelor experimentale, obținute pe parcursul a 7 zile consecutive cu temperaturi a mediului ambiant cuprinse între -4^{o}C și +3^{o}C, a arătat că consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte colectat este cuprins între 2.6 - 3.5 kWh, ceea ce confirmă corectitudinea calculelor teoretice obținute în capitolul 3, unde consumul specific de energie electrică pentru întreg procesul de răcire a unei mii de litri de lapte, la temperatura mediului ambiant de +2^{o}C, este de 3.2 kWh.

3. S-a stabilit că durata de recuperare a investiției pentru reutilarea instalației frigorifice existente în instalație ecologică de răcire a laptelui cu eficiență energetică sporită este de 2 ani și 7 luni, în cazul implementării frigului natural la PCL studiat.

4. Studiul de caz realizat pe baza PCL GȚ ”Harabari Andrei Victor” a arătat că pe parcursul anului temperatura medie a laptelui în momentul depozitării în instalația frigorifică din PCL în lunile noiembrie-aprilie este de +19.4^{o}C, fapt ce reduce riscul de alterare a laptelui în timpul colectării, iar în perioada caldă a anului, în lunile mai-octombrie temperatura medie a laptelui este de +27^{o}C, perioadă care necesită soluții de prerăcire în timpul colectării [89].

5. Drept soluție de prerăcire în timpul colectării laptelui s-a propus utilizarea boxelor cu gheață în vasul mobl. S-a constatat că utilizarea raportului de gheață lapte 6.5/100 kg, permite reducerea temperaturii laptelui în limitele de +18 ... +20^{o}C și reducerea consumului de energie electrică de către IF din PCL cu 42% [89].

6. Având în vedere că procesul de obținere a gheții prevede costuri suplimentare, privind procurarea mașinii de gheață și consum de energie electrică s-a propus obținerea energiei electrice din surse regenerabile. S-a stabilit că implementarea unui sistem fotovoltaic de tip On-Grid la PCL de 3 kW cu productivitatea anuală de 5265 kWh ar acoperi în întregime necesarul de energie electrică a PCL inclusiv pentru producerea gheții necesare la prerăcire.

7. Termenul de recuperare a investițiilor legate de implementarea sistemului fotovoltaic și a mașinii de gheață este de 5.5 ani. La aceasta se mai adaogă că implementarea resurselor de energie regenerabilă este prietinoasă mediului și contribuie la sporirea securității energetice a țării [28].

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Rezultatele obținute în capitolele tezei, derivate din cercetările efectuate pentru atingerea scopului lucrării care vizează creșterea eficienței energetice a instalației cu frig natural și artificial la punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova și care a fost stabilit drept subiect de studiu, corelat și realizat în conformitate cu obiectivele și ipotezele înaintate, a rezumat următoarele concluzii finale și recomandări:

- În rezultatul analizei stadiului actual în privința utilizării frigului natural și artificial în procesul de răcire a laptelui și identificarea soluțiilor de sporire a eficienței energetice a instalațiilor frigorifice pentru punctele de colectare a laptelui din Republica Moldova au fost punctate căile posibile de reducere a consumului de energie electrică la PCL din țară. Prioritar a fost pus accent pe reutilarea instalațiilor frigorifice existente la punctele de colectare a laptelui din RM în instalații ecologice cu agent frigorific intermediar și cu acumulator de frig care posedă un șir de avantaje printre care mai importante sunt [27, 30]:

  - fiabilitate sporită a sistemului de răcire datorită acumulării și depozitării frigului natural sau artificial în acumulatorul de frig termoizolat;
  - cheltuieli reduse la deservire și întreținere;
  - eficiență energetică sporită în perioada rece a anului;
  - posibilitatea utilizării tarifului diferențiat la energie electrică, prin răcirea agentului frigorific intermediar pe timp de noapte, când tariful este redus cu 40 la sută;
  - reducerea poluării mediului în perioada rece a anului prin excluderea din procesul de răcire a instalației frigorifice cu frig artificial ce funcționează pe bază de freon;
  - consum redus de materiale pentru reutilare.

- Dezvoltarea de modele matematice și metode de calcul pentru parametrii tehnologici și constructivi ai instalației de răcire a laptelui cu frig natural și artificial facilitează construcția acesteia la nivelul optim al parametrilor. Îmbunătățirea metodei de calcul și justificarea caracteristicilor constructive ale instalației permit ajustarea dimensiunilor radiatorului, ventilatorului și pompei în funcție de capacitatea de stocare a acumulatorului de frig termoizolat [49]. Modelele matematice dezvoltate pentru procesul de răcire a agentului frigorific intermediar și a laptelui stabilesc parametrii tehnologici lapte-agent frigorific intermediar și agent frigorific intermediar – aer.

- În baza rezultatelor bazate pe modelul matematic a procesului de răcire a laptelui în răcitor capacitiv cu agent frigorific intermediar (apă) elaborat în acest studiu s-a stabilit că raportul volumului de AFI din acumulatorul de frig termoizolat și volumului de lapte răcit pentru tipul

instalației propuse este de $C_{IFC}=3.1$, iar a celor bazate pe modelul matematic a procesul de răcire a AFI, s-a stabilit că volumul necesar de aer cu temperatura de +2°C pentru răcirea agentului frigorific intermediar de la +14 °C la +4°C are coeficientul echivalent de $C_{AFN}=34.25$. Calculele efectuate cu folosirea modelului matematic dezvoltat pentru procesul de prerăcire a laptelui în timpul colectării mobile de la producătorii casnici au arătat că cantitatea de gheață raportată la cantitatea de lapte necesar de a fi prerăcit de la temperatura de +27 °C până la temperatura +20 °C este de 6.5 %. Aceste date au fost confirmate prin cercetările experimentale prezentate în [89].

- În rezultatul concretizării regimurilor energetice, celor de funcționare și de control ale instalației ecologice de răcire a laptelui s-au stabilit parametrii tehnico-economici și de control pentru procesul de exploatare a instalației. Astfel, puterea electrică a instalației experimentale de la punctul de colectare a laptelui administrat de GȚ ”Harabari Andrei Victor” în cazul răcirii cu frig natural este de 0.3 kW, fiind de 10 ori mai mică în raport cu puterea instalației cu frig artificial. Calculele teoretice au derivat că consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte cu instalația ecologică de răcire a laptelui cu eficiență energetică sporită în perioada rece a anului când temperaturile aerului sunt sub +2°C este de până la 3.2 kWh, în comparație cu 20.9 kWh la utilizarea instalațiilor frigorifice tipice [52].
- Grafurile automate și algoritmele de funcționare elaborate pentru fiecare regim de funcționare în parte permit montarea schemei electrice pentru automatizarea întregului proces de răcire trecând de la un regim la altul în dependență de temperatura mediului, temperatura agentului frigorific intermediar și temperatura laptelui, asigurând răcirea acestuia până la temperatura necesară de păstrare [49, 85].
- Implementarea instalației experimentale cu frig natural și artificial la punctul de colectare a laptelui studiat a arătat o reducere a consumului anual de energie electrică în procesul de răcire a laptelui cu cca 27%. Datele experimentale obținute în decursul a 7 zile consecutive cu temperaturi a mediului ambiant cuprinse între -4 °C și 3 °C ne-au demonstrat că consumul specific de energie electrică pentru răcirea a 1000 litri de lapte colectat este cuprins între 2.6 - 3.5 kWh, ceea ce confirmă corectitudinea calculelor teoretice bazate pe modelele matematice și metodelor de calcul dezvoltate în lucrare [44].
- În baza utilizării datelor statistice ale Serviciul Hidrometeorologic de Stat cu privire la temperaturile aerului atmosferic pentru lunile octombrie-aprilie ale anilor 2017-2021, s-a stabilit că durata de utilizare a instalației frigorifice cu funcționare în regim de răcire cu frig natural este cuprinsă între 130 și 174 de zile pentru nordul Republicii Moldova.

- S-a stabilit că reutilarea instalațiilor tipice în instalații ecologice cu frig natural și artificial cu acumularea frigului în acumulatoare termoizolate este ușor de realizat datorită construcției simple și prevăd investiții relativ mici, care au o durată de răscumpărare de până la 3 ani [81].
- S-a stabilit că, în cazul utilizării parametrilor tehnologici optimi pentru prerăcirea laptelui cu gheață în procesul de colectare mobilă de la producătorii casnici, raportul gheață/lapte este 6.5/100 kg. Astfel, utilizarea experimentală a boxelor cu gheață în vasul mobil în decursul zilelor de 15.07.2021-19.07.2021 a demonstrat că prerăcirea laptelui reduce semnificativ riscul alterării acestuia, reducând în timp scurt temperatura laptelui de la cea de după mulsură la nivelul temperaturilor de +18 ... +20^{o}C [89].
- S-a stabilit că implementarea unui sistem fotovoltaic de tip On-Grid la PCL de 3 kW cu productivitatea anuală de 5265 kWh ar acoperi în întregime necesarul de energie electrică a PCL inclusiv pentru producerea gheții pentru prerăcire. Durata de recuparare a unor astfel de investiții se estimează la cca 6.5 ani

În baza rezultatelor cercetărilor științifice efectuate în teză, se recomandă:

- Utilizarea metodologiei de calcul și a modelelor matematice la reutilarea instalațiilor frigorifice tipice în instalații frigorifice cu consum redus de energie electrică de la punctele de colectare a laptelui din țară. Aceasta va facilita implementarea frigului natural și artificial în procesul de răcire și depozitare a agentului frigorific intermediar în acumulatoare de frig termoizolate.
- Folosirea prerăcirei cu gheață a laptelui în timpul procesului de colectare mobilă la fiecare punct de colectare din țară. Această măsură va ajuta la reducerea riscului de a obține cantități de lapte care nu îndeplinesc cerințele normative de aciditate.
- Pentru reducerea costurilor facturilor la energia electrică consumată pentru obținerea gheții și răcirii laptelui este eficient să se implementeze, la punctele de colectare a laptelui, instalații de energie regenerabilă de tip panouri fotovoltaice cu sistem de funcționare On-Grid și cu contorizare bidirecțională,
- Introducerea în planul de învățământ al Universității Tehnice a Moldovei subiecte ce țin de frigului natural și artificial pentru răcirea laptelui în curicula cursului de prelegeri ”Tehnologii de renovare a utilajului agricol.

Direcții și obiective de cercetare pe viitor:

Pe viitor se propune dezvoltarea direcției de cercetare cu privire la transformarea motorului asincron a compresorului instalațiilor frigorifice în motor sincron cu magneți permanenți cu scopul de a majora randamentul, productivitatea și factorul de putere a acestuia.

BIBLIOGRAFIE

1. IRENA and FAO. 2021. *Renewable energy for agri-food systems* – Towards the Sustainable Development Goals and the Paris agreement. Abu Dhabi and Rome. 89 p. ISBN: 978-92-9260-341-8 [IRENA] and 978-92-5-135235-9 [FAO] https://doi.org/10.4060/cb7433en.

2. DAICU A., et al. *Combined automated installation deployment for milk cooling.* In: Journal of Engineering Science, vol. XXVII 3, Chișinău UTM, 2020 pp. 65-75, ISSN 2587-3474.

3. BHAT, R., et. al. *Global Dairy Sector: Trends, Prospects, and Challenges.* In: Sustainability 2022, (14) (accesat 15.10.2022) Disponibil: https://doi.org/10.3390/su14074193.

4. KOZLOVTSEV, A., KOROVIN, G. *Natural cold milk cooling system* In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 666 (2019) 012070, 6 p. IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/666/1/012070.

5. AGUSTRIYANTO, R., MOCHNI E., S. *Dynamic Study and PI Control of Milk Cooling Process.* In: International Journal on Advance Science, Engineering and Information Technology. Vol.12 (2022) No. 5, pp. 1836-1843. ISSN: 2088-5334.

6. SHANNAQ, R., AUCKAILI, A., FARID, M. *Cooling of milk on dairy farms: an application of a novel ice encapsulated storage system in New Zealand.* In: Food Engineering Innovations Across the Food Supply Chain 2022, pp. 207-228. (accesat 28.08.2022). Disponibil: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821292-9.00006-6.

7. DAICU, A. *Argumentarea regimurilor de funcționare și a parametrilor constructivi - tehnologici ai instalației ecologice automatizate cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui.* Teza de doct. în științe inginerești Chișinău, 2020. 155 p. (accesat 13.06.2021) Disponibil: http://www.cnaa.md/files/theses/2021/56597/anatolei_daicu_thesis.pdf.

8. ВОЛКОНОВИЧ Л., et al., *Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции.* Chișinău, Moldova, Tipografia ”Prit-Caro”, 2019, 228 p. ISBN 978-9975-56-625-4.

9. SEGERS, O. *Modeling Milk Cooling Within A Dairy Farm To Minimize Electricity Costs.* In: BSc Thesis Electrical Engineering 2022. 16 p. (accesat 15.09.2022). Disponibil: http://essay.utwente.nl/92249/1/Segers_BA_EEMCS.pdf.

10. SHINE, Ph., UPTON, J., SEFEEDPARI, P., MURPHY, M. D. *Energy Consumption on Dairy Farms: A Review of Monitoring, Prediction Modelling, and Analyses.* In: Energies 2020, 13, 1288; doi:10.3390/en13051288

11. COSSU, M., et al. *Evaluation of the Energy Utilization Index in Sheep Milk Cooling Systems.* In: Energies 2020(13,2127), 16 p. doi:10.3390/en13092127, ISSN 1996-1073.

12. DAICU, A., et al. *Contribuții la elaborarea mijloacelor tehnice de automatizare a proceselor de conservare a alimentelor cu utilizarea frigului natural.* Chișinău. In: Ştiinţa agricolă, nr. 2. CE UASM, 2019, pp. 95-102. ISSN 1857-0003 /ISSNe 2587-3202.
13. ЯРУТИЧ, В. *Исследование состояния процессов охлаждения молока.* Минск, В: Перспективная техника и технологии в АПК, тезисы Международной научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов, 18–26 мая 2020 г. pp. 232-235. УДК. 637.117. (accesat 10.02.2021). Disponibil: https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/12429/1/issledovanie-sostoyaniya-processov-ohlazhdeniya-moloka.pdf.
14. OECD-FAO *Agricultural Outlook 2022-2031*, OECD Publishing, Paris, pp. 208 ISBN 978-92-5-136313-3 (print and pdf). https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en.
15. BEDRU HUSSEN, M. *Study of a small-scale cooling system based on an ice-storage and a dc-powered vapour compression refrigeration unit to implement solar energy in remote areas.* Doctoral thesis, Spain, Tarragona, 2020. 112 p. (accesat 22.11.2021). Disponibil: https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/670597/TESI%20Muaz%20Bedru.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
16. KAVIANI, A. et al. *A new approach for energy optimization in dairy industry.* Cleaner Engineering and Technology 8 (2022) 100498. 11 p. (accesat 12.10.2022). Disponibil: https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100498.
17. HALL, M., B. *Invited review: Corrected milk: Reconsideration of common equations and milk energy estimates.* Journal of Dairy Science Vol. 106 No. 4, 2023, pp. 2230-2246. (accesat 23.03.2023). Disponibil: https://doi.org/10.3168/jds.2022-22219.
18. UPTON, J., SHALLOO, L. *Effect of electricity tariffs and cooling technologies on dairy farm electricity consumption, related costs and greenhouse gas emissions.* In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich 2014, 10 p. (accesat 12.03.2021). Disponibil: https://core.ac.uk/download/pdf/29209355.pdf.
19. POPESCU, V., VIȘANU, V., **URSATII, N.,** CECAN, A., TODIRAȘ, T. *Sistem electric cu fiabilitate sporită pentru întreprinderile specializate în deshidratarea produselor agricole.* In:Intellectus 1/2023, pp. 198-203. ISSN 1810-7087.
20. ABAD, B., STAPLETON, J., XU, L., CURTIS, M., & NASH, P. *Development of an Off Grid Solar Powered Milk Refrigeration Solution.* In: Worcester Polytechnic Institute Digital WPI 2019, 42 p. (accesat 23.12.2021). Disponibil: https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all/7120.
21. SALVATIERRA ROJAS, A., TORRES-TOLEDO, V., MRABET, F., MÜLLER, J. *Improving milk value chains through solar milk cooling.* In: ZEF Working Paper Series, No. 172, University of Bonn, Center for Development Research, Bonn 2018, 52 p. ISSN 1864-6638.

22. FOSTER, R., et al. *Solar Milk Cooling: Smallholder Dairy Farmer Experience in Kenya*. SWC 2015. ISES Conference Proceedings, doi:10.18086/swc.2015.03.05.

23. TORRES-TOLEDO, V. *PV-Solar Chillers for Milk Cooling.* In: BSW-Solar Special Exhibition „Off-Grid Power Solutions“, Universität Hohenheim Institute of Agricultural Engineering Tropics and Subtropics Group Stuttgart, Germany 2014, 16 p. (accesat 19.10.2020). Disponibil: https://energypedia.info/images/2/21/PV_Solar_Chillers_ for_ Milk_Cooling.pdf.

24. КИТУН, А. Et. at. *Оптимизация выбора оборудования для охлаждения и хранения молока.* В: «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» 2022, Nr. 2. с. 165-169. ISSN 2076-5215.

25. КОРШУНОВ, А., КОРШУНОВ, Б. *Аккумуляционные установки для охлаждения молока на фермах*. Москва, В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019, N3 (35). с. 114-117. (accesat 02.04.2022). Disponibil: https://cyberleninka.ru/article/n/akkumulyatsionnye-ustanovki-dlya-ohlazhdeniya-moloka-na-fermah/viewer.

26. КОРШУНОВ, Б., КОРШУНОВ, А. *Аккумуляция холода: резерв повышения энергоэффективности охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции*. Москва, В: Вестник ВИЭСХ. 2018, N 1(30), с. 38-44. ISSN 2304-5868. (accesat 02.04.2022). Disponibil: https://cyberleninka.ru/article/n/akkumulyatsionnye-ustanovki-dlya-ohlazhdeniya-moloka-na-fermah/viewer.

27. **URSATII**, N., et al. *Contribuţii la îmbunătăţirea parametrilor tehnico-economici ai instalaţiilor frigorifice din punctele de colectare a laptelui*. Chișinău. In: Ştiinţa agricolă, nr. 1. CE UASM 2021, pp 97-103. ISSN 1857-0003 / ISSNe 2587-3202..

28. **URSATII, N.**, VOLCONOVICI, I. *Măsuri pentru sporirea eficienţei energetice a instalaţiilor frigorifice agroalimentare.* Chișinău, In: Tezele celei de-a 75-a conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. CE UASM, 2022, pp. 137, ISBN 978-9975-64-336-8.

29. VOLCONOVICI, I., **URSATII, N**. *Metodologia de cercetare a instalaţiilor de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural şi artificial.* Chișinău. In: Tezele celei de-a 74-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor. CE UASM 2021, pp. 147. ISBN 978-9975-64-320-7.

30. **URSATII, N.,** *Soluţii de reducere a consumului de energie electrică a instalaţiei frigorifice de răcire a laptelui.* Chișinău. In: Tezele celei de-a 74-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor. CE UASM 2021, pp 149. ISBN 978-9975-64-320-7.

31. **URSATII, N.**, VOLCONOVICI, I. *Argumentarea parametrilor constructivi-tehnologici ai motoarelor de acţionare a compresoarelor depozitelor frigorifice de păstrare a fructelor*.

Chișinău. In: Tezele celei de-a 73-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor. CE UASM 2020, pp. 106. ISBN: 978-9975-64-313-9.

32. AMBROS, T., **URSATII, N.** *Unele aspecte privind istoria MCHE din Republica Moldova*. Craiova-Chișinău. In: SIELMEN 2015, 10th International Conference on Electromechanical and Power Systems 6-9 octombrie 2015, pp.260-263. ISBN 978-606-567-284-0.

33. **URSATII, N.** *Contribuții la perfecționare mașinilor electrice cu magneți permanenți pentru implementare în agricultura modernă.* Chișinău. In: Lucrări Științifice Vol. 55. CE UASM-2022, ale Simpozionului Ştiinţific Internaţional „Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective" din 30 septembrie - 1 octombrie 2021, pp. 374-377, ISBN 978-9975-64-271-2; 978-9975-64-328-3.

34. **URSATII, N.**, VOLCONOVICI, I. *Studiul caracteristicilor electromegnetice în generatorul sincron axial cu magneţi permanenţi*. Chișinău. In: Tezele celei de-a 73-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor. CE UASM 2020, pp. 113. ISBN: 978-9975-64-313-9.

35. **URSATII, N.**, BURDUNIUC, M. *Optimizarea construcţiei maşinii sincrone cu magneţi permanenţi.* Chișinău. In: Lucrări ale coferinţei Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, UTM din 8 – 10 decembrie, 2011. Vol. 1/ 2012, pp. 272-273. ISBN 978-9975-45-208-3.

36. FEDORCIUCOVA, S. et. al. *Situația actuală privind producerea, comercializarea și asigurarea calității produselor lactate în Republica Moldova.* Chișinău. În: Journal of Research on Trade, Management and Economic Development. Nr. 2(8)/2017, pp. 67-79. ISSN 2345-1424.

37. FEDORCIUCOVA, S. et. al. *Industria laptelui în Republica Moldova: producția, comerțul și conformitatea produselor.* Chisinau. In: International scientific conference "30 years of economic reforms in the Republic of Moldova: economic progress via innovation and competitiveness 2021", volumul 1/2022, pp. 163-173 ISBN 978-9975-155-60-1.

38. BIROUL NAȚIONAL DE STATISTICĂ AL REPUBLICII MOLDOVA. *Banca de date statistice a Republicii Moldova.* [accesat 11.03.2023]. Disponibil: https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/40%20Statistica%20economica/.

39. DONCILA, I. *Aspecte evolutive ale ramurii zootehnice în Republica Moldova.* Chișinău. In: Tezele celei de-a 73-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor. CE UASM 2020, pp. 119. ISBN: 978-9975-64-313-9.

40. VOLCONOVICI, I., **URSATII, N**. *Modelul monitoringului biotehnologic de producere și prelucrare primară a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial la ferma didactică a UASM*. Chișinău. In**:** Tezele celei de-a 74-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor. CE UASM 2021, pp. 151-152. ISBN 978-9975-64-320-7.

41. BALTAG, G. *Dezvoltarea subsectorului de lapte de vacă în Republica Moldova.* Chișinău. In: materialele Conferinței "Implicațiile economice și sociale ale pandemiei COVID-19", 23 octombrie 2020 pp.143-145. ISBN 978-9975-3463-3-7.

42. PAREDES-BELMAR, G. et al. *The milk collection problem with blending and collection points.* In: Computers and Electronics in Agriculture, Volume 134, March 2017, Pages 109-123. (accesat 12.03.2021). Disponibil:https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.015.

43. MOGOTU, M., W., ABONG, G., O., MBURU, J., NDAMBI, O., A. *Assessment of hygiene practices and microbial safety of milk supplied by smallholder farmers to processors in selected counties in Kenya.* In: Trop Anim Health Prod 54, 220 (2022). (accesat 23.10.2022) Disponibil: https://doi.org/10.1007/s11250-022-03214-7.

44. POPESCU, V., **URSATII, N.**, MELENCIUC, M., VOLCONOVICI, O., BALAN, T., ALII, M. *Studiul privind reducerea consumului de energie electrică în procesul de păstrare a produselor agroalimentare.* In:Intellectus 1/2023, pp. 184-189. ISSN 1810-7087.

45. ANSA, Direcţia Sanitar-Veterinară, Siguranță și Calitatea Produselor Alimentare de Origine Animală**.** *Lista unităților autorizate care produc si procesează alimente de origine animală*- Centre de colectarea a laptelui crud [accesat 26.03.2021]. Disponibil: http://www.ansa.gov.md/ro/content/informa%C5%A3ii-publice.

46. LEE, A., P., BARBANO, D., M. AND DRAKE, M., A. Short communication: The effect of raw milk cooling on sensory perception and shelf life of high-temperature, short-time (HTST)–pasteurized skim milk. Journal of Dairy Science Vol. 99 No. 12, 2016. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11771.

47. MHUNDWA, R., SIMON, M. AND TANGWE, S. *Energy management opportunities in raw milk cooling in a dairy farm: the potential of using a raw milk pre-cooler*. Fort Hare Institute of Technology, University of Fort Hare, P. Bag X1314, Alice, 5700, South Africa, 2017. (accesat 28.11.2021). Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/324686232_energy_management_opportunities_in_raw_milk_cooling_in_a_dairy_farm_the_potential_of_using_a_raw_milk_pre-cooler.

48. FRISO, D., BORTOLINI, L. AND TONO, F. *Exergetic Analysis and Exergy Loss Reduction in the Milk Pasteurization for Italian Cheese Production*. Energies 2020, 13, 750; doi:10.3390/en13030750.

49. ВОЛКОНОВИЧ, А., **УРСАТИЙ. Н.,** et al. *Особенности, цели и задачи исследований автоматизировнных технологических линий обработки молока как объектов управления*. Chișinău. Simpozionului Ştiinţific Internaţional „Reglementarea utilizării resurselor naturale:

realizări și perspective” din 30 septembrie - 1 octombrie 2021. In: Lucrări Științifice Vol. 55. CE UASM-2022, pp. 378-382, ISBN 978-9975-64-271-2.

50. BURKE, N., et al. *Evaluating the Temperature of Incoming Raw Milk at a Dairy Processing Plant.* In: HSOA Journal of Dairy Research and Technology, 2021, 5 p. doi: 10.24966/DRT-9315/100024, ISSN: 2688-9315.

51. ZAJÁC, P. et. al. *Effects of storage on the major constituents of raw milk*. In: Potravinarstvo-Scientific Journal for Food Industry, vol. 9, 2015, no. 1, pp. 375-381. doi:10.5219/518, ISSN 1337-0960.

52. **URSATII, N.**, VOLCONOVICI, O. *Analiza consumului de energie electrică la punctele de colectare a laptelui din nordul Republicii Moldova.* Chișinău. In: Tezele celei de-a 75-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor și doctoranzilor. CE UASM, 2022, pp. 139, ISBN 978-9975-64-336-8.

53. TEZCAN, M., SIMGE-AKYURT, A. *Transforming of Conventional Type Squirrel Cage Induction Motor to Permanent Magnet Synchronous Motor for Improving Efficiency on Industrial Applications.* In: ISVOS Journal, 2022, 6(1). pp. 32-40. https://doi.org/10.47897/bilmes.1129634.

54. SARAC V., ILIEV D. *Synchronous Motor of Permanent Magnet compared to Asynchronous Induction Motor.* In: Electrotehnica, Electronica, Automatica (EEA), 2017, vol. 65, no. 4, pp. 51-58, ISSN 1582-5175.

55. GNACIŃSKI, P., MUC, A. , PEPLIŃSKI, M. *Line start permanent magnet synchronous motor supplied with voltage containing subharmonics*. In: Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin 74 (146), 2023, pp. 28-34. ISSN 2392-0378, DOI: 10.17402/561.

56. БРУЗДАЕВА, С., ГУДКОВА, Т. *Энергосберегающая комбинированная установка для охлаждения молока с использованием вторичных источников энергии*. Ульяновск. В: материалы VIII Международной научно-практической конференции. 7-8 февраля 2017 г. - 2017, ч. 1., с. 54-57. (accesat 03.04.2022). Disponibil: http://lib.ugsha.ru:8080/bitstream/123456789/11297/1/2017-01-54-57.pdf.

57. КОЗЛОВЦЕВ, А., КВАШЕННИКОВ, В., КОНСТАНТИНОВ, М., КОЗЛОВЦЕВА, С. *Секционный аккумулятор природного холода для охлаждения молока на фермах*. В: Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии 2016(4), с. 43-46. ISSN: 1997-3225.

58. СТЕПКА О., et. al. *Приемник-аккумулятор естественного холода для охлаждения молока*. Simpozionul „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto”. Chișinău : UASM, 2015. In: Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 440 – 442. ISBN 978-9975-64-276-7.

59. **URSATII, N**. *Studiul materialelor folosite la construcţia maşinilor electrice.* Chișinău. In: Tezele celei de-a 74-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor. CE UASM 2021, pp. 153. ISBN 978-9975-64-320-7.

60. **URSATII, N.,** AMBROS, T. *Studiul caracteristicilor electromagnetice al masinii sincrone cu magneţi permanenţi.* Chișinău. In: Lucrări ale coferinţei Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, UTM, 2009. ISBN: 978-9975-45-141-3.

61. AMBROS, T. *Convertizoare electrice şi electromecanice speciale*. Chișinău, Editura „Tehnica-Info" 2008, 288 p. ISBN: 978-9975-910-95-8.

62. AMBROS, T., BURDUNIUC, M., **URSATII, N.,** *Study on Synchronous Generator with Smooth Air Gap.* 4th International Symposium on Electrical Engineering and Energy Converters ELS2011. Suceava – Romania publicata in Buletinul AGIR nr. 4/2011 octombrie-decembrie pp. 7-10. ISSN 1224-7928 /ISSNe 2247-3548.

63. **URSATII, N.**, AMBROS, T. *Studiul asupra cămpului magnetic al generatorului sincron cu magneţi permanenţi*. Chișinău. In: Lucrări ale coferinţei Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, UTM, 2007. ISBN: 978-9975-45-068-3.

64. AMBROS, T., BURDUNIUC, M., **URSATII, N.** *Fluxes and dispersion reactances of the asyncronous machine* –SIELMEN 2011 8th International conference on electromechanical and power systems. Chisinau. publicata in Buletinul AGIR nr. 3-2012 iunie-august, pp. 335-340. ISSN 1224-7928 /ISSNe 2247-3548.

65. **URSATII, N**. *Influenţa geometriei magnetului permanent asupra curbei inducţiei magnetice din întrefer.* Chisinau. In: Lucrări ale coferinţei Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, UTM, din 17-19 noiembrie 2010. Vol.1/2011, pp. 359-361 ISBN 978-9975-45-065-2. ISBN 978-9975-45-158-1.

66. **URSATII, N**. *Coificientul de umplere a spauţiului înfăşurării statorice a maşinii isncrone fără crestături.* Chisinau. In: Lucrări ale coferinţei Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, UTM, din 17-19 noiembrie 2010. Vol.1/ 2011, pp. 357-358. ISBN 978-9975-45-065-2. ISBN 978-9975-45-158-1.

67. AMBROS, T., **URSATII, N.** *Armature's reaction in synchronous devices with smooth magnetic gap*. EPE 2010 6TH international conference on electrical and power engineering 28-30 October 2010 - Iaşi, Romania, pp.150-152. ISBN 978-606-13-0079-2; 978-606-13-0078-5.

68. DAICU A., et al. *Structural and functional diagram, automatic graphs and operating algorithms of the natural and artificial cold receiver/accumulator for milk cooling.* In: EMERG, Volume VI, Issue 4/2020, pp. 13-22. ISSN 2668-7003, ISSN-L 2457-5011.

69. КИРСАНОВА, А., ВОЛКОНОВИЧ, А., СЛИПЕНКИ, В., ВОЛКОНОВИЧ. И. *Расчет толщины намораживания льда в льдохранилищах систем естественного холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции.* Chișinău. In: Ştiinţa agricolă, nr. 1. CE UASM 2020, p.p. 127-136. ISSN 1857-0003 /ISSNe 2587-3202.

70. КОЗЛОВЦЕВ, А. *Результаты экспериментального исследования тепломассообменных процессов при использовании естественного холода*. Оренбург. В: Известия ОГАУ 2017, N 3(65). с. 96-99. ISSN 2073-0853.

71. ФОКИН, А., et al. *Комбинированная установка для охлаждения молока с использованием искусственного и естественного холода.* В: Техника и оборуд.для села. 2015, N 10, с. 11-12. ISSN 2072-9642.

72. ШИЛИН, В., ГЕРАСИМОВ, О., ЛОБАЧЕВ, А. *Использование естественного холода как охлаждающего агента для молока.* В: Вестник Всероссийского научно-исслед. института механизации животноводства. 2012, №2, с. 195-200. ISSN 2226-4302.

73. ШИЛИН, В., ГЕРАСИМОВА, О., ЛОБАЧЕВ, А. *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.

74. САДОВ, В., КАПУСТИН, Н. *Автоматизированная установка для охлаждения молока при использовании естественного хладоносителя.* В: Вестник Алтайского государственного аграрного университета No 11(205), 2021 с. 116-122, (accesat 02.01.2021). Disponibil: https://doi.org/10.53083/1996-4277-2021-205-11-116-122.

75. ГАРЯЕВ, А., КОРОТКЕ, Ю. *Оценка масштабов и перспектив использования холода окружающей среды для экономии энергии*. Вестник МЭИ. 2018. No 4. С. 58—70. DOI: 10.24160/1993-6982-2018-4-58-70.

76. КОРШУНОВ Б. et. al. *Энергосберегающее оборудование для аккумуляции холода и эффективного использования энергии льда*. In: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology Nr.2 (119) 2013, с. 132-138. УДК 62-71.

77. ESCOLAR, C., H., D., et al. *Development of Portable Chiller for Carabao Milk with Independent Cooling System using Thermoelectric Effect.* In: Proceedings of the 2nd African International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Harare, Zimbabwe, December 7-10, 2020, pp. 2162-2171. (accesat 15.01.2022). Disponibil: http://www.ieomsociety.org/harare2020/papers/492.pdf.

78. ВОЛКОНОВИЧ Л., et al. *Математическая модель и производственные испытания установок сезонного действия для охлаждения молока*. In: *Ştiinţa Agricolă*. 2016, nr. 1, pp. 126-133. ISSN 1857-0003.

79. СЛИПЕНКИ, В., **УРСАТИЙ, Н.,** et al. *Анализ процесса учета, транспортировки, очистки и охлаждения молока на фермах.* Chișinău. Simpozionului Ştiinţific Internaţional „Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective” din 30 septembrie - 1 octombrie 2021. In: Lucrări Științifice Vol. 55. CE UASM-2022, pp. 387-391, ISBN 978-9975-64-271-2; 978-9975-64-328-3.

80. КУШНИР, М. *Выбор и обоснование оптимальных параметров и режимов работы, автоматизированных энергосберегающих технологических систем охлаждения молока.* Simpozionul„Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto”. Chișinău : UASM, 2015. In: Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 437 - 440. ISBN 978-9975-64-276-7.

81. ВОЛКОНОВИЧ, А., **УРСАТИЙ. Н.,** et al. *Аналитический обзор и анализ тенденций развития автоматизированных технологических процессов и технических средств линий обработки молока на фермах.* Chișinău. Simpozionului Ştiinţific Internaţional „Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective” din 30 septembrie - 1 octombrie 2021. In: Lucrări Științifice Vol. 55. CE UASM-2022, pp. 404-407, ISBN 978-9975-64-271-2.

82. МАЛАИ Л., et. al. *Функционально-структурная схема энергосберегающей установки для охлаждения молока*. Simpozionul „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto”. Chișinău : UASM, 2015. In: Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 432 - 434. ISBN 978-9975-64-276-7.

83. ВОЛКОНОВИЧ, Л., et al. *Методика разработки унифицированной системы электрооборудования энергосберегающих технологических линий обработки молока*. In: Știința agricolă Nr. 1. Chișinău 2015,. pp 87-95 ISSN 1857-0003 /ISSNe 2587-3202.

84. ВОЛКОНОВИЧ, Л., et al. *Разработка и систематизация алгоритмов управления электрооборудованием энергосберегающих технологических линий обработки молока.* In: Știința Agricolă Nr.2. Chișinău 2015. pp 61-68. ISSN 1857-0003 /ISSNe 2587-3202.

85. СЛИПЕНКИ, В., **УРСАТИЙ, Н.,** et al. *Передовой зарубежный и отечественный опыт развития технологий и линий первичной обработки молока на фермах*. Chișinău. Simpozionului Ştiinţific Internaţional „Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective” din 30 septembrie - 1 octombrie 2021. În: Lucrări Științifice Vol. 55. CE UASM-2022, pp.371-373, ISBN 978-9975-64-271-2.

86. ГЕРБЕР, Ю. et. al. *Энергетические показатели работы термосмешивающей системы в линии переработки молока с использованием комплексной энергозамещающей установ.* В: Вестник ФГОУ ВО МГАУ, 2018, No 6 (88), с. 65-69. УДК 664.8.022.1 DOI 10.26897/1728-7936-2018-6-65-69.

87. LIZANDRA, F., et al. *The effect of different precooling rates and cold storage on milk microbiological quality and composition.* In: Published by FASS Inc. and Elsevier Inc. on behalf of the American Dairy Science Association, 2018. pp. 1921-1929. (accesat 19.10.2020). Disponibil: https://doi.org/10.3168/jds.2017-13668.

88. САПОЖНИКОВ, Ф., КОЛОНЧУК, В., НАЗАРОВ, Ф. *Охлаждение молока и техническое обслуживание установок.* Минск. В: БГАТУ, 2016. 88 с. ISBN 978-985-519-807-0.

89. **URSATII, N.,** SLIPENCHI, V. *Soluții de prerăcire a laptelui în procesul de colectare de la producătorii casnici.* Chișinău. In: Tezele celei de-a 75-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor și doctoranzilor. CE UASM, 2022, pp. 140. ISBN 978-9975-64-336-8.

90. SAMPLES, L., et al. *Cooling Systems for Transport of Unpreserved Milk.* Journal of Dairy Science Vol. 73, No.9. 1990, pp. 2299-2308 (accesat 02.01.2021). Disponibil: https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(90)78911-4/pdf.

91. TÎRŞU, M., UZUN, M. *Analiza situației în domeniul celulelor fotovoltaice pe piața internațională şi naţională.* Chișinău. In: Problemele energeticii regionale 2(16)/2011, pp. 75-84. ISSN 1857-0070.

92. DESAI, D., et al. *Application of Solar energy for sustainable Dairy Development.* European Journal of Sustainable Development (2013), 2, 4, pp. 131-140. ISSN: 2239-5938.

93. REKIOUA, D., MATAGNE, E. *Optimization of Photovoltaic Power Systems, Modelization, Simulation and Control*, Springer 2012, Green Energy and Technology. (accesat 19.03.2022). Disponibil: https://simsee.org/simsee/biblioteca/Optimization%20of%20 Photovoltaic %20Power %20Systems%20Modelization%20Simulation%20and%20Control.pdf.

94. КОЗЮКОВ, Д. *Параметры и режимы работы фотоэлектрических установок для фермерских рыбоводных хозяйств.* Автореферат диссертации. Краснодар, «Кубанский Государственный Аграрный Университет Имени И. Т. Трубилина», 2017. 22 с. accesat 03.04.2022). Disponibil: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008712643/.

95. IRENA (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN 978-92-9260-348-9.

96. GAVRILĂ, L. *Fenomene de transfer*. Bacău În: Vol. II Transfer de căldură şi de masă. 2000, Editura ALMA MATER. 194 p. (accesat 13.09.2021) Disponibil: https://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2011/03/fenomene-de-transfer-2.pdf.

97. ИВАНОВ, В. *Повышение энергоэффективности оборудования для охлаждения молока с использованием природного холода.* Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук. Москва: ВИЭСХ, 2016, 164 с. (acces. 21.08.2020).Disponibil: http://mgau.ru/upload/iblock/d3e/d3eade209d34d13ee956a073d587b5c7.pdf.

98. КОЛОМИН, И., КРАШЕНИННИКОВ, С. *Расчет элементов системы жидкостного охлаждения поршневого двигателя внутреннего сгорания*. Самара. В: учебное пособие, Издательство Самарского Университета, 2021, 76 с. ISBN 978-5-7883-1705-2.

99. ДОВГЯЛЛО, А. et al. *Расчет системы охлождения лазернои установкию.* Самара, В: Издательство СГАУ 2009, 32 с. (accesat 17.06.2020). Disponibil: http://repo.ssau.ru/handle/Metodicheskie-ukazaniya/Raschet-sistemy-ohlazhdeniya-lazernoi-ustanovki-Elektronnyi-resurs-metod-ukazaniya-53112.

100. КАРАПУЗОВА, Н., ФОКИНБ В. *Расчет теплообменных аппаратов*. В: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / М-во образования и науки Р. Ф., Волгоград, ГАСУ, 2013. 64 с. УДК 621.184.64 (076.5).

101. УЧЕВАТКИН, А., НОЗДРИНА, Т. *Математическая модель системы комбинированного охлаждения сельскохозяйственной продукции с использованием природного холода.* В: Вестник ФГОУ ВПО МГАУ № 2-2008, с. 24-28. УДК [631.3:621.31] + [637.133.1:519.86]. (accesat 17.06.2020). Disponibil: https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-sistemy-kombinirovannogo-ohlazhdeniya-selskohozyaystvennoy-produktsii-s-ispolzovaniem-prirodnogo-holoda.

102. PEARSICĂ, M., PETRESCU, M. *Maşini Electrice.* Editura Academiei Forţelor Aeriene "HENRI COANDĂ", România, Braşov 2007, 161 p. ISBN 978-973-8415.

103. МИШУРОВ, Н. *Биоэнергетическая оценка и основные направления снижения энергоемкости производства молока*. Москва, В: науч. изд. ФГНУ «Росинформагротех» 2010, 152 с. ISBN 978-5-7367-0810-9.

104. КОРШУНОВ. Б. et al. *Математическая модель и метод расчета параметров энергосберегающей теплохолодильной системы для животноводческих ферм.* В: Вестник ВИЭСХ. 2012, вып. 4(9), с. 34-38. ISSN 2304-5868.

105. GIUDICI, P. *A Mathematical Modeling of Freezing Process in the Batch Production of Ice Cream.* In: Foods 2021, 35 p. (acces. 26.03.2022) Disponibil: https://doi.org/10.3390/foods10020334.

106. JORDAN, R. *Modeling and testing of an ice bank for milk cooling after milking.* In: Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.38, n.4, pp. 510-517, jul./ago. 2018, ISSN: 1809-4430.

107. ШАХОВ, В., КОЗЛОВЦЕВ, А., АШИРОВ, И. *Альтернативные источники энергии в системе охлаждения пищевой продукции.* Оренбург. В: Известия ОГАУ 2017, N3 (65). с. 99-101. ISSN 2073-0853.

108. METEOBLUE.COM, *Datele statistice cu privire la temperaturile aerului atmosferic* (accesat 23.10.2022). Disponiobil:https://www.meteoblue.com/ro/vreme/historyclimate/weatherarchive/dondușeni_republica-moldova_618382

109. ТИХОМИРОВ, И., АКСЕНОВА, В., АНДРЮХИНА, О. *Современные технологии управления процессами обеспечения качества молока* г. Москва, В: Вестник ВНИИМЖ №3(23)-2016, с. 42-50. (accesat 15.03.2021). Disponibil: http://imzhpro.ru/wp-content/uploads/n23.pdf.

110. **URSATII, N.** *Metodologia de măsurare a rezistenței izolației instalațiilor electrice folosite în domeniul agroindustrial.* Chișinău. In: Lucrări Științifice Vol. 55. CE UASM-2022, ale Simpozionului Ştiinţific Internaţional „Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective" din 30 septembrie - 1 octombrie 2021, pp. 392-399, ISBN 978-9975-64-271-2; 978-9975-64-328-3.

111. ВОЛКОНОВИЧ, Л., СЫРГИ, К. *Энергосберегающие, экологические системы естественного холода для хранения пищевых продуктов.* Кишинев 2002, Tipogr. AȘ a RM, 336 p. ISBN 9975-62-078-7.

112. УЧЕВАТКИН, А. *Автоматизированные энергосберегающие технологии и система электрооборудования линий первичной обработки молока на фермах*. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора тех. наук. Москва: ВИЭСХ, 1998, 43 с. (acces. 19.06.2020). Disponibil: https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01000206919.pdf?ver=2.

113. **VITRA S.R.L.** *Prețul mașinii de preparare a gheții.* (accesat 11.01.2021). Disponibil: https://shop.vitra.md/ro/kitchen-equipments-and-tools/equipment-for-bars-and-restaurants/

114. **COMPASS S.R.L.** *Prețurile la sistemele fotovoltaice **O**n-grid 2021*. (accesat 28.03.2021). Disponibil:https://amper.md/produs/sistem-fotovoltaic-on-grid/

115. **URSATII, N.**, VOLCONOVICI, O. *Clasificarea instalațiilor frigorifice din punctele de colectare a laptelui gestionate de sa "Inlac".* Chișinău. In: Tezele celei de-a 75-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor și doctoranzilor. CE UASM, 2022, pp. 138, ISBN 978-9975-64-336-8.

116. AMMAR, E. M. A, ISMAIL, M. M., EL-SHAZLY, A. A. AND EID, M. Z. *Influence of cold storage and addition of variouslactations on properties of buffalo's and cow's milk.* In: African Journal of Food Science Vol. 4(9), pp. 608-614, September 2010. ISSN 1996-0794.

ANEXA 1

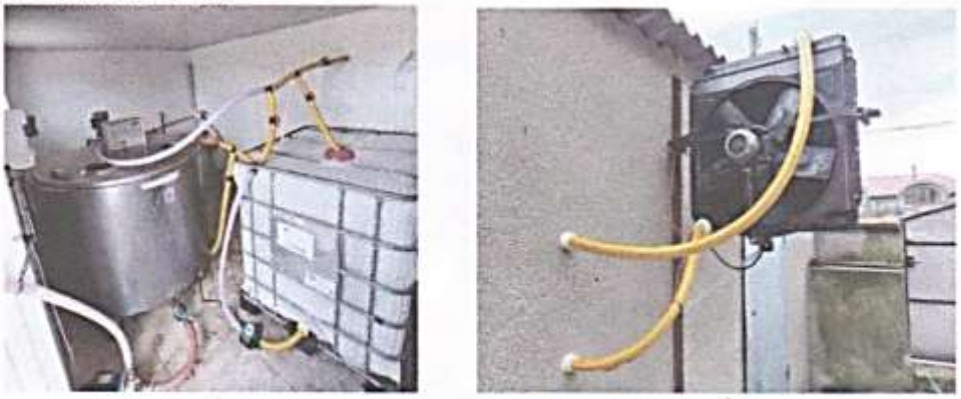
ACT DE IMPLIMENTARE

a instalației ecologice de răcire a laptelui combinată cu frig natural și artificial la PCL administrat de GȚ "Harabari Andrei Victor" s. Corbu, c-f 33405505

Instalația frigorifică experimentală, combinată cu frig natural și artificial a fost elaborată și implementată de doctorandul Ursatii Nicolai la punctul de colectare a laptelui GȚ "Harabari Andrei Victor", care a înlocuit instalația existentă de tip JAPY-tech, cu capacitatea 700 litri de lapte, putere 3,0 kW, cu răcitor capacitiv.

Instalația experimentală cu consum redus de energie electrică (Fig. A1) este elaborată din:

- Schimbător de căldură în flux (radiator L_z=656 mm; L_h=672 mm; L=91 mm; h_c=70mm; V=7,5 litri) – 1 buc
- Ventilator cu 5 palete d= 660 mm (motorul asincron АЛ-12 4У4 180W, 1350 rot/min) - 1 buc
- Pompa de AFI model GRS 15/6 în 3 trepte cu puterea de: (III - 93 W pe 3,0 m^3/h; II – 60W pe 1,9 m^3/h ; I – 40 W pe 1.2 m^3/h) – 1buc
- Instalație de răcire cu frig artificial de tip JAPY-tech, cu puterea de 3,0 kW – 1 buc
- Schimbător de căldura capacitiv pentru răcirea laptelui 0,7 m^3 – 1 buc
- Acumulator de frig termoizolat de 2.2 m^3 – 1 buc
- Ventile – 5 buc
- Furtun d32 – 16 m
- Conectoare pentru furtun – 5 buc
- Senzor de temperatură PT1000, cu diapazonul de măsurare: -50^{0}C... 180^{0}C – 3 buc
- Panou de comanda -1 buc



a b

Fig. A1 Instalație frigorifică experimentală, combinată cu frig artificial și natural pentru răcirea laptelui la PCL a GȚ "Harabari Andrei Victor"
a – secțiune instalației frigorifice din interiorul PCL
b – secțiune instalației frigorifice din exteriorul PCL

Administrator PCL
GȚ "Harabari Andrei Victor" Harabari Andrei

Doctorand (executant) Ursatii Nicolai

Conducător științific
d.h.ș.t. prof. univ. Volconovici Liviu

24.12.2020

ANEXA 2

DEVIZ LOCAL Nr. 1
pentru executarea lucrărilor
de reutilare a instalației de răcire a laptelui cu implementarea frigului natural

Nr.	Denumirea lucrărilor	U/m	Cant	h-om	Tarif (lei, MDL)	Costul (lei, MDL)
1	Recondiționarea instalației cu frig artificial	ins.	1	2,10	52,57	110,40
2	Instalarea si izolarea acumulatorului de frig	buc	1	1,35	52,57	70,97
3	Instalarea radiatorului	buc	1	2,60	52,57	136,68
4	Instalarea ventilatorului si pompei	buc	2	1,25	52,57	131,43
5	Montarea si conectarea furtunelor	con.	34	0,05	52,57	89,20
6	Elaborarea si conectarea PC	circ	1	2,40	52,57	126,27
	Total					664,95
	Cheltuieli de regie 27%					179,54
	Asigurare socială 24%					159,59
	Total					1004,07
	Materiale					
	Radiator	buc	1		1083,33	1083,33
	Ventilator	buc	1		666,67	666,67
	Popa	buc	1		500,00	500,00
	Furtun D32	m	18		20,83	374,94
	Ventile	buc	5		16,67	83,35
	Conector furtun T	buc	5		16,67	83,35
	Hamut	buc	34		2,08	70,72
	Senzor de temperatura	buc	3		33,33	99,99
	Panou comanda (reutilat)	buc	1		806,67	806,67
	Acumulator de frig	buc	1		250,00	250,00
	Total materiale					4019,02
	Total materiale+lucru					5023,09
	Beneficiu					60,24
	Total fără TVA					5083,33
	TVA 20%					1016,67
	TOTAL					**6100,00**

Director

SRL „MGS ENERGO GRUP”

Struna Alexandru

ANEXA 3

Tarifele plafon la energia electrică
Conform Hotărârii Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică nr. 101 din 24 iunie 2003

Categoriile de consumatori	Tarif fără TVA (bani/kwh)
1. Livrarea energiei electrice de către Î.C.S. "RE Chișinău" S.A., "RED Centru" S.A. şi "RED Sud" S.A.	
- pentru consumatorii conectați la rețelele cu nivelul de tensiune 110 kV, care dispun în punctele de delimitare de echipament de măsurare intelectual	55,0
- pentru consumatorii rezidențiali care locuiesc în blocurile locative echipate (conform proiectelor) cu plite electrice	60,0
- pentru alte categorii de consumatori	80,0
2. Livrarea energiei electrice de către "RED Nord" S.A. şi "RED Nord – Vest" S.A.	
- pentru consumatorii conectați la rețelele cu nivelul de tensiune 110 kV, care dispun în punctele de delimitare de echipament de măsurare intelectual	55,0
- pentru consumatorii rezidențiali care locuiesc în blocurile locative echipate (conform proiectelor) cu plite electrice	53,0
- pentru alte categorii de consumatori	70,0
3. Furnizarea energiei electrice la tarif opțional pentru consumatorii rezidențiali de către "RED Nord" S.A. şi "RED Nord – Vest" S.A.	
- consum lunar până la 50 kWh*	55,0
- consum lunar de peste 50 kWh	1,65 lei/kwh

* În cazul când consumatorul are mai multe locuri de consum, limita de 50 kWh se referă la consumul sumar. Trecerea la tariful opțional se va efectua prin depunerea de către consumatorul casnic a unei cereri în scris la oficiile comerciale ale rețelelor de distribuție. Revenirea la tariful de bază se va efectua în același mod.

Notă:

1. **Pentru consumatorii industriali şi similari lor, care dispun de aparate corespunzătoare de evidentă, plata pentru energia consumată se efectuează la tarife diferențiate, în funcție de orele de consum:**

- între orele: 10:00-17:00, 20:00-22:00 în trimestrele I şi IV; între orele 10:00-20:00 în trimestrele II şi III ale anului - cu coeficientul 1,0 de la tariful stabilit;

- în orele de vârf: 7:00-10:00, 17:00-20:00 în trimestrele I şi IV; în orele de vârf 7:00-10:00, 20:00-22:00 în trimestrele II şi III ale anului - cu coeficientul 1,6 de la tariful stabilit;

- **în orele de noapte 22:00-7:00 pe parcursul întregului an - cu coeficientul 0,6 de la tariful stabilit**.

Pentru consumatorii casnici, care dispun de aparate corespunzătoare de evidentă, plata pentru consumul energiei în orele de noapte (de la orele 22:00 până la orele 6:00) se efectuează cu coeficientul 0,6 de la tariful stabilit.

Aceste prevederi sunt valabile în cazul când contractele dintre furnizor şi distribuitor, şi respectiv distribuitor – consumator includ asemenea clauze.

ANEXA 4

Extras din registrul de evidență a temperaturii laptelui la primire în PCL GȚ "Harabari Andrei Victor" s. Corbu, c-f 33405505

Temperatura laptelui măsurată, t ^{0}C								
Data (Ianuarie 2020)	04	08	11	15	18	22	25	29
Tura de colectare I - t ^{0}C	17	20	19	18	19	17	18	20
Tura de colectare II - t ^{0}C	18	20	18	17	19	19	19	20
Data (Februarie 2020)	01	05	08	12	15	19	22	26
Tura de colectare I - t ^{0}C	19	17	19	20	18	18	17	19
Tura de colectare II - t ^{0}C	19	18	18	19	18	19	18	18
Data (Martie 2020)	01	05	08	12	15	19	22	26
Tura de colectare I - t ^{0}C	19	19	19	20	21	20	19	20
Tura de colectare II - t ^{0}C	20	20	21	21	20	21	20	21
Data (Aprilie2020)	05	09	12	16	19	23	26	30
Tura de colectare I - t ^{0}C	19	20	19	20	22	21	22	21
Tura de colectare II - t ^{0}C	20	20	20	21	22	22	23	23
Data (Mai 2020)	03	07	10	14	17	21	24	28
Tura de colectare I - t ^{0}C	23	22	23	23	23	23	24	24
Tura de colectare II - t ^{0}C	24	24	23	24	23	24	23	24
Data (Iunie 2020)	04	07	11	14	18	21	25	28
Tura de colectare I - t ^{0}C	25	26	25	26	27	27	28	28
Tura de colectare II - t ^{0}C	25	27	27	27	28	29	29	30
Data (Iulie 2020)	02	05	09	12	16	19	23	26
Tura de colectare I - t ^{0}C	29	29	30	30	30	30	30	31
Tura de colectare II - t ^{0}C	30	30	31	30	31	32	31	31
Data (August 2020)	02	06	09	13	16	20	23	27
Tura de colectare I - t ^{0}C	30	29	30	29	29	28	27	28
Tura de colectare II - t ^{0}C	31	31	31	30	30	29	28	29
Data (Septembrie 2020)	03	06	10	13	17	20	24	27
Tura de colectare I - t ^{0}C	27	26	27	28	27	26	25	25
Tura de colectare II - t ^{0}C	28	28	28	29	28	27	27	26
Data (Octombrie 2020)	04	08	11	15	18	22	25	29
Tura de colectare I - t ^{0}C	26	25	24	24	24	23	24	23
Tura de colectare II - t ^{0}C	27	26	25	25	24	24	25	24
Data (Noiembrie 2020)	01	05	08	12	15	19	22	26
Tura de colectare I - t ^{0}C	23	22	21	20	20	20	18	17
Tura de colectare II - t ^{0}C	24	23	22	21	21	21	20	18
Data (Decembrie 2020)	03	06	10	13	17	20	24	27
Tura de colectare I - t ^{0}C	19	18	18	17	17	18	18	17
Tura de colectare II - t ^{0}C	19	19	17	18	17	17	18	18

Măsurarea temperaturii se efectuează cu termometrul alimentar digital de tip TP-300, cu diapazonul de măsurare de la -50 C până la 300^{0}C și rezoluția de 0.1^{0}C

Administrator PCL
GȚ "Harabari Andrei Victor" Harabari Andrei

Doctorand Ursatii Nicolai

ANEXA 5

Extras din registrul de evidență a consumului de energie electrică și a volumului de lapte colectat la PCL GȚ "Harabari Andrei Victor" s. Corbu, c-f 33405505

Evidență a consumului de energie electrică și a volumului de lapte pentru 2020

PCL dotat cu Instalație frigorifică de tip JAPY-tech, capacitatea 700 litri, putere 3,0 kW

Perioada	Consumul de energie electrică (kWh)	Volumul de lapte colectat (l)
Ianuarie	128	5890
Februarie	162	7084
Martie	249	11160
Aprilie	263	12450
Mai	268	12865
Iunie	359	17400
Iulie	412	20346
August	401	20243
Septembrie	386	18060
Octombrie	372	17732
Noiembrie	321	15600
Decembrie	181	8525
TOTAL 2020	**3502**	**167355**

Evidență a consumului de energie electrică și a volumului de lapte pentru 2021

PCL dotat cu Instalația frigorifică experimentală cu consum redus de energie electrică

Perioada	Consumul de energie electrică (kWh)	Volumul de lapte colectat (l)
Ianuarie	19	5983
Februarie	26	7588
Martie	53	11873
Aprilie	169	12060
Mai	256	13113
Iunie	344	16830
Iulie	376	20119
August	403	20830
Septembrie	336	17640
Octombrie	251	17949
Noiembrie	115	15120
Decembrie	24	8308
TOTAL 2021	**2372**	**167413**

În perioada 15.07.2021-19.07.2021 în procesul de colectare a laptelui de la producătorii casnici sa implementat prerăcirea laptelui cu gheață (cantitatea de gheață folosit la prerăcire constituia 6-9 % din cantitatea de lapte).

Administrator PCL
GȚ "Harabari Andrei Victor" Harabari Andrei

Doctorand Ursatii Nicolai

ANEXA 6

Extras din registrul de evidență a laptelui alterat pentru perioada 2018-2021
la PCL GȚ "Harabari Andrei Victor" s. Corbu, c-f 33405505

Evidenta laptelui ce nu corespunde normelor de predare pentru prelucrare in 2018

Data	Tura	Volumul	*pH* măsurat	Limitele Normative (*pH*)
29.06.2018	I	312	6.25	6.33-6.59
13.07.2018	II	267	6.18	6.33-6.59
19.07.2018	II	288	6.15	6.33-6.59
28.07.2018	II	276	6.06	6.33-6.59
23.08.2018	II	292	6.22	6.33-6.59
TOTAL 2018		**1435**		

Evidenta laptelui ce nu corespunde normelor de predare pentru prelucrare in 2019

Data	Tura	Volumul	*pH* măsurat	Limitele Normative (*pH*)
18.06.2019	II	258	6.26	6.33-6.59
09.07.2019	II	283	6.08	6.33-6.59
27.07.2019	II	217	5.98	6.33-6.59
TOTAL 2019		**758**		

Evidenta laptelui ce nu corespunde normelor de predare pentru prelucrare in 2020

Data	Tura	Volumul	*pH* măsurat	Limitele Normative (*pH*)
03.07.2020	II	223	6.21	6.33-6.59
19.07.2020	II	228	6.02	6.33-6.59
30.07.2020	II	201	6.07	6.33-6.59
12.08.2020	II	217	6.19	6.33-6.59
TOTAL 2020		**869**		

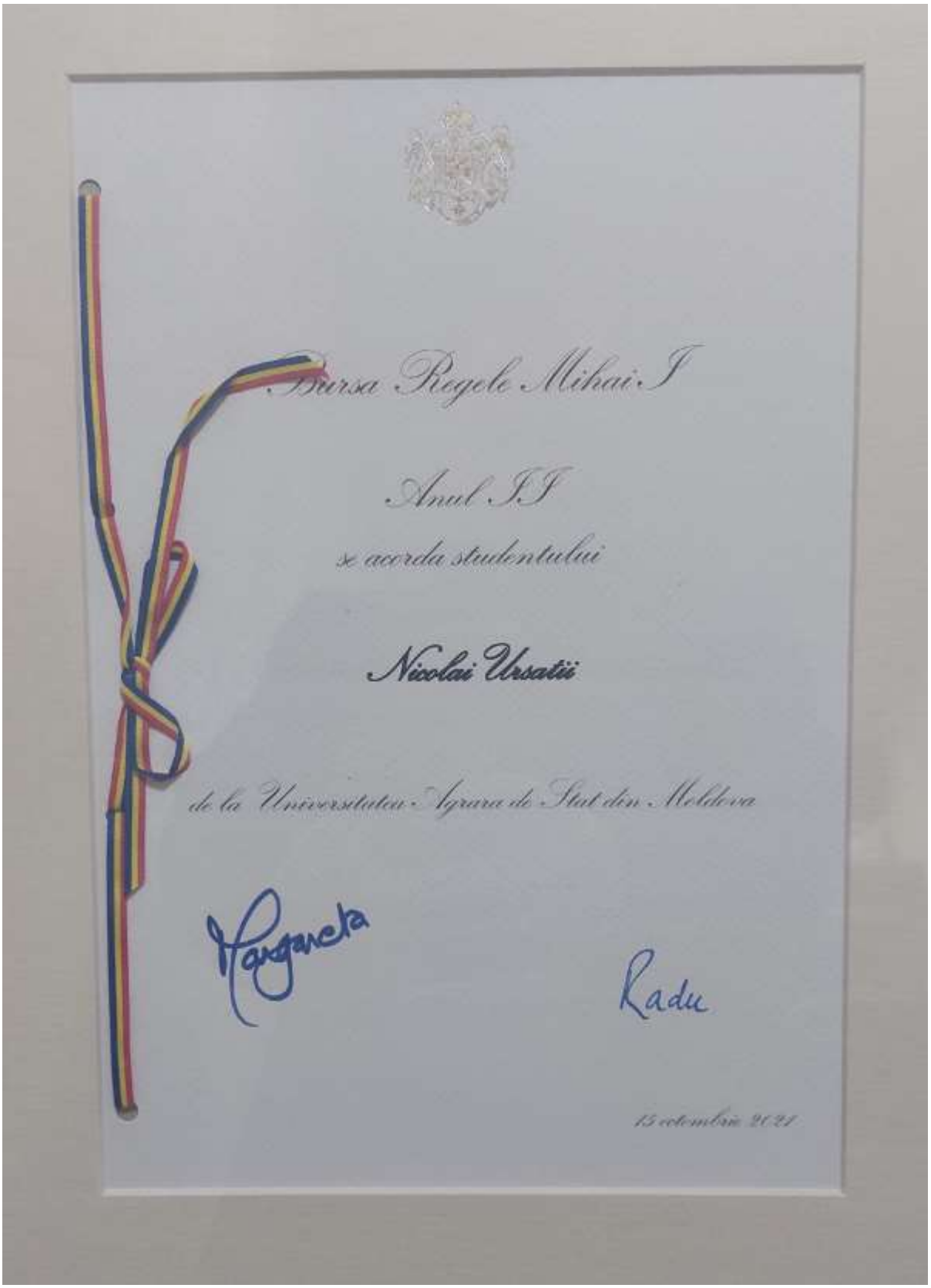
Evidenta laptelui ce nu corespunde normelor de predare pentru prelucrare in 2021

Data	Tura	Volumul	*pH* măsurat	Limitele Normative (*pH*)
03.07.2021	II	267	6.16	6.33-6.59
06.08.2021	II	258	5.95	6.33-6.59
18.08.2021	II	222	6.15	6.33-6.59
TOTAL 2021		**747**		

NOTA: Măsurările s-au realizat cu PH-metru digital de tip - HI98162

Administrator PCL
GȚ "Harabari Andrei Victor" Harabari Andrei

ANEXA 7


Bursa Regele Mihai I
Anul I.I
se acorda studentului
Nicolai Ursatii
de la Universitatea Agrara de Stat din Moldova
Margareta
Radu
15 octombrie 2021

ANEXA 8

MINISTERUL AGRICULTURII
ȘI INDUSTRIEI ALIMENTARE
AL REPUBLICII MOLDOVA

UNIVERSITATEA AGRARĂ
DE STAT DIN MOLDOVA

NOBIS RECTA SAPERE

DIPLOMA

Se acordă

Ursatii Nicolae

pentru rezultate în cercetare și clasificarea pe locul I
la Conferința științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor

23.03.2022

Rector

ANEXA 9

MINISTERUL AGRICULTURII, ȘI INDUSTRIEI ALIMENTARE AL REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA
DIPLOMA
de Excelență
se acordă
Studentului (ei) Ursalii Nicolai
pentru performanțe în cercetare și prezentarea acestora la ședința plenară a celei de-a 75-a conferințe științifice a studenților, masteranzilor și doctoranzilor.
30 martie 2022
Rector

DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA PROPRIEI RĂSPUNDERI

Subsemnatul, Nicolai URSATII , declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctor sunt rezultatul propriilor cercetări şi realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

09 martie 2023 Nicolai URSATII

CURRICULUM VITAE

europass

INFORMAŢII PERSONALE	
Nume	**Nicolai URSATII**
Cetățenia	**MD**
Data nașterii	**07.03.1986**
Studii	**<u>Noiembrie 2019 până in prezent</u>** Instituția - Universitatea Tehnica a Moldovei (UTM/UASM), Departamentul – Ingineria Fabricației Studii - Superioare ciclul III (de Doctorat) Domeniul științific: Științe inginerești Nivelul de Calificare - Doctorand **<u>Septembrie 2008 până in ianuarie 2010</u>** Instituția - Universitatea Tehnica a Moldovei, Catedra - Electromecanică și Metrologie Studii - Superioare ciclul II (de Masterat) Diploma – de Master seria AMC000001200 Nivelul de Calificare – Master în Inginerie și activități inginerești **<u>Septembrie 2004 până in iunie 2008</u>** Instituția - Universitatea Tehnica a Moldovei, Catedra - Electromecanică Studii - Superioare ciclul I (de Licență) Diploma – de Licența seria ALI000009126 Nivelul de Calificare – Inginer Electromecanic Licențiat
Stagii	**<u>August 2021</u>** Instituția – Programul UE - Erasmus+, Cursuri - Mobilitatea academica „Eco-Future” or. Van, Turcia Certificat de participare - din 08.08.2021 perioada 01.08.21-08.08.21 Nivelul de Calificare – Participant/Lider de Grup
Domenii de interes științific	**Surse regenerabile de energie** **Eficiență energetică**
Participări în proiecte științifice	**<u>2020-2022 UTM/UASM</u>** Proiectul științific nr. 20.80009.5107.04 cu tema „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemei de cultură și schimbărilor climatice”

Participări la manifestații științifice

2022 - Cea de-a 75-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor și doctoranzilor. Chișinău UASM, 2022
2021 - Simpozionului Ştiinţific Internaţional „Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective" dedicat aniversării a 70 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept
2021 - Cea de-a 74-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor și doctoranzilor. Chișinău UASM, 2021
2020 - Cea de-a 73-a conferinţă ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor și doctoranzilor. Chișinău UASM, 2020
2015 - SIELMEN 2015 10th International Conference on Electromechanical and Power Systems. Craiova-Chișinău
2011 - SIELMEN 2011 8th International conference on electromechanical and Power Systems. Chișinău
2011 - Conferința Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, 8 – 10 decembrie, 2011. Chișinău UTM
2010 - Conferința Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, 17 – 19 noiembrie, 2010. Chișinău UTM
2009 - Conferința Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, 12 decembrie, 2009. Chișinău UTM
2007 - Conferința Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor, 15 – 17 noiembrie, 2007. Chișinău UTM

Lucrări științifice publicate

- Articole în reviste naționale de categoria B – 4
- Articole în reviste internaționale – 2
- Publicații la manifestări științifice din RM (incluse în Registrele manifestărilor științifice aprobate de către ANACEC) - 6
- Publicații ale comunicărilor la conferințe din RM – 15
- Publicații la manifestări științifice de peste hotare - 2

Premii, mențiuni, distincții, titluri onorifice etc.

- Bursa de merit a Regelui Mihai I pentru performanțe științifice 2021, organizat de Casa Regală a României
- Diploma de clasificare pe locul I pentru rezultate în cercetare, la conferința științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor din 23.03.2022 organizată la FIATA de UASM
- Diploma de Excelență conferită la ședința plenară a celei de-a 75-a conferință a studenților, masteranzilor și doctoranzilor UASM - pentru performanțe în cercetare

Cunoașterea limbilor

Limba maternă **Română**

Limbi străine

Limba	Înțelegere				Vorbire				Scriere	
	Ascultare		Citire		Participare la conversație		Discurs oral		Exprimare scrisă	
Rusă	C1	nivel avansat	C1	nivel avansat	C1	nivel avansat	C1	nivel avansat	C1	nivel avansat
Engleză	A2	nivel elementar	A2	nivel elementar	A1	nivel începător	A1	nivel începător	A2	nivel elementar

Date de contact

e-mail: nursatii@gmail.com