

**UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA**

Cu titlu de manuscris

CZU: 621.56/.57+637.117(043.3)

**DAICU ANATOLIE**

**ARGUMENTAREA REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE ȘI A  
PARAMETRILOR CONSTRUCTIVI - TEHNOLOGICI AI INSTALAȚIEI  
ECOLOGICE AUTOMATIZATE CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL  
PENTRU RĂCIREA LAPTELUI**

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

**Teză de doctor în științe tehnice**

Conducător științific:

VOLCONOVICI Liviu,  
doctor habilitat  
profesor universitar

Autorul:

DAICU Anatolie

**CHIȘINĂU 2020**

**© DAICU Anatolie, 2020**

## CUPRINS

|                                                                                                                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ADNOTARE .....</b>                                                                                                                                                                                            | <b>5</b>   |
| <b>LISTA ABREVIERILOR.....</b>                                                                                                                                                                                   | <b>8</b>   |
| <b>LISTA TABELELOR .....</b>                                                                                                                                                                                     | <b>9</b>   |
| <b>LISTA FIGURILOR.....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>9</b>   |
| <b>INTRODUCERE .....</b>                                                                                                                                                                                         | <b>12</b>  |
| <b>1. NOȚIUNI GENERALE PRIVIND UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI A CELUI ARTIFICIAL ÎN PROCESUL DE RĂCIRE A LAPTELUI.....</b>                                                                                       | <b>17</b>  |
| 1.1. Caracteristica generală și modelul monitoringului biotehnologic al producerii și prelucrării primare a laptelui în Complexul Didactico-Experimental al UASM.....                                            | 17         |
| 1.2. Studiu privind instalațiile frigorifice pentru răcirea laptelui .....                                                                                                                                       | 25         |
| 1.3 Studiu privind utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui.....                                                                                                                | 29         |
| Concluzii la capitolul 1 .....                                                                                                                                                                                   | 38         |
| <b>2. SPORIREA PERFORMANȚEI INSTALAȚIILOR CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL PENTRU RĂCIREA LAPTELUI, UTILIZATE ÎN REPUBLICA MOLDOVA.....</b>                                                                         | <b>40</b>  |
| 2.1. Perfecționarea regimului de funcționare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră în liniile cu răcire în flux .....                                                                             | 40         |
| 2.2. Studiu privind regimul de răcire a apei în acumulatorul cu frig natural în intervalele dintre mulsori.....                                                                                                  | 47         |
| 2.3. Determinarea duratei și eficienței de utilizare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră pe teritoriul Republicii Moldova. ....                                                                 | 50         |
| 2.4. Modelul matematic al instalației modernizate cu frig natural pentru răcirea laptelui cu acțiune sezonieră .....                                                                                             | 56         |
| 2.5. Identificarea resurselor tehnologice de reducere a energiei electrice prin utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui .....                                                  | 60         |
| 2.6. Evaluarea performanței instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în funcție de defecțiunile echipamentelor .....                                                                  | 68         |
| Concluzii la capitolul II .....                                                                                                                                                                                  | 75         |
| <b>3. STUDIU INSTALAȚIILOR MODERNIZATE COMBinate PENTRU RĂCIREA LAPTELUI CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL CA OBIECT DE DIRIJARE .....</b>                                                                           | <b>77</b>  |
| 3.1 Contribuții la elaborarea schemei structural-funcționale a grafurilor automate și a algoritmilor de funcționare a instalației frigorifice pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică ..... | 77         |
| 3.2. Schema structural-funcțională, grafurile automate și algoritmi de funcționare a receptorului-acumulator cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitorul în flux.....                     | 85         |
| 3.3. Schema structurală și funcțională, grafurile automate și algoritmi de funcționare a instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv. ....                            | 91         |
| 3.4. Liniile tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică utilizate la prelucrarea primară a laptelui .....                                                                                     | 100        |
| 3.5 Evaluarea indicilor de exploatare și tehnologici ai instalațiilor cu frig natural și artificial.....                                                                                                         | 104        |
| 3.6. Contribuții la elaborarea modelelor matematice ale liniilor tehnologice automatizate de prelucrare primară a laptelui. ....                                                                                 | 109        |
| Concluzii la capitolul 3.....                                                                                                                                                                                    | 112        |
| <b>CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI .....</b>                                                                                                                                                                   | <b>115</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIE .....</b>                                                                                                                                                                                        | <b>118</b> |
| <b>ANEXA 1 .....</b>                                                                                                                                                                                             | <b>132</b> |
| <b>ANEXA 2 .....</b>                                                                                                                                                                                             | <b>135</b> |

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ANEXA 3 .....</b>                                         | <b>137</b> |
| <b>ANEXA 4 .....</b>                                         | <b>139</b> |
| <b>ANEXA 5 .....</b>                                         | <b>143</b> |
| <b>ANEXA 6 .....</b>                                         | <b>144</b> |
| <b>DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA PROPRIEI RĂSPUNDERI .....</b> | <b>153</b> |

## ADNOTARE

**la teza de doctor în științe tehnice cu tema „Argumentarea regimurilor de funcționare și a parametrilor constructivi - tehnologici ai instalației ecologice automatizate cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui”, Daicu Anatolie, Chișinău, 2020**

**Teza este constituită din** introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 113 titluri, 6 anexe, 117 pagini de text de bază, 47 de figuri, 15 tabele, 127 formule. Rezultatele cercetărilor sunt reflectate în 24 de lucrări științifice, inclusiv o monografie, 7 articole în reviste internaționale, 16 articole în reviste naționale.

**Cuvinte-cheie:** instalație frigorifică, acumulator cu apă, frig natural, răcirea laptelui, model matematic, eficiență energetică, grafuri automate, algoritm de funcționare.

**Scopul lucrării** constă în argumentarea metodologiei de răcire a laptelui cu frig natural și artificial prin determinarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalației ecologice automatizate.

**Obiectivele cercetării:** îmbunătățirea indicilor tehnici, energetici și economici ai instalației frigorifice combinate prin utilizarea frigului natural și a celui artificial; reducerea puterii electrice a instalației frigorifice combinate; reducerea esențială a consumului specific de energie electrică necesară la răcirea laptelui; perfecționarea regimurilor de funcționare și argumentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui; evaluarea eficacității utilizării instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui ținând cont de defectarea echipamentelor electrice.

**Noutatea și originalitatea științifică** constă în fundamentarea metodologică a utilizării frigului natural și artificial în cadrul utilajului de răcire a laptelui și a dimensiunii acumulatorului cu frig care permite argumentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalației ecologice automatizate.

**Problema științifică importantă soluționată:** îmbunătățirea indicilor tehnici, energetici și economici ai instalației frigorifice combinate prin utilizarea frigului natural și a celui artificial în baza modelului matematic elaborat în corelație cu legea distribuției temperaturii aerului atmosferic pentru zona din centrul Republicii Moldova.

**Semnificația teoretică** a lucrării constă în contribuția metodologică la determinarea parametrilor optimați ai instalației frigorifice combinate pentru Republica Moldova, care asigură o economisire a resurselor energetice.

**Valoarea aplicativă a lucrării:** a fost modernizată instalația frigorifică cu frig natural și artificial cu argumentarea parametrilor constructivi tehnologici optimați ai acumulatorului cu frig. **Implementarea rezultatelor științifice.** Rezultatele cercetărilor au fost implementate în cadrul proiectului transfrontalier MIS ETC 1549 „Promovarea producției sustenabile și implementarea bunelor practici în fermele de bovine din zona transfrontalieră România, Republica Moldova și Ucraina”. Componenta teoretică a cercetării este implementată în cadrul proiectului 20.80009.5107.04 „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemii de cultură și schimbărilor climatice ” pe perioada 2020-2023. Abordarea teoretică a cercetărilor efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții anului 3 și 4 a Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto în cadrul UASM..

## АННОТАЦИЯ

**докторской диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук с темой „ Обоснование режимов работы и конструктивно-технологических параметров автоматизированной экологической установки с естественным и искусственным холодом для охлаждения молока”, Дайку Анатолие, Кишинев, 2020**

**Структура диссертации** состоит из введения, содержит три главы, общие выводы и рекомендации, библиографию из 113 названий, 6 приложений, 117 страниц основного текста, 47 рисунка, 15 таблиц, 127 формул. Результаты исследования отражены в 24 научных статьях, в том числе в одной монографии, 7 статьях в международных журналах и 16 статьях в национальных журналах.

**Ключевые слова:** холодильная установка, аккумулятор воды, естественный холод, охлаждение молока, энергоэффективность автоматные графы, алгоритм функционирования.

**Цель исследования** заключается в обосновании методологии охлаждения молока с применением естественного и искусственного холода с определением конструктивных и технологических параметров автоматизированной экологической установки.

**Задачи исследования:** улучшение технико-энергетических и экономических показателей комбинированной холодильной установки за счет использования естественного и искусственного холода; снижение электрической мощности комбинированной холодильной установки; значительное снижение удельного расхода электроэнергии на охлаждение молока; совершенствование режимов работы и обоснование конструктивных и технологических параметров установок естественного и искусственного холода; оценка эффективности использования установок естественного и искусственного холода для охлаждения молока с учетом выхода из строя электрооборудования.

**Научная новизна и оригинальность** заключается в обосновании методологии использования естественного и искусственного холода для охлаждения молока, что позволяет аргументировать конструктивные и технологические параметры автоматизированной экологической установки.

**Важная научная проблема,** которая решена в диссертационной работе это улучшение технико-энергетических и экономических показателей комбинированной холодильной установки за счет использования естественного и искусственного холода на основе разработанной математической модели во взаимосвязи с законом распределения температуры атмосферного воздуха для центра РМ

**Теоретическая значимость** работы заключается в методологическом вкладе в определение оптимальных параметров комбинированной энергосберегающей холодильной установки для РМ.

**Практическая ценность работы** заключается в модернизации установки естественного и искусственного холода с обоснованием оптимальных конструктивных и технологических параметров аккумулятора холода.

**Внедрение научных результатов.** Результаты исследования внедрены в рамках институционального проекта MIS ETC 1549 «Содействие устойчивому развитию и внедрение передовой практики на животноводческих фермах в приграничной зоне Румынии, Республики Молдова и Украины». Теоретическая составляющая исследования внедрена в проекте 20.80009.5107.04 «Адаптация устойчивых и экологических технологий производства и хранения плодовой продукции с точки зрения количества и качества в зависимости от целостности системы растениеводства и изменения климата» на период 2020-2023 гг. Теоретические исследования использованы в курсах лекций «Возобновляемые источники энергии в аграрном секторе» и «Проектирование систем электрификации в агропромышленном комплексе» для студентов 3 и 4 курсов факультета сельскохозяйственной инженерии и автомобильного транспорта, ГАУМ.

## ANNOTATION

**for the Ph thesis in technical sciences” Argumentation of the operating regimes and of the constructive-technological parameters of the automated ecological installation with natural and artificial cold for milk cooling”, Daicu Anatolie, Chisinau, 2020**

The structure of the thesis includes introduction, three chapters, conclusions and recommendations, list of references from 113 sources, 6 appendixes, 117 pages of the main text, 47 figures, 15 tables, 127 formulas. The research results are reflected in 24 scientific papers, including a monograph, 7 articles in international journals, 16 articles in national journals.

**Key words:** refrigeration system, water accumulator, natural cold, milk cooling, energy efficiency automatic graphs, operating algorithm.

**The main goal** of this research consists in the argumentation of the methodology of cooling milk with natural and artificial cold by defining the constructive-technological parameters of the automated ecological installation.

**The objectives:** improving the technical, energetical and economical indices of the combined refrigeration system by using natural and artificial refrigeration; reducing the electrical power of the combined refrigeration system; the significant reduction in the specific consumption of electricity required for cooling milk; improving the operating regimes and proving the constructive and technological parameters of the installations with natural and artificial cold for cooling the milk; evaluation of the effectiveness of the use of installations with natural and artificial cold for cooling the milk taking into account the failure of electrical equipment.

**The scientific innovation** consists in the methodological substantiation of the use of natural and artificial cold in the milk cooling machine and in the size of the cold accumulator which allows the argumentation of the constructive and technological parameters of the automated ecological installation.

**The important scientific problem solved:** improving the technical, energetical and economical indices of the combined refrigeration installation by using natural and artificial cold based on the mathematical model developed and in correlation with the law of atmospheric air temperature distribution for the area in the center of the Republic of Moldova.

**The theoretical importance** of the paper consists in the methodological contribution to the determination of the optimal parameters of the combined refrigeration installation for the Republic of Moldova, which ensures a saving of energy resources.

**The practical importance:** the refrigeration system with natural and artificial cold was modernized with optimizing the technological constructive parameters of the cold accumulator.

**Implementation of scientific results.** The research results were implemented within the institutional project MIS ETC 1549:” Promoting sustainable production and implementing good practices in the farms from the cross-border area Romania, the Republic of Moldova and Ukraine”. The theoretical component of the research is implemented within the project 20.80009.5107.04: ”Adaptation of sustainable and ecological technologies for fruit production in terms of quantity and quality according to the integrity of the crop system and climate change” for the period of 2020-2023. The theoretical approach of the research is used in the lecture courses "Renewable energy sources in the agricultural sector" and "Design of electrification systems in the agricultural sector" for students of years 3 and 4 of the Faculty of Agricultural Engineering and Auto Transport within SAUM.

## LISTA ABREVIERILOR

|              |                                                            |
|--------------|------------------------------------------------------------|
| <i>AFNA</i>  | <i>acumulator cu frig natural și artificial</i>            |
| <i>AFN</i>   | <i>acumulator cu frig natural</i>                          |
| <i>CAI</i>   | <i>complex agroindustrial</i>                              |
| <i>FPL</i>   | <i>fermă de producere a laptelui</i>                       |
| <i>DTN</i>   | <i>documentație tehnică normativă</i>                      |
| <i>SR</i>    | <i>standard de ramură</i>                                  |
| <i>DG</i>    | <i>document-ghid</i>                                       |
| <i>SSSM</i>  | <i>Sistemul de Standarde de Siguranță a Muncii</i>         |
| <i>SAEE</i>  | <i>sistem de aprovizionare cu energie electrică</i>        |
| <i>ST</i>    | <i>specificații tehnice</i>                                |
| <i>DT</i>    | <i>deservire tehnică</i>                                   |
| <i>CZU</i>   | <i>clasificare zecimală universală</i>                     |
| <i>IFN</i>   | <i>instalație cu frig natural</i>                          |
| <i>IAC</i>   | <i>instalația de acțiune combinată</i>                     |
| <i>IAS</i>   | <i>instalație de acțiune sezonieră</i>                     |
| <i>IF</i>    | <i>instalație frigorifică</i>                              |
| <i>CDE</i>   | <i>complex didactico-experimental</i>                      |
| <i>ANRE</i>  | <i>Agenția Națională de Reglementare în Energetică</i>     |
| <i>CMMC</i>  | <i>Centrul Meteorologic al Municipiului Chișinău</i>       |
| <i>ADG</i>   | <i>Acumulatoare-Depozite de Gheață</i>                     |
| <i>ANRE</i>  | <i>Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică</i> |
| <i>SHS</i>   | <i>Serviciul Hidrometeorologic de Stat</i>                 |
| <i>FIATA</i> | <i>Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto</i>       |
| <i>RF</i>    | <i>Răcitor pentru răcirea laptelui în flux</i>             |
| <i>RC</i>    | <i>Răcitor pentru răcirea laptelui capacitiv</i>           |
| <i>RC</i>    | <i>Rezervor pentru păstrarea laptelui</i>                  |
| <i>GA</i>    | <i>Graf automat</i>                                        |



## LISTA TABELELOR

|                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelul 1.1. Cantitatea de lapte obținută pe anii 2016- 2020 .....                                                                                                                                               | 20  |
| Tabelul 1.2. Jurnal de mulsori pentru luna mai, anul 2020 .....                                                                                                                                                  | 21  |
| Tabelul 2.1. Rezultatele experimentale al acumulatorului cu frig cu septuri de forme diverse ....                                                                                                                | 43  |
| Tabelul 2.2. Repartizarea temperaturii laptelui răcit $t_{l2}$ la conectarea succesivă a secțiilor N ale acumulatorului cu frig, AF. Temperatura laptelui supus răcirii $t_{l1} = 29 - 30^{\circ}\text{C}$ ..... | 44  |
| Tabelul 2.3. Repartizarea temperaturii laptelui răcit $t_{l2}$ la conectarea succesivă a secțiilor N ale acumulatorului cu frig - AF. Temperatura laptelui supus răcirii $t_{l1} = 17- 18^{\circ}\text{C}$ ..... | 44  |
| Tabelul 2.4 Numărul de zile cu $t \geq 5^{\circ}\text{C}$ , ziua, cu $t < 5^{\circ}\text{C}$ noaptea și cu $t < 5^{\circ}\text{C}$ pe durata de 24 h, .....                                                      | 51  |
| Tabelul 2.5 Numărul de zile respectiv cu $t \leq -150^{\circ}\text{C}$ , $t \leq -100^{\circ}\text{C}$ , $t \leq -50^{\circ}\text{C}$ , $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ , $t \leq 50^{\circ}\text{C}$ .....           | 52  |
| Tabelul 2.6 Consumul specific de energie electrică pentru răcirea 1 t de lapte. ....                                                                                                                             | 63  |
| Tabelul 2.7 Variantele de elaborare a liniei tehnologice .....                                                                                                                                                   | 69  |
| Tabelul. 2.8 Riscurile de pierderi .....                                                                                                                                                                         | 71  |
| Tabelul 2.9 Cheltuieli de exploatare echipamentului și riscul de pierdere a profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 6000 kg .....                                                                | 72  |
| Tabelul 2.10 Cheltuieli de exploatare echipamentului și riscul de pierdere a profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 7000 kg .....                                                               | 73  |
| Tabelul 2.11 Riscul pierderii profitului la o productivitate medie anuală de lapte 6000 kg și 7000 kg .....                                                                                                      | 74  |
| Tabelul 3.1 Numărul de zile respectiv cu $t \leq 20^{\circ}\text{C}$ ; $t \leq 40^{\circ}\text{C}$ și diferența lor pe perioada 2015-2019 .....                                                                  | 81  |
| Tabelul 3.2 Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului ( $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ ).....                         | 104 |

## LISTA FIGURILOR

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1.1. Ferma didactică, UASM.....                                                                                                                                                        | 17 |
| Fig. 1.2. Vaci de lapte de rasa Fleckvieh la ferma didactică a UASM.....                                                                                                                    | 18 |
| Fig. 1.3 Instalația frigorifică combinată pentru răcirea laptelui cu frig natural (a) și artificial (b) .....                                                                               | 20 |
| Fig. 1.4. Modelul monitoringului biotehnologic de producere și prelucrare primară a laptelui, cu utilizarea frigului natural și artificial la Complexul Didactico-Experimental al UASM..... | 23 |

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1.5. Bloc-schemacontorului parametrilor utilajului de producere și prelucrare primară a laptelui de tipul EXITEST.....                                                                      | 24 |
| Fig. 1.6 a) Instalația pentru răcirea instantanee a laptelui cu vasul de răcire b) Instalația pentru răcirea instantanee a laptelui fără vasul de răcire [92]. ....                              | 25 |
| Fig. 1.7 Situațiile de avarie la defectarea echipamentului electric a liniei de prelucrare primară a laptelui. [41].....                                                                         | 30 |
| Fig. 1.8. Sisteme și instalații pentru răcirea laptelui ecologice [4].....                                                                                                                       | 33 |
| Fig. 1.9 Costul energiei electrice conform tarifelor diferențiate .....                                                                                                                          | 35 |
| în dependență de perioada de consum .....                                                                                                                                                        | 35 |
| Fig. 2.1. Regimul de neamestec și amestec a apei în acumulator cu un singur sept. ....                                                                                                           | 40 |
| Fig. 2.2 Acumulator cu frig divizat în septuri verticale.....                                                                                                                                    | 41 |
| Fig. 2.3. Dependența coeficientului de utilizare $K_{util}$ de numărul de septuri $n$ .....                                                                                                      | 41 |
| Fig. 2.4. Modelul experimental al acumulatorului cu frig cu septuri de forme diverse .....                                                                                                       | 43 |
| Fig. 2.5. Variația temperaturii de răcire a apei în acumulator cu frig natural în intervalele dintre mulsoari $F(t) = f(h)$ .....                                                                | 49 |
| Fig. 2.6 Acumulatorul cu frig natural pentru răcirea laptelui utilizat la Complexul Didactico-Experimental al UASM .....                                                                         | 49 |
| Fig. 2.7. Legea distribuirii temperaturii aerului exterior $F(t)$ și aproximația acesteia.....                                                                                                   | 53 |
| Fig. 2.8 Răcirea laptelui cu utilizarea frigului artificial (a), natural cu acumulator de apă(b), și artificial cu instalație frigorifică și acumulator cu frig (c).....                         | 55 |
| Fig. 2.9 Schema tehnologică de răcire a laptelui a) de la instalația frigorifică, b) de la instalația frigorifică și acumulatorul cu frig.....                                                   | 61 |
| Fig. 2.10. Dependența consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig, fiind de 6 ore) ..... | 64 |
| Fig. 2.11 Dependența consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig fiind de 8 ore) .....   | 64 |
| Fig. 2.12 Dependența diferenței consumurilor specifice de energie pentru răcirea laptelui (cu și fără aplicarea frigului natural) de productivitatea anuală de lapte. ....                       | 66 |
| Fig. 3.1 Răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural (a) și artificial (b).....                                                                                                              | 78 |
| Fig. 3.2. Schema structural - funcțională a instalației frigorifice pentru răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial cu consum redus de energie electrică [27]. ....         | 79 |
| Fig. 3.3 Acumulatorul cu frig pentru $t \leq 4^{\circ}C$ (a) și pentru $t > 4^{\circ}C$ . ....                                                                                                   | 80 |
| Fig. 3.4 Temperaturile aerului atmosferic pe durata de 24 h (lunile octombrie și aprilie, anii 2019 – 2020).....                                                                                 | 83 |

|                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fig. 3.5 Graful automat al instalației frigorifice $M_1$ .....                                                                                                                                               | 83  |
| Fig. 3.6 Graful automat al pompei de apă $M_6$ .....                                                                                                                                                         | 84  |
| Fig. 3.7. Schema structural-funcțională a instalației frigorifice și a acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui în răcitorul în flux cu utilizarea frigului natural și a celui artificial.....         | 85  |
| Fig. 3.8. Receptorul-acumulator de frig natural pentru răcirea laptelui[27].....                                                                                                                             | 86  |
| Fig. 3.9 Graful automat al instalației frigorifice $M_{19}$ .....                                                                                                                                            | 88  |
| Fig. 3.10 Graful automat al pompei de apă $M_3$ în regim de răcire a laptelui .....                                                                                                                          | 89  |
| Fig. 3.11. Graful automat al pompei de apă $M_3$ în regim de încălzire a apei .....                                                                                                                          | 89  |
| Fig. 3.12. Grafurile automate al ventilelor 20 (a) și 21(b).....                                                                                                                                             | 90  |
| Fig. 3.13. Grafurile automate al ventilelor 25 (a) și 26(b).....                                                                                                                                             | 90  |
| Fig. 3.14. Grafurile automate al ventilelor 27(a) și 28(b).....                                                                                                                                              | 91  |
| Fig. 3.15 Schema structurală și funcțională a instalației frigorifice și a acumulatorului cu apă pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial .....             | 92  |
| Fig. 3.16. Instalația frigorifică și acumulatorul cu frig pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial. [27]. .....                                             | 93  |
| Fig. 3.17 Direcționarea apei în acumulatorul – 1, când temperatura aerului atmosferic este $t > 0^{\circ}\text{C}$ (a) și $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ (b) .....                                               | 95  |
| Fig. 3.18. Graful automat al instalației frigorifice $M_{16}$ .....                                                                                                                                          | 95  |
| Fig. 3.19 Graful automat al pompei de apă $M_4$ .....                                                                                                                                                        | 96  |
| Fig. 3.20 Graful automat al ventilului 24 .....                                                                                                                                                              | 96  |
| Fig. 3.21 Graful automat al ventilului 30 .....                                                                                                                                                              | 97  |
| Fig. 3.22 Graful automat al ventilului 31 .....                                                                                                                                                              | 97  |
| Fig. 3.23 Graful automat al ventilului 33 .....                                                                                                                                                              | 98  |
| Fig. 3.24 Graful automat al ventilului 23 în regim de răcire a laptelui .....                                                                                                                                | 98  |
| Fig. 3.25 Graful automat al ventilului 23 în regim de încălzire a apei în rezervorul 1 .....                                                                                                                 | 99  |
| Figura 3.26. Structura liniei tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică utilizate la prelucrarea primară a laptelui. ....                                                                | 100 |
| Fig. 3.27. Scheme de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural a). Răcirea laptelui de la acumulatorul cu frig. b) Răcirea laptelui cu utilizarea apei din sistem și de la acumulatorul cu frig. .... | 105 |
| Fig. 3.28. Nomograma de determinare a puterii electrice $N_{if}$ a instalației frigorifice pentru răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial la ferma didactică UASM .....                | 107 |
| Fig. 3.29 Repartizarea temperaturii aerului atmosferic pentru centru RM.....                                                                                                                                 | 108 |

## INTRODUCERE

### Actualitatea și importanța problemei abordate

Instalațiile frigorifice cu frig artificial pentru răcirea laptelui la etapa actuală nu sunt adecvate din punct de vedere ecologic, deoarece folosesc diferite tipuri de freon, având o putere electrică instalată înaltă și consum specific de energie electrică relativ mare.

E știut faptul, că în tehnica conservării produselor alimentare, chiar și o reducere mică a consumului de energie electrică la consumator este extrem de importantă. Spre exemplu, din literatura de specialitate e cunoscut, că economisirea 1 kWh de frig la consumator permite de a economisi 9 kWh la centrala electrică cu randamentul  $\eta=0,45$ , utilizând o linie de alimentare cu energie electrică cu  $\eta=0,9$  și o instalație frigorifică cu  $\eta=0,32$ . Instalațiile cu frig natural și artificial au mai multe avantaje în comparație cu instalațiile frigorifice cu frig artificial, și anume:

- sunt mai ecologice, deoarece exclud utilizarea freonului în perioada rece a anului, corespunzând astfel, Hotărârii Convenției de la Viena și Protocoalelor de la Montreal și Kyoto care impun unele măsuri ecologice în domeniul conservării produselor alimentare prin înlocuirea agenților frigorifici ce distrug stratul de ozon din atmosferă;
- putere electrică de circa 1,6 – 1,7 ori mai mică și un consum de energie electrică redus în limitele de la (78,1...104,1) kW h/t până la (14,0...17,0) kW h/t.
- construcție simplă;
- nivel mai înalt de fiabilitate.

Studiile în domeniu permit de a afirma că problematica îmbunătățirii performanțelor instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui este intens abordată atât în lucrările savanților de peste hotare, cât și ale cercetătorilor din Republica Moldova. În acest sens pot fi menționate lucrările cercetătorilor autohtoni L. Volconovici, M. Cernei, V. Crețu, A. Volconovici, precum și ale cercetătorilor de peste hotare B. Horbaniuc, Gh. Dumitrașcu, A. Musin, Iu. Țoi, A. Ucevatchin și alții. În lucrările autorilor nominalizați, sunt propuse soluții de utilizare a frigului natural și a celui artificial în procesul de răcire a laptelui și de păstrare a fructelor și legumelor la nivel de sistem, totodată constatăm, că actualmente se impune necesitatea studierii și îmbunătățirii performanțelor instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui, îndeosebi în Republica Moldova, cu rezerve energetice primare limitate.

Prin urmare, problema sporirii performanțelor instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui este nu doar relevantă, dar și necesară, în special pentru Republica Moldova.

## **Scopul lucrării**

Scopul lucrării constă în argumentarea regimurilor de funcționare și a parametrilor constructivi - tehnologici ai instalației ecologice automatizate pentru răcirea laptelui cu frig natural și artificial

## **Obiectivele cercetării**

Pentru realizarea scopului lucrării, obiectivele cercetării în vederea îmbunătățirii indicilor tehnici, energetici și economici includ:

- reducerea puterii electrice a instalației frigorifice combinate prin utilizarea frigului natural și a celui artificial;
- reducerea esențială a consumului specific de energie electrică necesară la răcirea laptelui;
- reducerea utilizării cantităților diferitelor tipuri de freoni și uleiuri freonice.
  - o Sub aspect aplicativ, au fost preconizate realizarea următoarelor obiective:
- studierea utilizării frigului natural și a celui artificial în procesul de răcire a laptelui;
- analiza regimurilor de funcționare și argumentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui;
- identificarea duratei și a eficienței de utilizare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră pe teritoriul în Republica Moldova;
- elaborarea modelului matematic al instalației pentru răcirea laptelui cu frig natural și artificial;
- elaborarea schemelor funcțional-structurale, a grafurilor automate și a algoritmilor de funcționare a instalației automatizate frigorifice cu consum redus de energie electrică pentru răcirea laptelui în răcitoare în flux și în răcitoare capacitive;
- evaluarea resurselor de reducere a energiei electrice la utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui;
- evaluarea eficacității utilizării instalațiilor pentru răcirea laptelui cu frig natural și artificial ținând cont de defectarea echipamentelor electrice;
- elaborarea mostrelor experimentale necesare și efectuarea experimentărilor de laborator și în producție cu evaluarea indicilor tehnici, energetici și economici la Complexul Didactico-Experimental al UASM.

## **Ipoteza de cercetare**

Ipoteza care stă la baza cercetării constă în: eficiența utilizării acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului, precum și a acumulatorului cu frig și a instalației frigorifice, care permite de a asigura cantitatea de frig necesară în acumulator în afara orelor vârf în perioada caldă a anului. Utilizarea acumulatorului cu frig, inclusiv în perioada caldă a anului,

la răcirea apei în acumulatorul de la instalația frigorifică creează posibilități favorabile pentru a reduce puterea electrică a instalației frigorifice, precum și pentru reducerea consumului specific de energie electrică în comparație cu utilizarea doar a instalației frigorifice, iar în perioada rece a anului, utilizarea acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui creează posibilități pentru reducerea esențială a consumului specific de energie electrică.

În conformitate cu ipoteza acceptată în teză, a fost elaborat modelul matematic al instalației cu frig natural și artificial utilizate în procesul de răcire a laptelui, în baza căruia pot fi argumentați parametrii constructivi și tehnologici ai instalației respective, precum și identificată durata de utilizare a acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului.

### **Sinteza metodologiei de cercetare**

Metodologia de cercetare în cadrul tezei constă în determinarea eficienței energetice a instalației frigorifice pentru fundamentarea tehnologică a utilajului ecologic automatizat cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui. Problema acumulării frigului este condiționată de necesitatea de economisire a resurselor energetice. Motivele principale ale actualității problemei date sunt cheltuielile relativ mari pentru generarea frigului, precum și tariful semnificativ mai ieftin la energia electrică pe timp de noapte.

Creșterea permanentă a prețului la energia electrică și la utilajul frigorific duce la creșterea prețului de cost al laptelui și, respectiv, al produselor lactate. În legătură cu cele relatate, sporirea eficacității utilajului frigorific și dezvoltarea tehnologiilor de producere a frigului fără freoni are o mare importanță statală, deoarece va permite reducerea esențială a consumului de energie electrică și asigurarea securității ecologice prin diminuarea acțiunii nocive a freonilor asupra stratului de ozon al terei. Metodologic, la crearea schemelor principiale ale instalației s-a ținut cont de beneficiile mașinilor frigorifice combinate dotate cu acumulatori cu frig natural, după cum urmează:

- construcția compactă a blocului compresor-condensator și necesitatea minimală de freoni;
- puterea mare de acumulare a frigului și frecvența redusă de includere a compresoarelor;
- posibilitatea interacțiunii cu receptoarele de frig natural, inclusiv cu turnurile de tip apă-gheață, instalate la aer liber pentru refrigerarea directă a laptelui;
- reducerea capacității stabilite și costului surselor de frig artificial.

Utilizarea instalațiilor frigorifice combinate, dotate cu acumulatori cu frig natural sporește fiabilitatea sistemelor de răcire și siguranța ecologică, permite reechiparea gospodăriilor cu instalații frigorifice combinate, create pe baze constructive moderne, ceea ce va permite: reducerea cheltuielilor capitale și de exploatare la răcirea laptelui prin reducerea capacității stabilite a compresoarelor, evaporatoarelor și utilajului auxiliar; reducerea

cheltuielilor și consumului de energie pentru producerea frigului prin utilizarea tarifului preferențial de noapte, a unei mai joase temperaturi de condensare a agentului frigorific, inclusiv pe timp de noapte, utilizării frigului natural, aerului din exterior și a apelor subterane pentru răcirea agentului frigorific; sporirea fiabilității sistemului de răcire din contul existenței rezervei operative de frig.

Sunt expuse recomandările de optimizare a șeptelului fermei de vaci mulgătoare prin intermediul modelului matematic a optimizării proceselor termice în răcirea laptelui.

### **Sumarul capitolelor tezei**

Capitolul întâi al tezei prezintă un studiu de inițiere în cercetarea problemei utilizării frigului natural și a celui artificial în procesul de răcire a laptelui cu mențiunea cercetărilor care are rezultate semnificative în elaborarea instalațiilor combinate cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui. Schema-bloc a liniei tehnologice de tip „Tandem” și „Elocica” sunt puncte de referință în efectuarea analizei comparative a utilizării frigului natural și a celui artificial în practica tehnologică. Eficiența economică prin economisirea energiei electrice stă la baza justificării metodelor de cercetare alese în lucrare și argumentează conceptual modelul matematic utilizat pentru definirea grafurilor automate a instalației frigorifice.

Capitolul doi are ca obiect de studiu perfecționarea regimurilor de lucru și fundamentarea parametrilor constructivi și tehnologici ai instalației de frig natural cu acțiune sezonieră pentru răcirea laptelui. Sunt elaborate și prezentate scheme tehnice care ulterior sunt realizate în utilaje funcționale cu calcularea parametrilor constructivi și funcționali ai acumulatorului cu frig natural. Valorile optime ale dimensiunii instalației frigorifice cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui sunt definite în corelație cu legea distribuției temperaturii aerului exterior pentru zona din centrul a Republicii Moldova. Numărul de secții în cadrul acumulatorului cu frig natural reprezintă un rezultat util în realizarea practică a utilajului.

Capitolul trei reprezintă rezultatul elaborării instalației cu frig natural și artificial în baza utilizării grafurilor automate. În cadrul capitolului sunt prezentate valorile parametrilor utilajului funcțional pentru răcirea laptelui cu evaluarea efectului economic de economisire a energiei electrice prin intermediul nomogramei de selectare a capacității instalației frigorifice în conformitate cu modelul matematic propus de autor. Sunt prezentate, de asemenea, rezultatele calculului riscurilor de pierderi în dependență de productivitatea medie anuală de lapte a fermelor și automatizarea instalațiilor cu frig natural și artificial.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Rezultatele cercetărilor au fost implementate în cadrul proiectului transfrontalier MIS ETC 1549 „Promovarea producției sustenabile și implementarea bunelor practici în fermele de bovine din zona transfrontalieră România, Republica

Moldova și Ucraina”. Componenta teoretică a cercetării este implementată în cadrul proiectului 20.80009.5107.04 „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere și păstrare a produselor alimentare sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemelor de cultură și schimbărilor climatice ” pe perioada 2020-2023. Abordarea teoretică a cercetărilor efectuate se utilizează în cursurile de prelegeri „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții anului 3 și 4 a facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto în cadrul UASM.



# 1. NOȚIUNI GENERALE PRIVIND UTILIZAREA FRIGULUI NATURAL ȘI A CELUI ARTIFICIAL ÎN PROCESUL DE RĂCIRE A LAPTELUI

## 1.1. Caracteristica generală și modelul monitoringului biotehnologic al producerii și prelucrării primare a laptelui în Complexul Didactico-Experimental al UASM

Ferma de bovine a Universității Agrare de Stat din Moldova (UASM) a fost fondată în anul 2015 (Fig. 1.1), fiind procurate 30 de junci gestante din Bavaria (Germania).



**Fig. 1.1. Ferma didactică, UASM**

Aceasta este o fermă didactică, întemeiată cu sprijinul Proiectului finanțat de Uniunea Europeană cu denumirea ”Promovarea Producției Sustenabile și Implementarea Bunelor Practici în Fermele de Bovine din Zona Transfrontalieră – România, Republica Moldova și Ucraina”. Pe parcursul activității fermei, a fost obținut statutul de fermă zootehnică de prăsilă ceea ce denotă faptul că unitatea respectiva este specializată în reproducția, selecția și creșterea, bovinelor de rasă Simmental (Fleckvieh). Fleckvieh este o rasă de bovine ce câștigă mai multă popularitate în toată lumea. Este destul de echilibrată ceea ce este important, că are randamente înalte atât în ceea ce privește volumul de lapte produs, cât și în producția de carne.

La momentul actual, rasa Fleckvieh este apreciată ca fiind o rasă modernă, foarte productivă, care corespunde necesităților economice actuale. Bovina din rasa Fleckvieh (Fig. 1.2) este un animal masiv, cu cap relativ, corp solid, dar suplu, acoperit cu o piele de diverse culori. Bovinele de rasa respectivă sunt destul de apte să se deplaseze ușor și pe cele mai dificile terenuri.



**Fig. 1.2. Vaci de lapte de rasa Fleckvieh la ferma didactică a UASM**

Potrivit lui David Hazelton, reprezentant al Bayern Genetik, care este furnizor de material seminal pe întreaga piață europeană, rasa de bovine Fleckvieh are următoarele avantaje: [110,108]

- Principalul atu al acestei rase este faptul ca vacile respective pot fi exploatate cât pentru producția de lapte, atât și pentru cea de carne. Astfel, vițeei sunt mai bine cotați, cântăresc mai mult decât cei din alte rase. Potrivit lui Hazelton, la momentul actual, pe piața din Marea Britanie, un vițel de rasa Fleckvieh ce a împlinit o lună de zile poate fi realizat la 250 de lire sterline, iar prețul pentru un tăuraș ajunge până la 400 de euro, în dependență de vârsta acestuia.
- În dependență de managementul din fermă, de condițiile de întreținere și de hrana pentru bovine, producția medie din cadrul a unei ferme de bovine Fleckvieh este de 8.500 de kilograme de lapte per bovină, cu grăsimea de 4,2 % și proteina de 3,7 %. În plus, producția anuală se menține în creștere până la a 5 lactație. O bovină Fleckvieh care este bine hrănită va produce o cantitate de lapte – circa 25-30 de litri în timp de o zi.
- Un alt avantaj este că perioada mai lungă de productivitate al vacilor Fleckvieh, acestea având 8-10 lactații. Totodată, despre vacile din această rasă se știe că dau un lapte cu mai puține celule somatice decât rasele concurente. Astfel, acesta are proprietatea de a rezista mai mult fără a fi pus imediat la rece.
- Element important care contribuie la creșterea productivității este posibilitatea utilizării geneticii rasei Fleckvieh pentru a crește veniturile fermei. Se pot obține randamente bune, folosind numai jumătate din cantitatea totală de material seminal care este necesar la Holstein.
- Vaca de rasă Fleckvieh este una sănătoasă, care se poate adapta ușor la noile condițiile climaterice și nu creează mari probleme zootehnicienilor, întrucât, de-a lungul vieții ei, nu manifestă probleme de sănătate grave, cea mai frecventă problemă fiind totuși mastita (inflamare a ugerului, care duce la reducerea producției de lapte). Totodată, deoarece are o piele

foarte groasă, vaca din rasa Fleckvieh este rezistentă la bolile transmise prin intermediul căpușelor.

Efectivul fermei în anul 2020 este de 41 capete dintre care: 31 vaci de lapte, 7 vaci în gestație, 3 viței ( de până la 6 luni).

Actualmente, ferma didactică a UASM dispune de:

- bovine (animale adulte și tineret);
- adăpost pentru întreținerea animalelor;
- sală de muls tip Tandem 2x2
- lăptărie anexată grajdului;
- fânar;
- depozit de cereale
- tranșe pentru siloz;
- mini fabrică pentru producerea laptelui de vacă de consum pasteurizat, cu grăsimea de 3,5 %;
- platformă pentru păstrarea dejecțiilor.
- tehnică agricolă – două tractoare MTZ -82, remorcă tehnologică cu masa totală de 6800 kg, utilaj (mixer) pentru pregătirea hranei BEL – MIX, T-659, cisternă cu o capacitate de 1630 kg.

Unitatea (ferma) respectivă are următoarele drepturi:

- Poate desfășura un gen de activitate prevăzută în prezentul statut, cu excepția celor interzise de legislație;
- Își poate întocmi în mod independent programul de producție, în funcție de indicii economici stabiliți de către fondator;
- Poate procura resurse pe piața de mărfuri direct de la producători, la burse/licitații, de la organizațiile de aprovizionare tehnico-materială etc.;
- Își poate comercializa producția (laptele răcit) la prețuri și tarife de piață, dar în cazuri prevăzute de acte normative, la tarife și prețuri reglementate de stat.

Pe perioada a cinci ani de activitate, s-au obținut 136 viței, o parte dintre care au fost realizați altor ferme, dar o parte dintre ei au fost selectați pentru creșterea efectivului de animale.

În cadrul fermei, au loc lecții practice, cu implicarea studenților de la specialitățile: Zootehnie, Biotehnologii agricole. Siguranța produselor agroalimentare, Medicină veterinară și Inginerie agrară.

Sunt elaborate teze de an și de licență, având ca obiect de studiu unele boli ce apar la bovine.

Se execută anumite rații pe categorii de vârstă și tipul de exploatare, având drept scop sporirea productivității de lapte la vaci și a nivelului de mărire în greutate la tineret. Totodată, se efectuează cercetări științifice în domeniul răcirii laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial (Fig. 1.3.)



**Fig. 1.3 Instalația frigorifică combinată pentru răcirea laptelui cu frig natural (a) și artificial (b)**

Instalația cu frig natural (Fig.1.3 a) se utilizează la răcirea laptelui la temperatura aerului atmosferic  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ . În perioada caldă a anului, pentru  $t \geq 4^{\circ}\text{C}$  se folosește instalația frigorifică combinată (Fig.1.3 a și b). În (Fig.1.3 c) este prezentat utilajul tehnologic pentru muls.

De la fondare până în prezent, s-au produs 875 mii kg de lapte crud integral cu grăsimea în intervalul 3,82% - 4,2%, pentru anii 2016-2020 (Tabelul 1.1).

**Tabelul 1.1. Cantitatea de lapte obținută pe anii 2016- 2020**

| Anul | Cantitatea, kg          | Grăsimea, % |
|------|-------------------------|-------------|
| 2016 | 143983                  | 3,82%       |
| 2017 | 141898                  | 3,93%       |
| 2018 | 136850                  | 4,2%        |
| 2019 | 144180                  | 4,1%        |
| 2020 | 137043<br>la 01.10.2020 | 4,1%        |

În tabelul 1.2 este prezentat un exemplu de jurnal în care sunt înregistrate mulsorile din luna mai, anul 2020. În baza jurnalului de mulsori, lunar, a fost determinată cantitatea de lapte obținută în anii 2016 – 2020 (Tabelul 1.1).

**Tabelul 1.2. Jurnal de mulsoari pentru luna mai, anul 2020**

| Data | Lapte fizic muls |           |        | Total pe zi   |              | Consum<br>vitei | Lapte<br>casat | Lapte<br>vândut | Venitul din<br>lapte |     |
|------|------------------|-----------|--------|---------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------------|-----|
|      | Dimine<br>ața    | Prân<br>z | Seara  | Fizic<br>(Lf) | STAS<br>(Ls) |                 |                |                 | lei                  | %   |
|      | Kg/%             | kg        | Kg/%   | Kg            | kg           | Kg              | kg             | kg              |                      |     |
| 1    | 290/52           | -         | 265/48 | 555           | 650          | 10              | 142            | 403             | 3900                 | 4,1 |
| 2    | 280/56           | -         | 220/44 | 500           | 585          | 10              | 128            | 362             | 3510                 | 4,1 |
| 3    | 255/54           | -         | 210/46 | 465           | 544          | 10              | 83             | 372             | 3264                 | 4,1 |
| 4    | 233/52           | -         | 215/48 | 448           | 524          | 10              | 85             | 353             | 3144                 | 4,1 |
| 5    | 255/54           | -         | 214/46 | 469           | 549          | 20              | 85             | 365             | 3294                 | 4,1 |

$$Ls=(Lf \times \%g)/3,5$$

Din tabelul dat observăm că:

- cantitatea de lapte muls dimineața constituie de la 51% până la 56 % din cantitatea de lapte muls zilnic;
- grăsimea laptelui muls variază de la 3,5 % până la 4,1%;
- cantitatea de lapte muls în luna mai dimineața constituie 8110 kg, iar seara 7009 kg, în total – 15119 kg.

Cea mai mare parte din cantitatea de lapte este realizată Întreprinderii de Produse Lactate ÎCS ”Lapmol” SRL, or. Călărași, dar o parte este folosită pentru creșterea viteilor și în cadrul lecțiilor de laborator care se desfășoară în laboratorul de determinare a calității laptelui și a produselor lactate.

Funcționarea eficientă a echipamentului tehnologic este cheia succesului în ceea ce privește calitatea înaltă a produsului valoros cum este laptele, fortificării sănătății și productivității înalte a bovinelor de lapte. Totodată, monitorizarea biotehnologică permite optimizarea productivității echipamentului, reducerea cheltuielilor de energie electrică, majorarea duratei de exploatare reducerea riscului apariției situațiilor de avarie [14].

Producerea laptelui de calitate la Complexul Didactico-Experimental al UASM este asigurată de interacțiunea complexă a tuturor verigilor sistemului: animalele, echipamentul tehnologic și operatorii, cu utilizarea sistemului electronic de dirijare a programului de tipul AfiFarm. Funcționarea eficientă a acestui proces este posibilă datorită implementării monitorizării biotehnologice a proceselor de producere și prelucrare a laptelui.

Ideile principale ale monitorizării biotehnologice sunt expuse în „Modelele monitoringului biotehnologic de producere și prelucrare primară a laptelui la Complexul Didactico-Experimental al UASM”, elaborate de un grup de cercetători, care au activat fiind dirijați de către profesorul universitar V. Pobedinschi (Fig. 1.4.).

După cum reiese din modelul monitoringului biotehnologic, sistemul Complexului Didactico-Experimental este divizat într-o serie de subsisteme, fiecare dintre acestea desfășurând un proces tehnologic bine determinat (distribuirea hranei, mulsul și prelucrarea primară a laptelui, curățarea gunoiului de grajd etc.), constituindu-și, astfel, linii tehnologice cu un anumit echipament tehnologic și mijloace energetice [106].

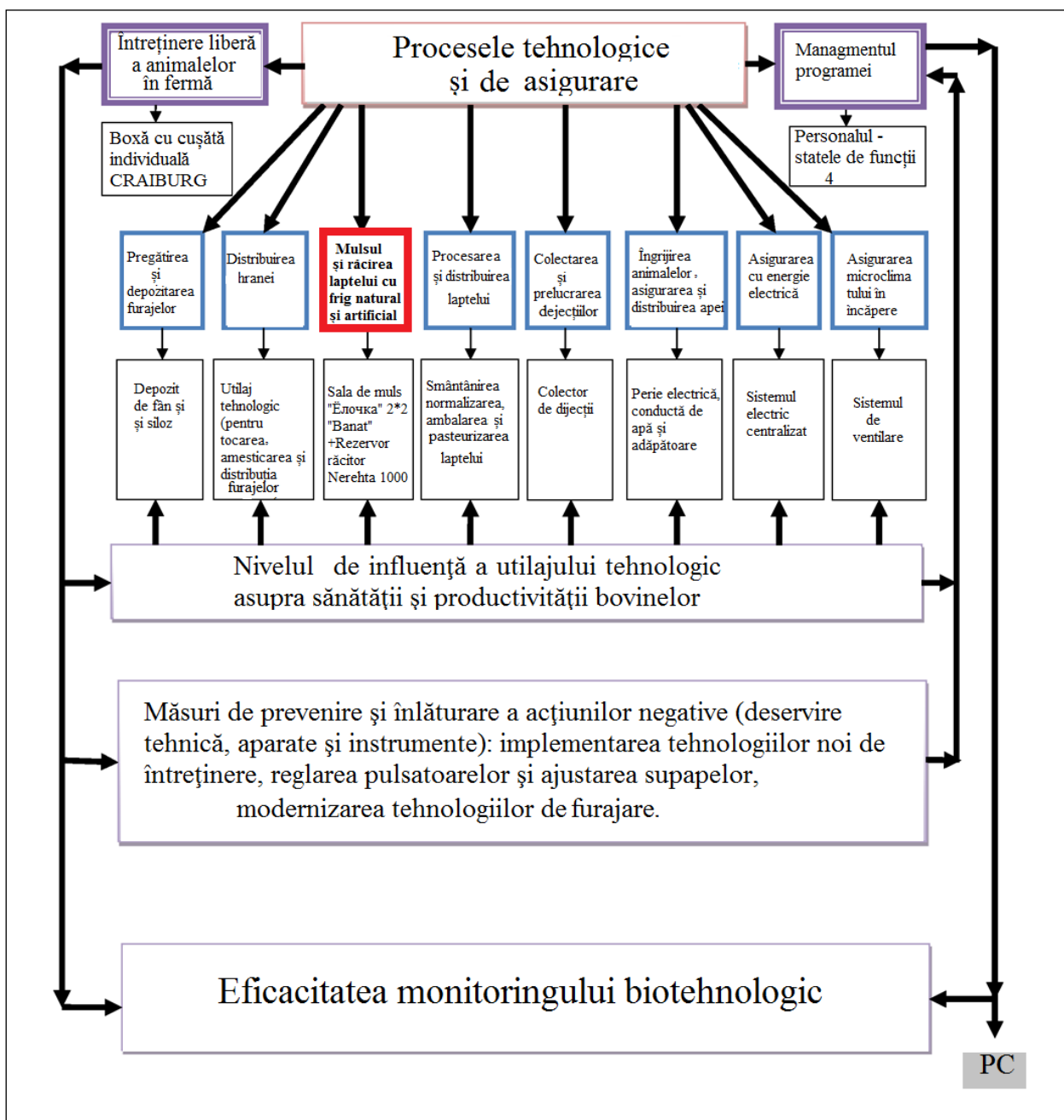
Numărul de utilaje (elemente) care sunt incluse în linia tehnologică va fi diferit, acesta depinzând de structura ei. Structura liniei tehnologice va depinde, de asemenea, de volumul și tipul lucrului efectuat. Totodată, funcționarea fiecărei linii tehnologice trebuie să aibă ca obiectiv obținerea unui produs calitativ, realizat în cadrul întreprinderii zootehnice vizate. Astfel, scopul aplicării sistemului tehnic al întreprinderii zootehnice constă în realizarea întregului volum de lucru, prevăzut de tehnologia de producere cu cheltuieli de muncă și resurse cât mai mici, având grijă, totodată, de sănătatea și productivitatea animalelor [108].

Pentru atingerea acestui scop, sistemul tehnic trebuie să asigure două condiții, care, convențional, pot fi numite „necesare” și „suficiente”. Prin condiția „necesare” vom subînțelege eficacitatea funcționării sistemului tehnic, ceea ce înseamnă că este necesar de a asigura funcționalitatea acestuia, deoarece doar un sistem tehnic funcțional va asigura mecanizarea și automatizarea proceselor tehnologice, fiind vorba, în particular, de răcirea laptelui. Prin condiția „suficiente” vom subînțelege eficacitatea economică a funcționării sistemului tehnic, cea ce presupune că se realizează condiția „necesară”, adică sistemul tehnic se află în stare funcțională. Astfel, sistemul respectiv va dispune de un ansamblu de parametri tehnici și economici, care vor asigura un preț de cost minimal al producției fabricate. La elaborarea modelului, s-a ținut cont de posibilele dereglări ale sănătății și productivității animalelor, provocate de exploatarea ineficace a echipamentului tehnic și a elementelor componente ale încăperii de producere [109].

În baza rezultatelor monitoringului biotehnologic, se identifică și se propun măsuri de prevenire și înlăturare a unor acțiuni negative, acestea presupunând implementarea tehnologiilor noi de întreținere utilizarea utilajului tehnologic modern, a mijloacelor moderne de control biotehnologic și a service-sistemului traductorilor de control, a aparatelor și instrumentelor, a programelor de control și comandă. În consecință, se preconizează un efect al complexului de măsuri propuse în ceea ce privește acțiunea sistemului monitoringului biotehnologic, care nu poate fi tăgăduit [94].

La Complexul Didactico-Experimental al UASM, în varianta inițială, instalația de muls „Elocika” nu era dotată cu sistemul automatizat, ceea ce nu permitea soluționarea problemelor de control și comandă a întregului complex tehnologic. Propunem implementarea sistemului de

monitoring biotehologic de producere și prelucrare primară a laptelui cu utilizarea sistemului electronic de dirijare a șeptelului AfiFarm (Fig. 1.4.).



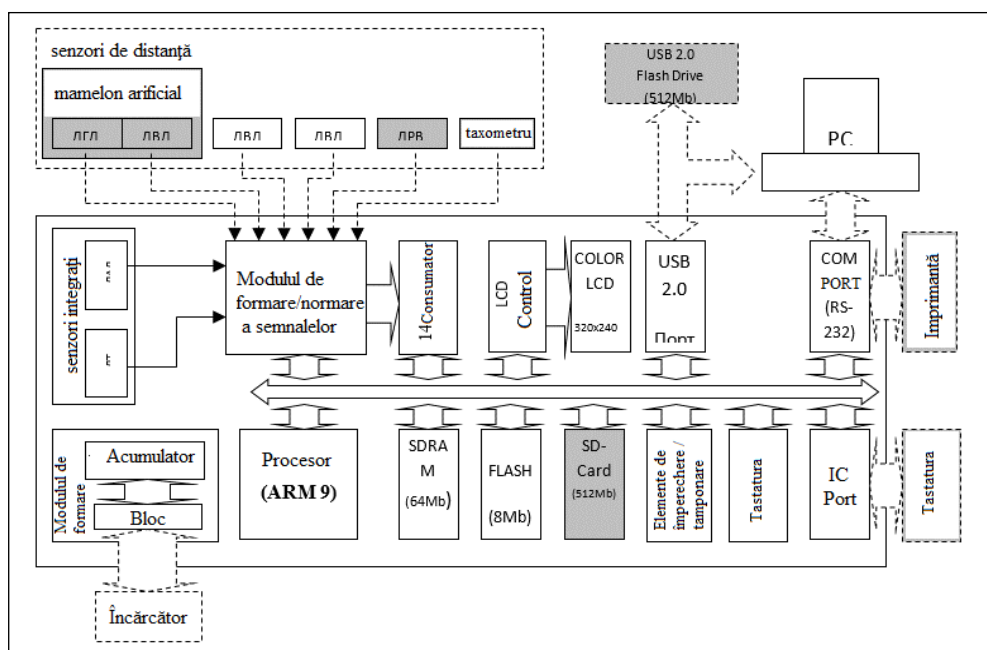
**Fig. 1.4. Modelul monitoringului biotehologic de producere și prelucrare primară a laptelui, cu utilizarea frigului natural și artificial la Complexul Didactico-Experimental al UASM.**

O atenție deosebită se acordă monitoringului utilajului de muls și răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și a celui artificial. În corespundere cu aceasta, se propune modernizarea sălii pentru muls și răcire a laptelui. Instalația de muls Elocika, conform noii concepții de dirijare a fermei Afimilk, se dotează cu un sistem de identificare cu fototraductori, cu porțițe, de



determinare a cantității de lapte, cu sisteme de traductori și telecomandă AfiFlow cu analizatori online AfiLab, cu cântare pentru determinarea masei vacilor de rasă Afiweight în mișcare ș.a. [91,94] Toți parametrii controlați se transmit la computerul cu programul AfiFarm. Funcționalitatea întregului complex depinde, în mare măsură, de organizarea reușită a activității personalului tehnic. Este necesar a se acorda o atenție deosebită utilajului de muls și de răcire a laptelui, a cărui testare se efectuează în deplină concordanță cu standardele în vigoare.

Pentru testarea utilajului pentru muls, răcire și control tehnic al parametrilor principali ai procesului, utilizăm microprocesorul EXITEST-3 (Figura 1.4. și Figura 1.5.), elaborat de SA “Institutul ELIRI” în comun cu Universitatea Agrară de Stat din Moldova (UASM) și OAO “Brațlav” [106, 108, 109].



**Fig. 1.5. Bloc-schema contorului parametrilor utilajului de producere și prelucrare primară a laptelui de tipul EXITEST.**

Progresul dezvoltării ramurii și exploatarea bovinelor de lapte presupune implementarea monitoringului biotehnologic la producerea și prelucrarea primară a laptelui cu utilizarea eficace a mijloacelor performante de control biotehnologic și de testare a utilajelor de muls și de răcire a laptelui, atât a celor autohtone, cât și a unora de origine străină. Ne referim, în special, la aparatul microprocesor EXITEST-3 (cu mamelon-traductor artificial). Pentru efectuarea testării [106, 108, 109, 17] umede a utilajului de muls, este rațional de utilizat sistemul BioControl VaDia. Utilizarea acestuia va asigura calitatea înaltă a laptelui, precum și menținerea sănătății și productivității înalte a bovinelor de lapte. Totodată, monitoringul biotehnologic oportun producerii și prelucrării primare a laptelui la Complexul Didactico-Experimental al UASM va conduce la optimizarea



productivității echipamentului tehnologic, la reducerea consumului de energie electrică, la majorarea duratei de exploatare la reducerea riscului apariției situațiilor de avarie. Un rol deosebit poate fi atribuit utilizării sistemului electronic de dirijare cu programul de tipul AfiFarm.

## 1.2. Studiu privind instalațiile frigorifice pentru răcirea laptelui

Instalațiile frigorifice de răcire a laptelui existente, au un șir de dezavantaje: recipientul din metal și consum mare de energie electrică, influență negativă asupra mediului ambiant din cauza utilizării freonului și a uleiurilor din freon [45].

Instalația pentru răcirea instantanee a laptelui este destinată pentru asigurarea maximă a calității laptelui și permite, prin intermediul schimbătorului de căldură, răcirea laptelui până la temperatura de păstrare din momentul direcționării acestuia din colectorul de lapte în vasul de răcire. Se recomandă pentru utilizare la fermele de lapte, la punctele de colectare a laptelui, precum și la fabricile de prelucrare a laptelui [92].

Construcția instalațiilor permite reechiparea cu utilaj a oricărui vas de răcire. Vasul de răcire are rolul de răcitor de rezervă și de răcire prealabilă (Fig. 1.6.).



**Fig. 1.6 a) Instalația pentru răcirea instantanee a laptelui cu vasul de răcire b) Instalația pentru răcirea instantanee a laptelui fără vasul de răcire [92].**

Noul standard al calității laptelui proaspăt a diminuat considerabil limita admisibilă a contaminării bacteriene a laptelui și exclude totalmente prezența în el a antibioticilor. Standardul respectiv prevede divizarea calității laptelui în trei categorii: lapte de calitate superioară, de calitate I și de calitate a II-a (Tabelul A1.2.).

În Figura A1.4. este reflectată modificarea numărului de bacterii în procesul de răcire a laptelui în vas și de răcire în flux.

Pentru a menține calitatea laptelui după mulsoare, este necesar de a-l răci cât mai repede posibil (instantaneu), înainte ca în acesta să înceapă a se înmulți bacteriile nocive pentru sănătate. În acest scop se folosește schimbătorul de căldură cu plăci, care permite asigurarea eficacității schimbului de căldură din contul măririi vitezei fluxului apei reci.

Doar prin răcirea instantanee – răcirea în flux se poate obține lapte de calitate superioară, cu asigurarea concomitentă a unor condiții optime de muls și de spălare minuțioasă a conductei de lapte. Sistemul tehnologic de răcire instantanee a laptelui (Figura A1.2) care răcește laptele timp de câteva secunde, înainte ca acesta să ajungă în vasul de păstrare.

După mulsoare, laptele se evacuează prin filtru cu viteză constantă în răcitorul cu plăci. Răcitorul cu plăci este elementul de bază al sistemului de răcire. Acesta constă din plăci ondulate din oțel inoxidabil, pe de o parte a cărora laptele curge într-o direcție, iar pe altă parte a lor apa rece curge în direcția opusă. Când laptele este evacuat din răcitorul cu plăci, temperatura scade până la 4°C. Laptele este pompat încontinuu în vasul de păstrare, unde acesta se păstrează, fiind mestecat periodic până la momentul transportării.

Elementele componente ale echipamentului instalației de răcire instantanee a laptelui:

- acumulatorul de gheață cu unitatea frigorifică [106];
- rezervorul de recepționare cu pompa de lapte;
- filtrul de lapte;
- schimbătorul de căldură cu plăci.

Caracteristicile tehnice:

- dispune de schimbător de căldură cu plăci, de rezervor de recepționare cu pompă de lapte, iar tuburile evaporatorului generatorului de apă rece sunt fabricate din oțel inoxidabil AISI 304;
- temperatura laptelui la recepție este de +35°C;
- durata răcirii (durata aflării laptelui în schimbătorul de căldură) – 8-12 secunde;
- temperatura laptelui la ieșirea din schimbătorul de căldură este de +4°C;
- viteza răcirii este egală cu viteza mulsului, laptele se răcește instantaneu – din momentul scurgerii din conducta de lapte;
- agentul frigorific – apa rece din schimbătorul de căldură, exclude înghețarea laptelui;
- laptele se amestecă de la diferite mulsori în rezervorul-răcitor, având temperatura de +4 C;
- regimul de funcționare a instalației de răcire a laptelui – automat, timp de 24 de ore.

Avantajele răcirii instantanee a laptelui:

- stoparea imediată a dezvoltării bacteriilor;
- minimizarea contaminării bacteriene;
- se exclude înghețarea laptelui, ceea ce influențează asupra calității acestuia. Înghețarea distruge structura proteinelor și grăsimea laptelui;
- influențează calitatea laptelui. Doar laptele răcit instantaneu este bun pentru fabricarea produselor ca, de exemplu, iaurtul, hrana pentru copii, cașcavalul ș.a.;

- permite obținerea laptelui de calitate superioară prin crearea unor condiții optime de muls și spălarea calitativă a conductei de lapte;
- nu este necesară umplerea prealabilă a rezervorului (tancului);
- nu se admite ca laptele cald să se amestece cu cel rece;
- la amestecul laptelui de la diferite mulsori, calitatea laptelui nu se diminuează, deoarece pătrunde în instalație având aceeași temperatură – +4 C;
- este redus consumul total de energie electrică [21,106].

O metodă de răcire și păstrare eficientă a laptelui este utilizarea tancurilor de răcire, folosite frecvent în UE. În continuare, sunt prezentate, drept exemplu, modele și caracteristici ale tancurilor de răcire utilizate în România [92] (Tabelul A1.3.).

Alegerea tipului și a capacității tancului cu spălare automată se face ținându-se cont de un șir de factori critici:

- producția zilnică de lapte obținută în fermă;
- volumul de lapte stocat în tanc;
- puterea tancului;
- temperatura aerului în încăpere;
- durata necesară de răcire a laptelui.

Tancul de răcire Lely Nautilus este utilizat în combinație cu sistemul de muls robotizat Lely Astronaut. Perioada de nefuncționare pentru spălarea tancului este redusă la minimum. Sistemul de spălare flexibil asigură garanția unei igiene ireproșabile. Totodată, procesul de răcire pornește automat, după curățare. Procesul de răcire a laptelui începe imediat ce prima picătură de lapte ajunge în tanc, iar puterea electrică este reglată în dependență de volumul de lapte existent în tanc.

În prezent, utilajul Lely folosește cel mai puțin nociv refrigerant (gaz de răcire) R134. Datorită unor inele sudate la nivelul evaporatorului, perioada de funcționare a acestuia este mai mare, iar fluxul gazului de răcire este optimizat. În plus, consumul redus de energie electrică și apă fac ca utilizarea să fie mai una economică. Tancul Nautilus este dotat doar cu un sistem de control, care este ușor de folosit.

Unitatea de control reglează și monitorizează tancul de răcire, controlând curățarea tancului, răcirea și agitarea. Calitatea laptelui poate fi urmărită direct de pe telefonul mobil. În plus, deoarece tancul de răcire este integrat în programul de gestiune LelyT4C, toate datele privind temperatura de răcire și de curățare sunt stocate în scopuri de trasabilitate.

Există tancuri de răcire a laptelui Lely Nautilus cu o capacitate de la 4.000 până la 30.000 de litri. Tipurile de tancuri cu o capacitate de 4.000-8.000 litri dispun de unități de răcire integrate sau separate. Tancurile de răcire a laptelui mai mari sunt livrate cu o unitate de răcire separată.

Tancul de răcire DXNAF6 [108] poate satisface necesitățile de răcire și depozitare a laptelui în, pentru ferme de la 100 la 1.000 de bovine. Tancurile DXNAF, cu neamestec rapidă, sunt dotate cu trolu pentru lapte, iar gama lor include modele care pot să satisfacă nevoile fermelor de lapte. Gama respectivă de tancuri este dotată cu programe de spălare în șase cicluri. Are un design personalizat și unități de condensare pentru răcire rapidă, cu refrigerant R410A.

Valmix Steel oferă o gama completă de utilaje și echipamente pentru procesarea laptelui, începând de la prima fază a ei — recepția laptelui — până la ambalarea produsului finit. Acestea includ: instalații de recepție, bazine de stocare, vane de pasteurizare, pasteurizatoare, omogenizatoare de lapte, crinte de lapte, mașini de ambalat iaurt, chefir, smântâna, mașini de ambalat în sticle de tip PET, în pungi de plastic, în cutii de carton, instalații apa-gheața, instalații de spălare utilaje și conducte, etc.

Echipamentele respective corespund tuturor normelor impuse de UE.

Valmix Steel proiectează și execută trasee tehnologice pentru lapte din inox, pentru conectarea utilajelor la utilități (apa, abur etc.) și la instalațiile de spălare a utilajelor și conductelor.

Instalația de recepție a laptelui este utilizată în scopul recepției calitative, cantitative și filtrării laptelui crud recepționat.

Este fabricată din inox AISI 304 sau AISI 316.

Productivitatea – 1000L/h - 25.000L/h.

Elemente componente:

- filtre mecanice, debitmetru;
- dezaerator;
- supapă sens unic,;
- pompă autoabsorbantă;
- tablou electric.

Răcitoarele “Milkplan“ IC 500-2000 [89], produse în Grecia, sunt fabricate din oțel/inox AISI 304 18/10 și realizează o răcire rapidă a laptelui, care previne dezvoltarea și înmulțirea microorganismelor, ceea ce asigură o calitate mai bună a lui.

Unitatea de condensare este capabilă să răcească laptele de la +35 C la +4 C în mai puțin de 3 ore, la o temperatură a mediului ambiant de +32 C.

În Figura A1.1. este prezentată instalația de răcire combinată a laptelui [89]. Răcirea combinată a laptelui, care s-a dovedit a fi destul de eficientă, constă într-un proces care cuprinde

două etape de răcire – răcirea instantanee și răcirea prealabilă, folosind apa rece din rețeaua de alimentare cu apă.

La răcirea prealabilă, schimbătorul de căldură al răcitorului este separat în două secții. În prima secție, laptele se răcește cu ajutorul apei reci din robinet. În cea de-a doua secție, laptele este răcit până la temperatura finală de păstrare cu ajutorul apei reci, Figura A1.3 [104],.

### **1.3 Studiu privind utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui**

Laptele este un produs ușor alterabil și, respectiv, necesită răcire timp de 5 ore după mulsoare. Drept mijloace de răcire a laptelui servesc instalațiile frigorifice, instalațiile combinate, cu frig natural și artificial și instalațiile cu frig natural.

În construcția instalațiilor frigorifice, drept agent frigorific se folosesc freonii și amiacul, în instalațiile combinate cu frig natural și artificial – freonii, amiacul și aerul atmosferic. În calitate de purtător frigorific în instalațiile frigorifice se utilizează apa și saramura, în instalațiile combinate – apa, și aerul atmosferic, iar în instalațiile cu frig natural – apa și aerul atmosferic. Condiția principală în ceea ce privește folosirea cutărei sau cutărei surse de frig este asigurarea răcirii laptelui până la 4 - 6°C [105]. Totodată, sursele de frig trebuie să fie ecologice, să aibă un consum redus de energie electrică, să fie fiabile în funcționare, precum și simple în construcție [10, 42, 55, 57, 58].

Pentru răcirea laptelui la ferme se utilizează șapte tipuri de linii tehnologice [27]. O caracteristică specifică tuturor acestor linii este instalația frigorifică, care are cea mai mare putere electrică dintre toate componentele liniei primare de prelucrare a laptelui (Tabelul A2.1.)

Instalațiile AB-30 și AB-30-01 utilizează răcirea cu apă a condensatorului, instalațiile MBT20-1(1), MBT20-1(2), MBT14-1, AB14-1, YB-10, YB-10-01, OT-10 – răcirea cu aer a condensatorului. Instalațiile TXY-14 au puterea de a răci simultan 0,9 m<sup>3</sup> apă.

Pentru răcirea laptelui sunt aplicate următoarele tipuri de instalații frigorifice: AB-30; AB-30-01; MBT 20-1(1); MBT 20-1(2); MBT 14-1; AB-14-1; YB-10; YB-10-01; OT-10; TXY-14. Consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui, de asemenea, este mare și variază între 11 și 18.9 KW h, ceea ce constituie de la 31.4% până la 51.2% din consumul specific de energie electrică, necesar pentru prelucrarea primară a laptelui, care este egal cu 30 KW h. [27].

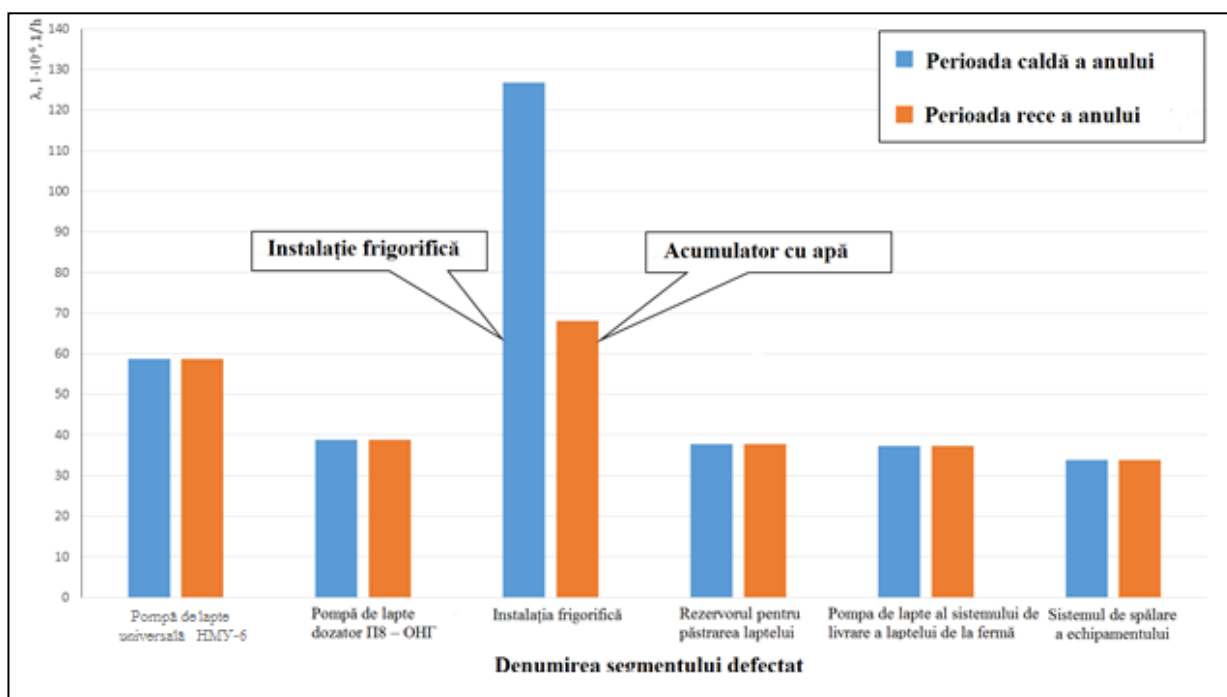
În toate tipurile de instalații frigorifice menționate, drept agent frigorific servesc freonii care, sub aspect ecologic, sunt nocivi. În plus, instalațiile frigorifice conțin mult metal, preponderent metale costisitoare – cupru, aluminiu.

Examinând datele din (Tabelul A2.2.), observăm că consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui cu răcirea prealabilă se reduce considerabil, de cel puțin 2 ori. Astfel de

cercetări se efectuează nu numai în Republica Moldova, dar și în alte țări. În afară de reducerea consumului de energie (50% la răcirea laptelui) utilizarea răcirii primară creează anumite posibilități pentru reducerea duratei de răcire până la 10-15 min., ceea ce sporește, la rândul său, calitatea laptelui răcit oferă, totodată, posibilitatea, de a utiliza apa încălzită pentru alte necesități tehnologice.

Dintre tipurile de instalații frigorifice menționate, numai TXY-14 creează posibilități reale pentru regenerarea căldurii laptelui, care poate fi folosită pentru necesități sanitare și tehnologice ale fermei.

Defecțiunile apărute la funcționarea instalațiilor frigorifice constituie peste 90% din toate defecțiunile liniei (Fig. 1.7.).



**Fig. 1.7 Situațiile de avarie la defectarea echipamentului electric a liniei de prelucrare primară a laptelui. [41]**

Dauna medie ponderată  $D_m$  și dauna anuală  $D_a$  provocate de defecțiunile echipamentului electric al liniilor de prelucrare primară a laptelui se determină conform formulei [15, 27, 82]:

$$\begin{cases} D_m = \frac{1}{n^2} \cdot \sum_{k=1}^{n_2} \left( \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} Y_i \right) \\ D_a = D_m \lambda_{\Sigma} \cdot t_2 \end{cases} \quad (1.1)$$

unde:  $n_1, n_2$  – numărul situațiilor de avarie posibile, corespund respectiv la momentul de timp  $k$  și pe parcursul ciclului de lucru;

$D_i$  – valoarea daunei a  $i$ -teii situații de avarie în momentul de timp  $k$ , lei;

$\lambda_{\Sigma}$  – valoarea calculată a intensității probabile a  $i$  – defecțiunii, 1/h;

$t_2$  – durata de funcționare a echipamentului electric al liniei pe o perioadă de un an, h.

Dauna  $D_i$  de la  $i$  situație de avarie în orice moment de timp poate fi calculată în baza expresiei:

$$D_i = \Sigma (D_{a1}; D_{a2}; D_{a3}) \quad (1.2)$$

unde:  $D_{a1}$ ;  $c D_{a3}$  – părțile componente ale daunei corespunzătoare, referitoare la reparația și înlocuirea echipamentului electric, ale daunei provocate de staționarea personalului de deservire și a utilajului, ale daunei provocate de pierderile și alterarea laptelui ca urmare a defecțiunilor, lei.

Componentele daunei, legate de reparația și înlocuirea echipamentului electric se determină din expresia:

$$D_{a1} = \sum_{i=1}^m A_i + \sum C_p t_n \quad (1.3)$$

unde:  $A_i$  – costul reparației,  $i$  – echipamentul electric în cazul imposibilității restabilirii acestuia sau costul echipamentului nou, lei;

$m$  – numărul de utilaje defectate;  $t_n$  – norma de timp necesară pentru înlocuirea echipamentului, pers. h;  $C_p$  – rata tarifară a lăcătușului-electrician, lei/h;

Dauna medie provocată de staționarea personalului de întreținere se determină conform expresiei:

$$D_{a2} = \sum_{i=1}^b C_p t_n \quad (1.4)$$

unde:  $b$  – numărul personalului de întreținere, care staționează din cauza defecțiunilor;  $t_n$  – durata staționării forțate, h.

Dauna medie, în cazul staționării echipamentului tehnologic, provocată de pierderile și alterarea laptelui în situație de avarie, se calculează conform expresiei [27, 82]:

$$D_{a3} = (P_{est} + P_{sp}) W_i' - (P_{est1} W_1 + P_{est2} W_2 + P_{estn} W_n) \quad (1.5)$$

unde:  $P_{est}$  – prețul de achiziție estimat, lei;  $P_{sp}$  – supraplata la prețul de achiziție pentru laptele răcit, lei;  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_n$  – volumul de lapte estimat după situația de avarie, corespunzător calitatea I, a II-a și fără categorie de calitate, lei.

Valorile obținute  $D_m$  și  $D_a$ , calculate conform formulelor, de mai sus sunt prezentate în tabelele 3.4 și 3.5 [27, 82] pentru liniile cu aplicarea surselor cu frig artificial și combinat, de unde putem deduce următoarele.

- cea mai mare daună tehnologică anuală, în liniile de prelucrare primară a laptelui, este provocată de instalația frigorifică și sistemul de dirijare al acesteia;
- în liniile cu surse combinate de frig, utilizarea acumulatorilor cu apă minimizează daunele tehnologice, în special în perioada rece a anului. În comparație cu instalația frigorifică, la utilizarea liniilor cu surse combinate de frig, fiabilitatea de funcționare a acumulatorilor cu apă este de 2 ori mai mare.

- utilizarea acumulatorilor cu apă este rațională atât la funcționarea liniilor cu surse combinate de frig, cât și a liniilor cu surse de frig natural;
- intensitatea defecțiunilor echipamentului electric scade corespunzător de la  $126.72 \cdot 10^{-6}$  și  $78.73 \cdot 10^{-6}$  1/h până la  $58.73 \cdot 10^{-6}$  1/h.

Analiza efectuată referitor la influența defecțiunilor constatate în funcționarea instalațiilor frigorifice asupra calității laptelui în 5 gospodării din raionul Dondușeni a demonstrat [27] următoarele:

- În nici o gospodărie, din cele vizate, pe parcursul unui an, n-au fost atestate cazuri de funcționare a instalațiilor frigorifice fără ca acestea să se fi defectat. Numărul de defecțiuni variază de la 1 la 3.
- Una din cauzele principale ale defecțiunilor instalațiilor frigorifice este „scurgerea” freonilor.
- Pierderile gospodăriilor care livrează lapte ce nu corespunde categoriei specificate constituie 10% pe an.

Astfel, putem conchide că instalațiile frigorifice sunt nocive sub aspect ecologic din cauza utilizării în calitate de agent frigorific a diferitelor tipuri de freoni, posedă putere electrică și consumuri specifice de energie electrice mari, conțin cantități mari de metal și au o fiabilitate relativ joasă de funcționare.

În continuare, vom examina succint instalațiile frigorifice fără freoni, acestea fiind de mai multe tipuri:

- instalații de frig natural;
- instalații combinate;
- instalații de vaporizare;
- instalații termoelectrice.

Clasificarea instalațiilor frigorifice fără freoni [4] este prezentată în (Figura 1.8).

Instalațiile de frig natural, sunt instalațiile cu acțiune pe tot parcursul anului (depozitul de gheață) și instalațiile cu acțiune sezonieră (acumulatorii cu apă).

Regimul de lucru și parametrii acestor instalații sunt argumentați în literatura de specialitate din domeniul temei studiate [27]. Modelele matematice și algoritmul de funcționare al acestor instalații și al utilajului electric al acestora sunt prezentate în monografia autorilor L. Volconovici, M. Cernei, M. Cușnir [27].

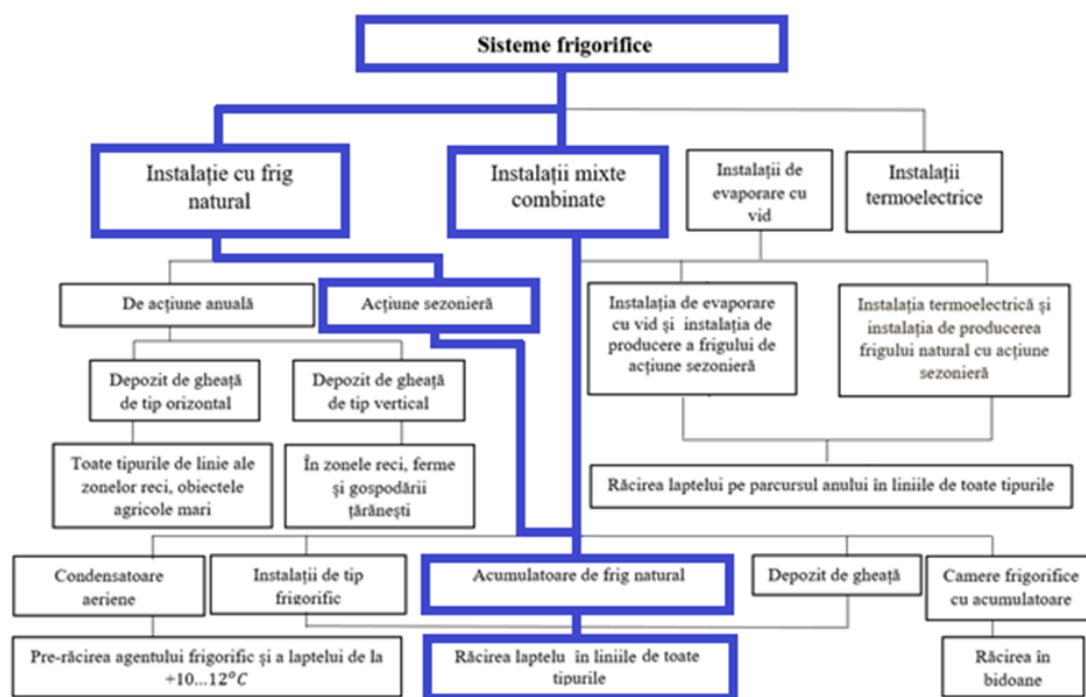
Instalațiile combinate includ [63, 64]:

- instalații de evaporare în vid și instalații de frig natural cu acțiune sezonieră;



- instalație termoelectrică și instalație de frig natural cu acțiune sezonieră;
- generatoare de gheață și instalații de frig natural cu acțiune pe tot parcursul anului.

Instalațiile de evaporare în vid au fost studiate detaliat în lucrările științifice ale lui B. Korşunov [65, 70] și V. Crețu [4].



**Fig. 1.8. Sisteme și instalații pentru răcirea laptelui ecologic [4].**

Schema tehnologică și regimurile energetice de lucru, modelul matematic și metoda de calculare a parametrilor, precum și structura, algoritmul de dirijare și testările de producție a sistemului de răcire a laptelui fără freoni în vid sunt reflectate în literatura de specialitate. [72, 75].

Generatoarele de gheață și instalațiile de frig natural cu acțiune pe tot parcursul anului sunt prezentate în lucrările savanților Corşunov B.P., Ucevadchin A.I., Mariahin F.G., Musin A. M., [86, 69, 70, 71, 72, 75].

Instalațiile termoelectrice au fost studiate anterior, fiind publicate multiple lucrări științifice, de aceea în lucrarea de față se acordă o mai mare atenție regimurilor de lucru și algoritmilor de funcționare a instalațiilor cu frig natural și a celor combinate.

Pentru reducerea puterii electrice și consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui în liniile cu instalații frigorifice este rațional de a aplica instalația cu frig natural IFN cu acțiune sezonieră (acumulatori cu apă) [32, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 81, 83, 84, 85].

În acest caz, IFN se utilizează în sezonul rece al anului, iar instalațiile frigorifice și IFN în sezonul cald al anului, când temperatura aerului depășește 4°C [4, 5, 97].

Sunt cunoscute instalațiile pentru răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural – patenta 2243652 [18, 66, 80] (Figura A2.1. ÷ A2.4.), compuse din 20 de elemente, inclusiv pulverizator, ventilator electric, supapă cu 3 poziții, manometru ș.a. Instalația respectivă asigură răcirea agentului frigorific chiar și în cazul înghețării apei în rezervor, redirecționând circulația apei în spațiul de sub gheață. Această instalație însă, fiind constituită din multiple elemente performante din punct de vedere tehnologic, este complicată în exploatare și nu are siguranța necesară în ceea ce privește fiabilitatea mecanică. De aceea, astfel de instalații urmează a fi modernizate în scopul sporirii fiabilității acestora și diminuării costurilor de fabricare și exploatare.

De menționat că utilizarea în liniile de prelucrare primară a laptelui a acumulatorilor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice creează condiții pentru diminuarea costurilor pentru energia electrică la răcirea laptelui [59]. În acest scop, pe timp de noapte, este necesar de răcit apa în acumulatorul cu frig al instalației frigorifice, care, pe timp de zi, se folosește pentru răcirea laptelui. Conform anexei la Hotărârea ANRE nr. 43 din 11 septembrie 2001 [110], consumatorii casnici, care deține utilaj de măsurare corespunzător, plata pentru energia electrică utilizată poate fi achitată conform unor tarife diferențiate, în dependență de timpul consumării:

- între orele 10.00-17.00, 20.00-22.00, în I și al IV-lea trimestru al anului, și între orele 10.00-20.00, în trimestrul al II-lea și al III-lea al anului – cu coeficientul 1,0 din tariful stabilit;
- în orele de vârf – 6.00-10.00, 17.00-20.00, în I și al IV-lea trimestru, și în orele de vârf – 6.00-10.00 și 20.00-22.00, în trimestrele al II-lea și al III-lea ale anului – cu coeficientul 1,6 din tariful stabilit (Fig. 1.8.);
- în perioada, de la 22.00 până la ora 6.00 – cu coeficientul 0,6 din tariful stabilit (Figura A3.1.).

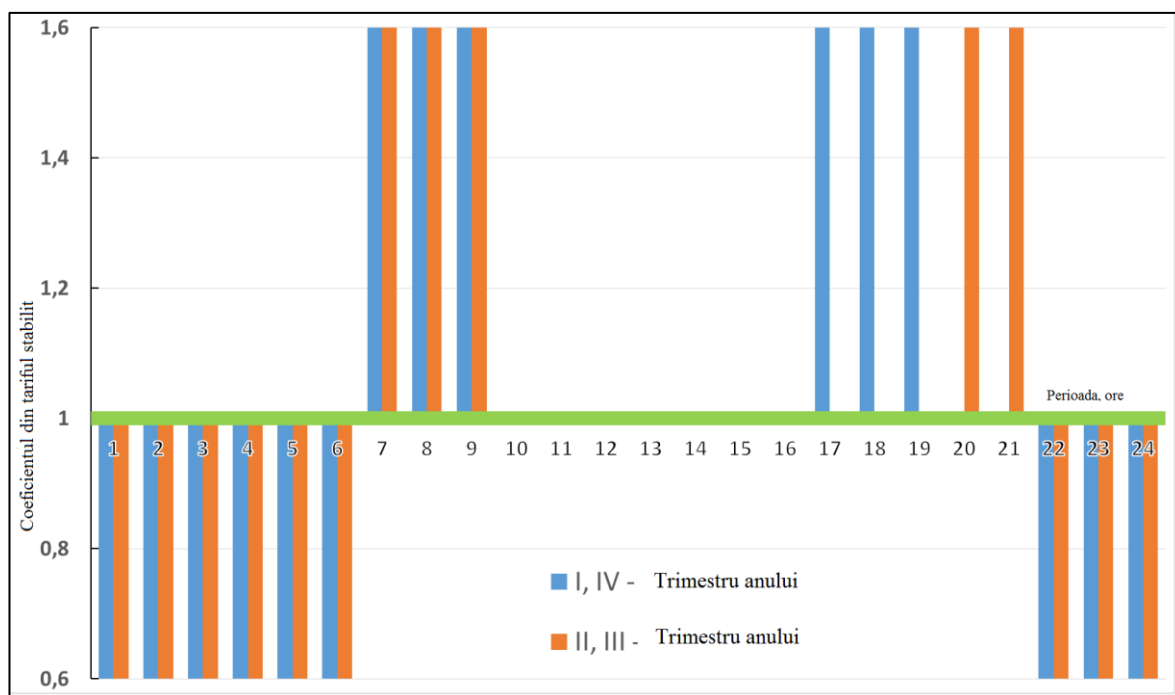
În cazul acumulării frigului de la 22.00 – 6.00, costul energiei electrice se reduce cu 40% (Fig. 1.9) [110].

Principalele avantaje ale utilizării acumulatorilor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice sunt:

- economisirea energiei electrice și a apei [56, 87];
- asigurarea unei fiabilități mai înalte a sistemelor de răcire ca rezultat al rezervei de frig acumulate în instalația cu frig natural, întreținere și reparație simplă;
- posibilitatea folosirii tarifului nocturn ieftin la energia electrică;
- prețul de cost scăzut al frigului;
- ameliorarea situației ecologice datorită reducerii volumului de freoni și de uleiuri freonice folosite.

În baza elaborării tehnologiilor automatizate cu consum redus de energie, a mijloacelor tehnice și a sistemului unificat de utilaj electric a fost introdus procedeul metodologic conform căruia liniile tehnologice cu consum redus de energie sunt examinate ca un sistem unic complex de interacțiune a mai multor elemente – tehnologice, energetice, factori de exploatare, care influențează calitatea laptelui și indicii tehnico-economici ai fermei.

Sarcinile trasate sunt realizate având o abordare sistemică: aplicarea teoriei operațiilor, teoriei probabilității și statisticii matematice, teoriei reglării automate, modelării matematice și fizice, analizei și sintezei [27].



**Fig. 1.9 Costul energiei electrice conform tarifelor diferențiate în dependență de perioada de consum**

În funcție de principiul de funcționare și modul de utilizare a frigului natural și a celui artificial, sistemele de răcire a laptelui și instalațiile care acumulează frig în formă de gheață și apă rece, se împart în două grupe: de acțiune sezonieră (IAS) (Figura A3.2.) și de acțiune pe tot parcursul anului. Instalațiile cu acțiune pe tot parcursul anului se împart la rândul lor în instalații combinate (IAC) (Figura A3.3.) și acumulate-depozite de gheață (ADG) [27, 101, 102].

Instalațiile cu acțiune sezonieră funcționează numai în perioada rece a anului și reprezintă un receptor secționat – acumulator cu frig natural, instalat în afara încăperii pentru prelucrarea și păstrarea laptelui. În sezonul rece al anului apa este direcționată în schimbătorul de căldură în flux. În interiorul IAS este amplasat sistemul de țevi și pereți, care asigură circulația apei în timpul formării gheții [54, 100, 104].

În instalațiile cu acțiune combinată (IAC) se folosește atât frigul natural, cât și cel artificial. În perioada de iarnă, aceasta funcționează ca IAS, iar vara, instalația frigorifică, în pauza dintre mulșori, se încarcă cu frig IAC, care mai apoi se utilizează pentru răcirea laptelui. În calitate de reîncărcător pot fi utilizate instalațiile frigorifice de tipul AB-30, TXY-23, TXY-14, MBT-20, MBT-14, MKT-20, YB-10, OT-10, ΦY-40 ș.a. [27, 101, 102].

În acumulatele-depozite de gheață instalațiile frigorifice de reîncărcare nu se utilizează. În perioada rece, gheața se acumulează prin înghețarea treptată a straturilor, iar în perioada caldă a anului, aceasta este utilizată pentru răcirea laptelui.

Problema acumulării frigului este condiționată de necesitatea de economisire a resurselor energetice. Motivele principale ale actualității acestei probleme sunt cheltuielile mari pentru generarea frigului, precum și tariful semnificativ mai mic la energia electrică pe timp de noapte.

Creșterea permanentă a prețului la energia electrică și la utilajul frigorific duce la creșterea prețului de cost a laptelui și a producției de lactate. În legătură cu cele menționate, sporirea eficacității utilajului frigorific și dezvoltarea tehnologiilor fără freoni de producere a frigului are o mare importanță la nivel de stat, deoarece va permite reducerea esențială a consumului de energie electrică și creșterea siguranței ecologice din contul reducerii acțiunii nocive a freonilor asupra stratului de ozon al Terrei. La crearea schemelor principale, s-a ținut cont de beneficiile instalațiilor frigorifice combinate cu acumulate, și anume:

- construcția compactă a blocului compresor-condensator și necesitatea minimală în freoni;
- puterea mare de acumulare a frigului și frecvența redusă de includere a compresoarelor;
- posibilitatea interacțiunii cu receptoarele de frig natural, inclusiv cu turnurile de tip apă-gheață, instalate în aer liber pentru răcirea directă a laptelui.

Utilizarea instalațiilor frigorifice combinate cu acumulate cu frig natural sporește fiabilitatea sistemelor de răcire și siguranța ecologică, permite reechiparea gospodăriilor cu instalații frigorifice combinate, elaborată pe o bază constructivă modernă, ceea ce va permite: reducerea cheltuielilor capitale și de exploatare la răcirea laptelui prin reducerea capacității stabilite a compresoarelor, a evaporatoarelor, a utilajului auxiliar; reducerea cheltuielilor și a consumului de energie electrică pentru producerea frigului, utilizând tariful preferențial nocturn și o temperatură mai joasă de condensare a agentului frigorific, inclusiv pe timp de noapte, utilizând frigul natural, aerul din exterior și apele subterane pentru răcirea agentului frigorific; sporirea fiabilității sistemului de răcire din contul existenței rezervei operative de frig [41].

Utilizarea tuturor factorilor enumerați se realizează în procesul acumulării frigului natural și artificial, care are loc în acumulatele de frig de tip apă-gheață [95]. Avantajul utilizării gheții pentru acumularea frigului se explică prin puterea sa sporită de acumulare, în comparație cu apa.

Răcirea apei și înghețarea au loc preponderent cu utilizarea frigului natural. Utilizarea altei surse de frig are loc doar când temperatura aerului înconjurător este mai mare de zero grade sau când se constată o insuficiență de frig pentru răcirea la timp a apei și înghețării ulterioare. Formarea gheții cu utilizarea altei surse de frig are loc, de asemenea, în perioadele de timp în care este valabil tariful preferențial de noapte la energia electrică (Figura A3.4.) [89, 93, 97].

Instalația experimentală include: 1 – pompa de lapte; 2 – traductorii de temperatură; 3 – pompa agentului frigorific; 4 – acumulatorul cu frig de tip apă-gheață; 5 – instalația frigorifică cu compresor-vapori; 6 – rezervorul de lapte; 7 – schimbătorul de căldură al receptorului de frig artificial (se instalează în aer liber). Traductori: 1, 2 – temperatura agentului frigorific la intrarea în schimbătorul de căldură exterior și respectiv la ieșire; 3, 4 – temperatura agentului frigorific la intrarea în acumulatorul de gheață și, respectiv, la ieșire; 5 – temperatura aerului înconjurător; 6 – temperatura apei în acumulatorul cu gheață; 7 – debitmetru; 8 – wattmetru; 9 – cântar. Echipament: 10 – termometru electronic cu sistemul de releu de comutare secundar și convertoare de semnale cu traductori de temperatură 1–6; 11 – rezervor de apă; 12 – schimbător de căldură interior; 13 – pompă; 14 – ventilator de răcire a schimbătorului de căldură exterior; 15 – schimbător de căldură exterior.

După schimbătorul de căldură exterior de-a lungul conturului «1» agentul frigorific este direcționat în acumulatorul de gheață termoizolat, unde, prin pereții evaporatorului, are loc schimbul de căldură între soluția Ecosol răcit și mediul mai cald – apa. Temperatura, la această etapă, este controlată de traductorii 3 și 4 (temperatura agentului frigorific la ieșirea și intrarea din schimbătorul de căldură scufundat în apă). La această etapă, are loc măsurarea consumului de agent frigorific în contur și a capacității pe arborele motorului pompei. După aceste etape ciclul se repetă. În afară de aceasta, în timpul experimentului are loc măsurarea temperaturii aerului înconjurător, a temperaturii apei în acumulatorul de gheață în câteva puncte. Răcirea apei și formarea gheții are loc preponderent cu utilizarea frigului natural. Utilizarea altei surse de frig are loc numai la temperatura aerului exterior mai mare de zero sau în cazul insuficienței de frig pentru răcirea la timp a apei și formării ulterioare a gheții. De asemenea, formarea gheții cu aplicarea altei surse poate avea loc în perioadele de timp în care este valabil tariful preferențial la energia electrică [111].

Elementul de bază al instalației este acumulatorul cu gheață, care la diferite regimuri de lucru efectuează schimbul de căldură cu alte elemente ale instalației, ceea ce este prezentat clar în Figura A3.5. Experiențele efectuate până la etapa actuală creează o imagine generală asupra procesului de răcire a apei și de formare a gheții cu aplicarea frigului natural [60, 61]. În Figura A3.5 este prezentat graficul conform rezultatelor experiențelor, în care este prezentat procesul de

variație a temperaturii apei în acumulatorul cu gheață în procesul de formare a gheții fără utilizarea frigului artificial, exclusiv cu ajutorul frigului natural din exterior (temperatura aerului exterior în timpul experienței era de aproximativ  $-10, -12^{\circ}\text{C}$ ). La finele experienței masa gheții în acumulator era de aproximativ 6 kg [ 72,75 ].

Din grafic, se vede că formarea intensivă a gheții la condițiile stabilite ale experienței a început după 2 ore de la pornirea instalației. În unele condiții, caracteristica poate fi majorată (spre exemplu, la insuficiența frigului din exterior) prin conectarea mașinii frigorifice cu freoni cu evaporatorul scufundat în apă). Necesitatea conectării instalației frigorifice va fi determinată de sistemul automat de dirijare, reieșind din indicii traductorilor, precum și ai algoritmului de lucru, determinat de program. Formarea gheții pe schimbătorul de căldură scufundat a micșorat schimbul de căldură cu apa din acumulator și, ca rezultat, după cum se vede din grafic, în procesul de formare a gheții temperatura medie a apei din acumulator s-a stabilit la nivelul de  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

### **Concluzii la capitolul 1**

1. Pentru testarea utilajului pentru muls, răcire și control tehnic al parametrilor principali ai procesului de răcire a laptelui, la fermă se utilizează microprocesorul EXITEST-3, elaborat de S.A. “Institutul ELIRI” în comun cu Universitatea Agrară de Stat din Moldova (UASM) și OAO “Brațlav”. Totodată, monitoringul biotehnologic oportun producerii și prelucrării primare a laptelui la Complexul Didactico-Experimental al UASM contribuie la optimizarea productivității echipamentului tehnologic, la reducerea consumului de energie, la majorarea duratei de exploatare a instalațiilor frigorifice, la reducerea riscului situațiilor de avarie. Un rol deosebit poate fi atribuit utilizării sistemului electronic de dirijare cu programul de tipul AfiFarm.
2. Pentru răcirea laptelui la ferme se utilizează șapte tipuri de linii tehnologice. Un element component specific tuturor acestor linii este instalația frigorifică, care are cea mai mare putere electrică din toate componentele liniei primare de prelucrare a laptelui. Pentru răcirea laptelui sunt aplicate următoarele tipuri de instalații frigorifice: AB-30; AB-30-01; MBT 20-1(1); MBT 20-1(2); MBT 14-1; AB-14-1; YB-10; YB-10-01; OT-10; TXV-14. Consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui la fel este mare, variind între 11 și  $18,9\text{ KW h}$ , ceea ce constituie de la 31.4% până la 51.2% din consumul specific de energie electrică pentru prelucrarea primară a laptelui, care este de  $25\text{-}30\text{ kWh}$ . În calitate de agent frigorific la toate instalațiile frigorifice menționate se folosesc diferite tipuri de freoni, care din punct de vedere ecologic sunt nocivi. În plus, instalațiile frigorifice conțin mult metal, preponderent metale costisitoare – cupru, aluminiu.

3. Defecțiunile la funcționarea instalațiilor frigorifice constituie peste 90% din toate defecțiunile liniei de prelucrare primară a laptelui. S-a constatat că [1]:
- cea mai mare daună tehnologică anuală în liniile de prelucrare primară a laptelui este provocată de instalația frigorifică și sistemul de dirijare al acesteia;
  - în liniile cu surse combinate, utilizarea acumulatorilor cu apă reduc considerabil daunele tehnologice în perioada rece a anului. Spre deosebire de instalația frigorifică, fiabilitatea de funcționare a acumulatorilor apă este de cel puțin de 2 ori mai înaltă. Utilizarea acumulatorilor apă este rațională atât în liniile cu surse combinate cu frig, cât și în liniile cu surse de frig natural. Intensitatea defecțiunilor echipamentului electric scade, respectiv, de la  $126.72 \cdot 10^{-6}$  și  $78.73 \cdot 10^{-6}$  1/h până la  $58.73 \cdot 10^{-6}$  1/h.
4. Principalele avantaje ale utilizării acumulatorilor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice sunt:
- economisirea energiei electrice și a apei [96, 97, 98];
  - asigurarea unei fiabilități înalte a sistemelor de răcire ca rezultat al rezervei de frig acumulate în acumulatori, întreținerea și reparația simplă [99];
  - posibilitatea folosirii tarifului preferențial la energia electrică, aplicat pe timp de noapte. Astfel, la utilizarea frigului acumulat între orele 22.00 – 6.00, costul energiei electrice, conform ANRE, se reduce cu 40%;
  - prețul de cost redus al frigului utilizat la răcirea laptelui;
  - ameliorarea situației ecologice în baza reducerii volumului de freoni și de uleiuri freonice folosite;
  - nivel de zgomot redus.
5. La majorarea duratei de utilizare a acumulatorilor cu frig natural în timpul anului poate contribui:
- pulverizarea apei direcționată în acumulatorul cu frig;
  - izolarea termică a acumulatorilor cu frig în perioada caldă a anului și în perioadele cu variații mari de temperatură a aerului atmosferic pe durata de 24 de ore (cu temperaturi joase  $t < 4^{\circ}\text{C}$  - noaptea și cu temperaturi înalte  $t > 10^{\circ}\text{C}$  - ziua).

În acumulatorii existente cu frig natural temperatura apei este cu cca  $2^{\circ}\text{C}$  mai înaltă decât temperatura aerului ambiant, pulverizarea cu apă permite practic egalarea temperaturii aerului și a apei, fapt ce contribuie la majorarea duratei de utilizare a acumulatorilor.

## 2. SPORIREA PERFORMANȚEI INSTALAȚIILOR CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL PENTRU RĂCIREA LAPTELUI, UTILIZATE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

### 2.1. Perfecționarea regimului de funcționare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră în liniile cu răcire în flux

În lucrarea "Răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial" [4] de Crețu, V., Volconovici, L., sunt examinate regimurile de amestec și neamestec a apei în acumulatorii cu apă.

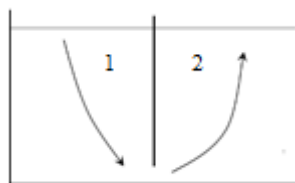
- Pentru asigurarea regimului de neamestec a apei, în scopul reducerii volumului acumulatorului, s-a propus utilizarea septurilor.

Sarcina consta în determinarea numărului minim de septuri, care ar asigura regimul de neamestec a apei. S-au examinat două variante:

- a) de asigurare a regimului de neamestec a apei cu septuri verticale,
- b) de asigurare a regimului de neamestec a apei cu septuri orizontale.

S-a examinat mai întâi regimul de neamestec a apei cu septuri verticale. Numărul de septuri devia de la 1 la 10. Experimentele au fost efectuate în modul următor:

S-a instalat un sept la mijlocul vasului în poziție verticală, Fig. 2.1. [27].



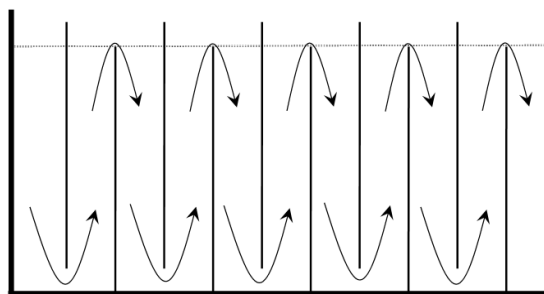
**Fig. 2.1. Regimul de neamestec și amestec a apei în acumulator cu un singur sept.**

Vasul este umplut cu apă la o temperatură de  $4^{\circ}\text{C}$ . În continuare, apa colorată cu cerneală din vasul inferior al acumulatorului pătrunde prin răcitorul în flux în vasul superior cu temperatura de  $8^{\circ}\text{C}$ . Cu ajutorul termometrelor se verifica temperatura apei în ambele părți ale acumulatorului.

La alimentarea cu apă caldă colorată, apa rece din prima parte a acumulatorului, trecea în a doua parte. Ca urmare a înlocuirii volumului total de apă din partea întâia, apa caldă, trecând pe sub marginea de jos a septului în a doua parte, începe să se ridice în sus, și, ca urmare, în a 2-a parte, are loc amestecul apei reci cu a celei calde. Astfel, din tot volumul vasului superior s-a folosit doar jumătate din volum cu temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ . Prin urmare, doar la utilizarea acumulatorului prezentat în Fig.2.1 coeficientul de performanță este egal cu 50%.

În continuare, s-au efectuat experiențe analogice, utilizând 2, 3, 4 ... 10 septuri, Fig. 2.2. [27].



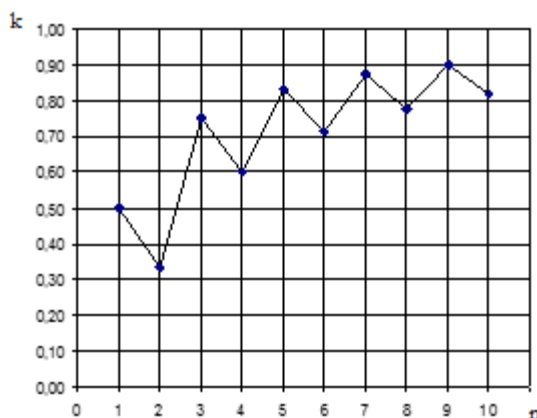


**Fig. 2.2 Acumulator cu frig divizat în septuri verticale**

Drept exemplu, sunt prezentate schimbările de temperatură în secțiunile acumulatorului la utilizarea a 1, 2 și 3 septuri.

S-a stabilit că la utilizarea a 2 și 3 septuri, coeficientul de folosire a acumulatorului este egal cu 33.3% și 75%.

În baza datelor experimentale obținute, a fost determinată dependența coeficientului de utilizare  $K_{util}$  de numărul de septuri  $n$ , pentru  $n=1...10$ , (Fig. 2.2) [27].



**Fig. 2.3. Dependența coeficientului de utilizare  $K_{util}$  de numărul de septuri  $n$ [4].**

Din grafic, se observă că coeficientul de performanță este mai mare la acumulatorile cu număr impar de septuri. La acumulatorile cu număr par de septuri, ultima secție nu se utilizează. Coeficientul optimal de utilizare este atins, practic, dacă se utilizează 5 septuri. Odată cu majorarea numărului de septuri de la 5 la 9, coeficientul de utilizare se majorează doar cu 7 % ( de la 0,83 până la 0,9).

Pentru  $n = 5$  și  $K_{util}=0,83$ , avem:

$$(0,83 \cdot V_a)/V_l=3 \quad (2.1)$$

sau

$$V_a/V_l=3,6 \quad (2.2)$$

În continuare, s-a examinat varianta a doua de asigurare a regimului de neamestec a apei, cu folosirea septurilor orizontale.

Modelul experimental este prezentat în Fig. 2.4. Experimentul s-a desfășurat în modul următor. În vasul 4 turnăm apă caldă ( $t=8^\circ C$ ) colorată cu cerneală roșie. În vasul 1 la început era

apă rece ( $t=4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Deschidem supapa 5 și apa pătrunde pe septul orizontal 3, plasându-se pe suprafața apei reci în vasul 1. Cu rigla, a fost măsurat înălțimea stratului amestecat de apă  $h_o$ .

Coeficientul de utilizare s-a determinat conform formulei:

$$K=(V-V_o)/V = (h\cdot S-h_o\cdot S)/(h\cdot S)=1-(h_o/h), \quad (2.3)$$

unde:  $h$  și  $h_o$ , exprimă, respectiv, înălțimea volumului de apă în vasul 1 și înălțimea stratului de apă amestecat,  $S$  – suprafața orizontală a vasului 1.

Rezultatele experimentului au demonstrat, că înălțimea minimală a stratului de apă amestecat este în limitele 0.04 - 0.08 m, Tab. 2.1.

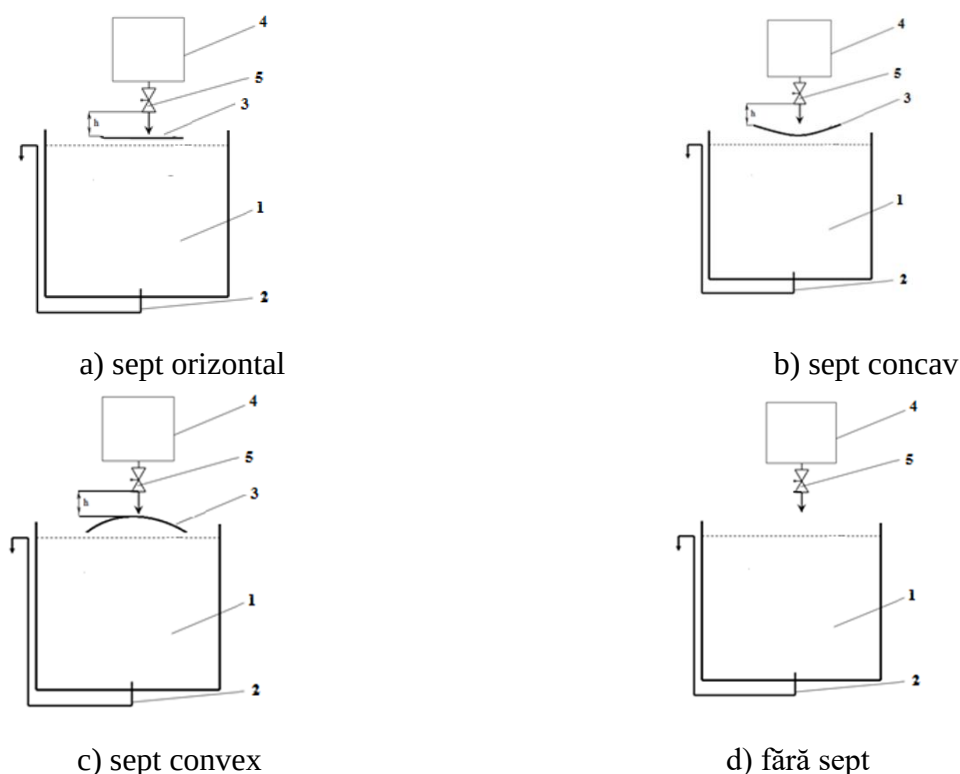
La schimbarea înălțimii vasului în limitele de la 0,1 la 0,3 m aveam  $K_{\text{util}}$  în limitele 90% - 97%. Deci varianta cu septul orizontal este mult mai eficientă decât varianta cu 5 septuri verticale, deoarece coeficientul de utilizare  $K_{\text{util}}$  a apei în acumulator se mărește de la 0,83 până la 0,9.....0,97 adică cu 7 - 14%. În acest caz, pentru un acumulator cu un volum de  $1\text{ m}^3$ , volumul acumulatorului se micșorează cu 70 ....140 litri de apă, iar numărul de septuri se micșorează de la 5 la 1.

Luând în considerare faptul că coeficientul de multiplicitate a apei și a laptelui în regim de neamestec a apei trebuie să fie egal cu 3 pentru septul orizontal și de faptul că  $K_{\text{util}}=0.9...0.97$ , atunci avem:

$$(0.9...0.97)\cdot V_a/V_l=3 \quad (2.4)$$

$$V_a/V_l=3.1...3.3 \quad (2.5)$$

Prin urmare, s-a stabilit că pentru asigurarea regimului de neamestec a apei este mai rațional de a utiliza acumulatorul de apă cu sept orizontal Fig.2.4. (a) În acest caz,  $K_{\text{util}}$  este în limitele 0.9...0.97, iar coeficientul de multiplicitate a consumului de apă și lapte, în limitele 3.1...3.3.



**Fig. 2.4. Modelul experimental al acumulatorului cu frig cu septuri de forme diverse**  
Instalația include:

1 – vas pentru apă; 2 – tub pentru scurgerea apei; 3 – sept; 4 – vas pentru apă;  
5 – ventil; h – înălțimea căderii libere a apei.

**Tabelul 2.1. Rezultatele experimentale al acumulatorului cu frig cu septuri de forme diverse**

| Forma septului | Grosimea porțiunii de apă amestecate |          |          |
|----------------|--------------------------------------|----------|----------|
|                | h = 0.1m                             | h = 0.2m | h = 0.3m |
| Orizontal      | 0,043                                | 0,066    | 0,081    |
| Concav         | 0,056                                | 0,073    | 0,92     |
| Convex         | 0,053                                | 0,081    | 0,11     |
| fără sept      | 0,087                                | 0,097    | 0,19     |

În cazul utilizării septului vertical, pentru asigurarea  $K_{util}=0.75$  este necesar a se utiliza 3 septuri iar, ca urmare coeficientul de multiplicare a consumului de apă și lapte sporește până la 4, adică cu 17-23%. Odată cu majorarea  $K_{util}$  până la 0.9, este necesar de a majora numărul de septuri până la 9, fapt care sporește substanțial consumul de materiale pentru instalație, Fig. 2.3. și Fig. 2.4 [27].

- În liniile cu răcitoare capacitive s-a examinat posibilitățile de diminuare a volumului acumulatorului prin separarea lui în N secții cu comutarea succesivă de la o secție la alta (Figura A4.1.) [27].

S-a stabilit că odată cu majorarea numărului de secții ale acumulatorului cu frig de la una până la patru, multiplicitatea  $k$  a apei și laptelui scade treptat (Figura A4.2.). La  $N \geq 4$ , coeficientul

de multiplicitate a volumului de apă și lapte, practic este minimal și puțin depinde de numărul de secții ale acumulatorului, fiind, în comparație cu acumulatorul cu o singură secție, de cca 3,0 ori mai mic [62, 27].

De exemplu, la mărirea numărului de secții de la 4 până la 8, coeficientul  $k$  se micșorează de la 3,7 până la 3,6 practic rămâne constant.

Deci este rațional ca numărul de secții ale acumulatorului cu frig să fie  $N = 4$ .

Repartizarea temperaturii laptelui răcit  $t_{l2}^o$  la conectarea succesivă a secțiilor  $N$  ale acumulatorului cu frig, AFN la temperatura laptelui supus răcirii  $t_{l1} = 29^oC \div 30^oC$  și  $t_{l1}^o = 17- 18^oC$  este prezentată, respectiv, în Tabelul 2.2. și Tabelul 2.3.

**Tabelul 2.2. Repartizarea temperaturii laptelui răcit  $t_{l2}$  la conectarea succesivă a secțiilor  $N$  ale acumulatorului cu frig. Temperatura laptelui supus răcirii  $t_{l1} = 29 - 30^oC$**

| Temperatura aerului<br>atmosferic, $t^oC$ | $t_{l1} = 29 - 30^oC$ |            |         |            |         |
|-------------------------------------------|-----------------------|------------|---------|------------|---------|
|                                           | $N = 1$               | $N = 2$    | $N = 3$ | $N = 4$    | $N = 5$ |
| $t^o = 0$                                 | <b>5,9</b>            | 4,6        | 3,6     | 3,0        | 2,7     |
| $t^o = 2$                                 | 7,3                   | <b>6,0</b> | 5,0     | 4,6        | 4,1     |
| $t^o = 4$                                 | 8,6                   | 7,4        | 6,5     | <b>6,0</b> | 5,5     |

**Tabelul 2.3. Repartizarea temperaturii laptelui răcit  $t_{l2}^o$  la conectarea succesivă a secțiilor  $N$  ale acumulatorului cu frig. Temperatura laptelui supus răcirii  $t_{l1}^o = 17- 18^oC$**

| Temperatura aerului<br>atmosferic, $t^oC$ | $t_{l1}^o = 17- 18^oC$ |            |         |         |         |
|-------------------------------------------|------------------------|------------|---------|---------|---------|
|                                           | $N = 1$                | $N = 2$    | $N = 3$ | $N = 4$ | $N = 5$ |
| $t^o = 0$                                 | 3,3                    | 2,5        | 1,9     | 1,7     | 1,5     |
| $t^o = 2$                                 | <b>5,2</b>             | 4,2        | 3,7     | 3,5     | 3,3     |
| $t^o = 4$                                 | 6,3                    | <b>5,8</b> | 5,4     | 5,2     | 5,0     |

În rezultatul analizei datelor primare [27] deducem că:

- la răcirea laptelui de la  $30^oC$  până la  $6^oC$  este necesară o secție ( $N=1$ ), a acumulatorului cu frig la temperatura aerului atmosferic,  $t = 0^oC$  – două secții; ( $N = 2$ ) pentru  $0 < t \leq 2^oC$  și patru secții ( $N = 4$ ) pentru  $2 < t \leq 4^oC$ ; (Tab 2.2.)
- la răcirea laptelui de la  $18^oC$  până la  $6^oC$  este necesară o secție ( $N=1$ ) a acumulatorului cu frig la temperatura aerului atmosferic  $t \leq 2^oC$  și două secții ( $N = 2$ ) pentru  $2 < t \leq 4^oC$  (Tab 2.3.)
- altă problemă este că apa în acumuloare trebuie să atingă temperatura necesară de răcire ( $t \leq 4^oC$ ) în intervalele dintre mulsoari. Pentru aceasta, este nevoie de a se determina raportul acceptabil dintre suprafața orizontală –  $S$  și volumul acumulatorului –  $V$ , ceea ce va asigura răcirea apei în intervalele dintre mulsoari în linii atât cu răcitoarele în flux, cât și în răcitoarele capacitive.

La fermele mici din Republica Moldova, a celor de genul fermei didactice a UASM, nu sunt argumentați parametrii constructivi ai acumulatorului cu frig. Argumentarea acestora ar asigura consumuri minime de materiale  $Ch_m$  la fabricarea lor. Astfel de sarcini sunt soluționate prin metoda clasică, prin egalarea cu zero derivata parțială a consumului de materiale.

$$\delta Ch_m / \delta h = 0 \quad (2.6)$$

unde:  $h$  – înălțimea acumulatorului, m.

În consecință, aplicând această metodă, obținem [27, 51]:

$$h = \sqrt[3]{\frac{V}{4}}$$

a) pentru realizarea integră în regim de neamestec a apei în acumulator la  $K_{util} = 1$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{V}{4}} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.7)$$

b) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator pentru septuri verticale, când  $n = 5$  și  $K_{util} = 0,83$  și

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{0,83} \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{0,3 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4 \cdot \left(\frac{1}{0,83} \cdot V\right)^2} = \sqrt[3]{4 \cdot 1,45 \cdot V^2} = \sqrt[3]{5,81 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.8)$$

c) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator cu septul orizontal,  $n=1$  și  $K_{util} = 0,97$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{0,97} \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,03 \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{0,258 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4 \cdot \left(\frac{1}{0,97} \cdot V\right)^2} = \sqrt[3]{4 \cdot 1,06 \cdot V^2} = \sqrt[3]{4,25 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.9)$$

După cum sa dovedit în paragraful precedent, mai eficient este punctul (c), cu realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator cu set orizontal,  $K_{util} = 0,97$  și  $n=1$ . În acest caz, folosim aceste expresii pentru a calcula  $h_{opt}$  și  $S_{opt}$  la ferme mici de 10 vaci, 20 vaci, 30 vaci, 40 vaci și 50 vaci.

Ferma didactică a UASM are 30 de vaci mulgătoare. Cantitatea de lapte muls zilnic este:

$$10 \cdot 15 = 150 \text{kg};$$

$$20 \cdot 15 = 300 \text{kg};$$

$$30 \cdot 15 = 450 \text{kg};$$

$$40 \cdot 15 = 600 \text{kg};$$

$$50 \cdot 15 = 750 \text{kg},$$

unde 15 este cantitatea de lapte medie mulsă zilnic de la o vacă, kg

Cantitatea de apă necesară pentru răcirea laptelui este de trei ori mai mare decât cantitatea de lapte

$$150 \cdot 3 = 450\text{kg}=0.45\text{m}^3;$$

$$300 \cdot 3 = 900\text{kg}=0.9\text{m}^3;$$

$$450 \cdot 3 = 1350\text{kg}=1.35\text{m}^3;$$

$$600 \cdot 3 = 1800\text{kg}=1.8\text{m}^3;$$

$$750 \cdot 3 = 2250\text{kg}=2.25\text{m}^3.$$

În consecință, s-a obținut:

- pentru 10 vaci:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{0.258 \cdot 0.45} = 0.488 \approx 0.5 \text{ m}$$

$$S_{opt} = \sqrt[3]{0.425 \cdot 0.45^2} = 0.442 \approx 0.4\text{m}^2 \quad (2.10)$$

- pentru 20 vaci:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{0.258 \cdot 0.9} = 0.615 \approx 0.6$$

$$S_{opt} = \sqrt[3]{0.425 \cdot 0.9^2} = 0.701 \approx 0.7\text{m}^2 \quad (2.11)$$

- pentru 30 vaci:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{0.258 \cdot 1.35} = 0.704 \approx 0.7\text{m}$$

$$S_{opt} = \sqrt[3]{0.425 \cdot 1.35^2} = 0.918 \approx 0.9\text{m}^2 \quad (2.12)$$

- pentru 40 vaci:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{0.258 \cdot 1.8} = 0.774 \approx 0.8\text{m}$$

$$S_{opt} = \sqrt[3]{0.425 \cdot 1.8^2} = 1.113 \approx 1.1\text{m}^2 \quad (2.13)$$

- pentru 50 vaci:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{0.258 \cdot 2.25} = 0.834 \approx 0.8\text{m}$$

$$S_{opt} = \sqrt[3]{0.425 \cdot 2.25^2} = 1.291 \approx 1,1\text{m}^2 \quad (2.14)$$

Pentru ferma didactică a UASM (cu 30 vaci mulgătoare) parametrii optimali ai acumulatorului cu frig sunt:  $h_{opt} = 0.7\text{m}$  și  $S_{opt} = 0,9\text{m}^2$ .

În cazul acumulatorului cu frig de formă cilindrică raza optimală are următoarele valori:

- pentru 10 vaci:

$$R_{opt} = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h_{opt}}} = \sqrt{\frac{0.45}{3.14 \cdot 0.5}} = \sqrt{0.29} = 0.54 \text{ m} \quad (2.15)$$

- pentru 20 vaci:

$$R_{opt} = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h_{opt}}} = \sqrt{\frac{0.9}{3.14 \cdot 0.6}} = \sqrt{0.48} = 0.69 \text{ m} \quad (2.16)$$

- pentru 30 vaci:

$$R_{opt} = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h_{opt}}} = \sqrt{\frac{1.35}{3.14 \cdot 0.7}} = \sqrt{0.61} = 0.78 \text{ m} \quad (2.17)$$

- pentru 40 vaci:

$$R_{opt} = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h_{opt}}} = \sqrt{\frac{1.8}{3.14 \cdot 0.8}} = \sqrt{0.72} = 0.85 \text{ m} \quad (2.18)$$

- pentru 50 vaci:

$$R_{opt} = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h_{opt}}} = \sqrt{\frac{2.25}{3.14 \cdot 0.8}} = \sqrt{0.90} = 0.95 \text{ m} \quad (2.19)$$

O altă cale este soluția grafică, care se rezolvă prin prezentarea grafică a dependențelor  $Ch_m = f(h)$  și determinarea minimului de consum de materiale. Rezultatele obținute sunt identice cu cele din varianta analitică.

## 2.2. Studiu privind regimul de răcire a apei în acumulatorul cu frig natural în intervalele dintre mulsoari

Principalii parametri ai acumulatorului sunt suprafața orizontală –  $S$  și volumul –  $V$ . Este necesar de determinat raportul optimal între  $S$  și  $V$  ceea ce ar permite asigurarea răcirii apei în intervalele dintre mulsoari atât în liniile cu răcitoare în flux, cât și în cele capacitive. În continuare, supunem analizei procesul de răcire a apei în acumulatorul cu frig natural în linia cu răcitor în flux.

Din procesul tehnologic de răcire a laptelui aplicat la Complexul Didactico-Experimental al UASM, utilizăm următoarele date:

$N = 2$  – numărul de mulsoari

- $t_{aa} \leq 4^{\circ}C$  – temperatura aerului atmosferic;
- $t_{ai} \leq 8^{\circ}C$  – temperatura inițială a apei în acumulator;
- $t_{af} \leq 4^{\circ}C$  – temperatura finală a apei;
- $\tau = 12$ . – durata de răcire a apei între mulsoari.

Pentru aceasta este necesară rezolvare două ecuații[27]:

$$S_{ev} = \frac{Q_{ev}}{r \cdot \beta_k \cdot \Delta \rho \cdot \tau} \quad (2.20)$$

$$S_k = S + 4 \cdot h \cdot \sqrt{S} \quad (2.21)$$

unde:  $S$  – suprafața orizontală a acumulatorului;  $S_{ev}$  – suprafața orizontală a evaporării apei;  $S_k$  – suprafața schimbului de căldură cu convecție;  $h$  – înălțimea acumulatorului;

$Q_{ev}$  - cantitatea de căldură degajată din acumulator prin evaporare;  $r$  – căldura de vaporizare;  $\beta_k$ - coeficientul de transfer de masă;  $\Delta \rho$  – diferența densităților vaporilor de apă la

suprafața apei și la distanța de suprafața ei.

Cantitatea de căldură degajată din acumulator este:

$$\begin{aligned} Q_{ev} &= Q_n - Q_k = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta t - \alpha_k \cdot \Delta t \cdot S_k \cdot \tau = \\ &= V \cdot 10^3 \cdot 4,19 \cdot (8-4) \cdot 10^3 - \alpha_k (6-4) \cdot 12 \cdot 3600 \cdot S_k \end{aligned} \quad (2.22)$$

sau după transformări, obținem:

$$Q_{ev} = 16,76 \cdot 10^3 \cdot V - 2 \cdot 12 \cdot 3600 \cdot \alpha_k \cdot (S + 4 \cdot h \cdot \sqrt{S}) \quad (2.23)$$

unde:  $Q_n$  – cantitatea de frig necesară pentru răcirea acumulatorului;  $Q_k$  – cantitatea de căldură degajată de acumulator prin convecție;  $C_p$  – încălzirea specifică, J/(kg·K);  $\alpha_k$  – coeficientul de degajare a căldurii, BT/(m<sup>2</sup>·K), care se determină în modul următor:

$$Nu = c \cdot (Gr \cdot Pr)^n \quad (2.24)$$

(pentru  $t = 2$  m – mărimea caracteristică), unde  $Nu$  – criteriul lui Nusselt,  $c$  – constanta,  $Gr$  și  $Pr$  – criteriul lui Grashof și Prandtl.

În baza datelor obținute, determinăm suprafața orizontală de evaporare a apei:

$$(Gr \cdot Pr) = \frac{g \cdot \beta \cdot l^3 \cdot \Delta t}{\nu^2} \cdot Pr = \frac{9,81 \cdot 2^3 \cdot (6-t) \cdot 0,705}{277 \cdot 13,6^2 \cdot 10^{-12}} = 2,16 \cdot 10^9 \quad (2.25)$$

unde:  $\beta = 1/T$  – coeficientul volumului extinderii volumetrice a gazului, care este egal cu  $1/277$ ,

$$\nu = 13,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (2.26)$$

Când  $Cr \cdot Pr = 2,16 \cdot 10^9 > 10^9$

$$Nu = 0,15 \cdot (Cr \cdot Pr)^{0,33} \cdot \frac{\alpha_k \cdot l}{\lambda} = 0,15 \cdot \left( \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2} \cdot Pr \right)^{0,33} \quad (2.27)$$

unde:  $\lambda = 2,47 \cdot 10^{-2}$  sau

$$\alpha_k = \lambda \cdot 0,15 \cdot \left( \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2} \cdot Pr \right)^{0,33}, \alpha_k = 2,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (2.28)$$

Înlocuind  $\alpha_k$  în ecuația (2.23), obținem

$$Q_{ev} = 16,76 \cdot 10^3 \cdot V - 7,09 \cdot 10^4 \cdot (S + 4 \cdot h \cdot \sqrt{S}) \quad (2.29)$$

În conformitate cu formula lui Luis, coeficientul schimbului de masă :

$$\beta_k = \frac{\alpha_k}{\rho \cdot c_h} \quad (2.30)$$

Când  $t_{aa} = 4^\circ \text{C}$  și  $\varphi = 50\%$   $\rho_u = 3,24 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{m}^3$ ;  $C_p = 1,860^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;  $\beta_k = 0,41 \text{ m}/\text{s}$ .

Pentru temperatura medie a apei egală cu  $t_{ma} = 6^\circ \text{C}$ , și  $\varphi = 100\%$  (la suprafața apei)  $\rho = 5,49 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{m}^3$ ;

$$Sev = \frac{16,76 \cdot 10^6 \cdot V - 21,27 \cdot 10^4 \cdot (S + 4 \cdot h \cdot \sqrt{S})}{2,5 \cdot 10^3 \cdot 0,41 \cdot (5,49 - 3,24) \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 3600} = 0,17 \cdot V - 0,0018 \cdot (S + 4 \cdot h \cdot \sqrt{S}) \quad (2.31)$$



Având în vedere că  $S_{ev} \gg 0,0018(S + 4 \cdot h \cdot \sqrt{S})$ , atunci pentru calculele aproximative cu precizie suficientă  $S_{ev}$  putem accepta:

$$S_{ev} = 0,17 \cdot V \quad (2.32)$$

$$S_{ev}/V = 0,17 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (2.33)$$

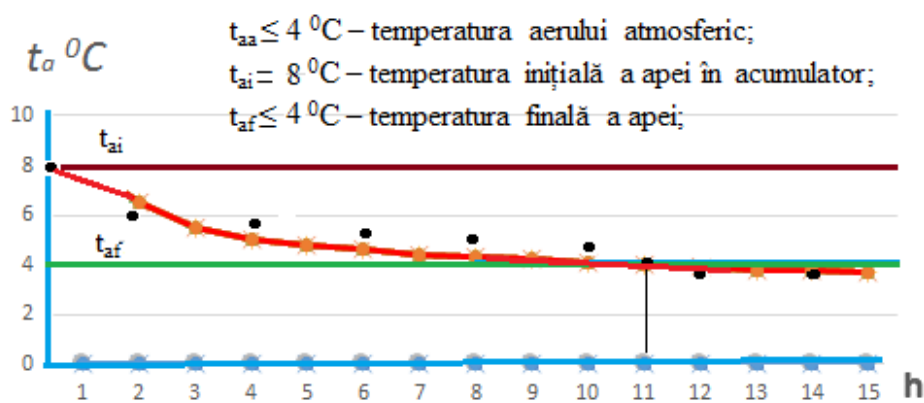
Sau în mod general:

$$S_{ev}/V \geq 0,17 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (2.34)$$

ceea ce înseamnă că, pentru răcirea  $1 \text{ m}^3$  de apă de la  $8^\circ\text{C}$  până la  $4^\circ\text{C}$  la  $t_{aa} = 4^\circ\text{C}$  și  $\tau = 12 \text{ h}$ , suprafața de evaporare a apei trebuie să fie egală cu  $0,17 \text{ m}^2$  sau mai mult.

$$S = 0,17 \text{ m}^2; t_{aa} = 3 \dots 4^\circ\text{C}; t_{aa} = 4^\circ\text{C}; t_{af} = 8^\circ\text{C}$$

Experimental s-a obținut răcirea apei de la  $8^\circ\text{C}$  până la  $4^\circ\text{C}$ , în timp de 11,1 ore (Fig. 2.5.), adică mai puțin de 12 ore preconizate. În așa mod condiția 2.34 este realizată.



**Fig. 2.5. Variația temperaturii de răcire a apei în acumulator cu frig natural în intervalele dintre mulsori  $F(t) = f(h)$**



**Fig. 2.6 Acumulatorul cu frig natural pentru răcirea laptelui la Complexul Didactico-Experimental al UASM**

Astfel, în liniile cu răcitor în flux, pentru două mulșori este necesară asigurarea raportului între suprafața orizontală – S a acumulatorului și volumul acestuia –V, egal sau mai mare de 0,17. (Fig. 2.6).

### **2.3. Determinarea duratei și eficienței de utilizare a instalațiilor cu frig natural cu acțiune sezonieră pe teritoriul Republicii Moldova.**

Distribuția temperaturii aerului atmosferic – t în funcție de timpul T nu este un proces continuu, ci unul aliat, de aceea, pentru descrierea acestuia, este necesar de a prezenta graficul distribuției factorului t în dependență de factorul T [106].

Vom examina funcționarea acumulatorului cu apă, având în vedere că instalația funcționează pe teritoriul Republicii Moldova în intervalul de temperaturi atmosferice de la  $-15^{\circ}\text{C}$  până la  $+5^{\circ}\text{C}$ .

La  $t \geq +5^{\circ}\text{C}$  instalația se deconectează, deoarece nu este posibilă răcirea laptelui până la nivelul necesar – mai jos de  $6^{\circ}\text{C}$ .

În acest caz, este suficient de a se examina distribuția temperaturilor externe în intervalul indicat.

În Figura 2.7., este prezentată distribuția pe luni a temperaturii aerului atmosferic t pentru centrul Republicii Moldova, obținute în baza analizei datelor meteorologice sistematice ale Centrului Meteorologic al Municipiului Chișinău pentru șapte luni (ianuarie, februarie, martie, aprilie, octombrie, noiembrie și decembrie) ale anului 2019. Analogic, au fost analizate datele meteorologice pentru anii 2015, 2016, 2017 și 2018. În rezultatul analizei distribuției temperaturii aerului atmosferic din aceste grafice (pe perioada 2015- 2019) s-a determinat numărul de zile:

- cu  $t \geq 5^{\circ}\text{C}$ , în timpul zilei;
- cu  $t < 5^{\circ}\text{C}$ , în timp de noapte;
- cu  $t < 5^{\circ}\text{C}$  pe durata de 24 h.

**Tabelul 2.4 Numărul de zile cu  $t \geq 5^{\circ}\text{C}$ , ziua, cu  $t < 5^{\circ}\text{C}$  noaptea și cu  $t < 5^{\circ}\text{C}$  pe durata de 24 h,**

| Luna      | <i>N. de zile<br/>cu <math>t \geq 5^{\circ}\text{C}</math>,<br/>ziua</i> | <i>N. de zile,<br/>cu <math>t &lt; 5^{\circ}\text{C}</math><br/>noaptea</i> | <i>N. de zile,<br/>cu <math>t &lt; 5^{\circ}\text{C}</math> pe<br/>durata de 24 h</i> |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 2015      |                                                                          |                                                                             |                                                                                       |
| Ianuarie  | 7                                                                        | 31                                                                          | 24                                                                                    |
| Februarie | 11                                                                       | 28                                                                          | 17                                                                                    |
| Martie    | 29                                                                       | 31                                                                          | 2                                                                                     |
| Aprilie   | 30                                                                       | 17                                                                          | 0                                                                                     |
| Octombrie | 31                                                                       | 17                                                                          | 0                                                                                     |
| Noiembrie | 24                                                                       | 20                                                                          | 0                                                                                     |
| Decembrie | 16                                                                       | 30                                                                          | 14                                                                                    |
| Total     | 148                                                                      | 174                                                                         | <b>57</b>                                                                             |
| 2016      |                                                                          |                                                                             |                                                                                       |
| Ianuarie  | 8                                                                        | 31                                                                          | 23                                                                                    |
| Februarie | 23                                                                       | 26                                                                          | 3                                                                                     |
| Martie    | 27                                                                       | 28                                                                          | 1                                                                                     |
| Aprilie   | 30                                                                       | 7                                                                           | 0                                                                                     |
| Octombrie | 31                                                                       | 23                                                                          | 0                                                                                     |
| Noiembrie | 7                                                                        | 28                                                                          | 21                                                                                    |
| Decembrie | 10                                                                       | 29                                                                          | 19                                                                                    |
| Total     | 136                                                                      | 172                                                                         | 67                                                                                    |
| 2017      |                                                                          |                                                                             |                                                                                       |
| Ianuarie  | 2                                                                        | 31                                                                          | 29                                                                                    |
| Februarie | 7                                                                        | 28                                                                          | 21                                                                                    |
| Martie    | 31                                                                       | 29                                                                          | 0                                                                                     |
| Aprilie   | 30                                                                       | 20                                                                          | 0                                                                                     |
| Octombrie | 31                                                                       | 23                                                                          | 0                                                                                     |
| Noiembrie | 4                                                                        | 28                                                                          | 24                                                                                    |
| Decembrie | 10                                                                       | 29                                                                          | 19                                                                                    |
| Total     | 125                                                                      | <b>188</b>                                                                  | 83                                                                                    |
| 2018      |                                                                          |                                                                             |                                                                                       |
| Ianuarie  | 11                                                                       | 31                                                                          | 20                                                                                    |
| Februarie | 5                                                                        | 28                                                                          | 23                                                                                    |
| Martie    | 17                                                                       | 24                                                                          | 7                                                                                     |
| Aprilie   | 30                                                                       | 3                                                                           | 0                                                                                     |
| Octombrie | 31                                                                       | 6                                                                           | 0                                                                                     |
| Noiembrie | 12                                                                       | 21                                                                          | 9                                                                                     |
| Decembrie | 4                                                                        | 31                                                                          | 27                                                                                    |
| Total     | 110                                                                      | 144                                                                         | <b>86</b>                                                                             |
| 2019      |                                                                          |                                                                             |                                                                                       |
| Ianuarie  | 3                                                                        | 31                                                                          | 27                                                                                    |
| Februarie | 11                                                                       | 28                                                                          | 17                                                                                    |
| Martie    | 3                                                                        | 24                                                                          | 21                                                                                    |
| Aprilie   | 30                                                                       | 10                                                                          | 0                                                                                     |
| Octombrie | 31                                                                       | 5                                                                           | 0                                                                                     |
| Noiembrie | 22                                                                       | 15                                                                          | 0                                                                                     |
| Decembrie | 23                                                                       | 29                                                                          | 6                                                                                     |
| Total     | 123                                                                      | <b>142</b>                                                                  | 71                                                                                    |

Distribuția ponderii pentru fiecare eșantion este indicată în Tabelul 2.4.

Din acest tabel, reiese că instalația cu frig natural cu acțiune sezonieră poate fi utilizată de la:

- 57 până 174 zile pentru 2015;
- 67 până 172 zile pentru 2016;
- 83 până 188 zile pentru 2017;
- 86 până 144 zile pentru 2018;
- 71 până 142 zile pentru 2019.

O contribuție substanțială (de la 142 zile până la 188 zile) reprezintă utilizarea instalației cu frig natural cu acțiune sezonieră pe timp de noapte. Pe timp de zi, acest potențial este mult mai redus (de la 57 zile până la 86 zile).

În (Tabelul 2.5.) este prezentat numărul de zile într-un an calendaristic, respectiv, cu  $t \leq -15^{\circ}C$ ,  $t \leq -10^{\circ}C$ ,  $t \leq -5^{\circ}C$ ,  $t \leq 0^{\circ}C$ ,  $t \leq 5^{\circ}C$ .

**Tabelul 2.5 Numărul de zile respectiv cu  $t \leq -15^{\circ}C$ ,  $t \leq -10^{\circ}C$ ,  $t \leq -5^{\circ}C$ ,  $t \leq 0^{\circ}C$ ,  $t \leq 5^{\circ}C$**

| Anul | Numărul de zile       |                                       |                                               |                                                  |                                                    |
|------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|      | $t \leq -15^{\circ}C$ | $t \leq -10^{\circ}C$                 | $t \leq -5^{\circ}C$                          | $t \leq 0^{\circ}C$                              | $t \leq 5^{\circ}C$                                |
| 2015 | 3I<br><b>3/0,008</b>  | 5I+1F+<br><b>6/0,016</b>              | 7I+10F+5D<br><b>22/0,060</b>                  | 29I+19F+10M+1A+<br>+1O+6N+22D<br><b>88/0,24</b>  | 31I+28F+31M+17<br>A+17O+20N+30D<br><b>174/0,48</b> |
| 2016 | 3I<br><b>3/0,008</b>  | 11I+2D<br><b>13/0,03</b>              | 18I+1F+2N+12D<br><b>33/0,093</b>              | 27I+12F+8M+17N<br>+28D<br><b>92/0,25</b>         | 31I+26F+28M+7A<br>+23O+28N+29D<br><b>172/0,47</b>  |
| 2017 | 4I<br><b>4/0,1</b>    | 13I+3F<br><b>16/0,043</b>             | 20I+12F+0M+0A+0O<br>+0N+1D<br><b>33/0,093</b> | 31I+22F+4M+1A+<br>0O+3N+17D<br><b>78/0,21</b>    | 31I+28F+29M+20<br>A+11O+24N+29D<br><b>172/0,47</b> |
| 2018 | 1<br><b>1/0,003</b>   | 6I+4F+4M<br>+1N+2D<br><b>17/0,046</b> | 14I+6F+13M+8N+8D<br><b>49/0,13</b>            | 24I+26F+20M+1A<br>+3O+19N+28D<br><b>121/0,33</b> | 31I+28F+24M+3A<br>+6O+21N+31D<br><b>144/0,0,39</b> |
| 2019 | 0<br><b>0/0</b>       | 2I<br><b>2/0,005</b>                  | 22I+4F+1M+2N+ 5D<br><b>34/0,09</b>            | 28I+16F+9M+10+<br>10N+18D<br><b>82/0,22</b>      | 31I+28F+24M+10<br>A+5O+15N+29D<br><b>142/0,39</b>  |

Notă: I-Ianuarie; F-Februarie; M-Martie; Aprilie; O-Octombrie;

N-Noiembrie; D-Decembrie, A/B unde A este numărul de zile corespunzătoare temperaturii aerului (-15; -10; -5; 0; 5), iar B - 365 zile în an.

În baza acestui set de date, a fost definită funcția distribuirii temperaturii aerului exterior  $F(t)$  și aproximația acesteia, prezentată în (Fig. 2.7.).

Teoretic, aceste grafice pot fi exprimate analitic prin patru funcții liniare pe următoarele intervale (A – B; B – C; C – D și D – E):

Pentru intervalul (A – B), avem:

$$\cdot A(-15;0,01)$$

$$\cdot B(-10; 0,04)$$

Funcția liniară are forma:

$$Y=a+b \cdot x$$



**Fig. 2.7. Legea distribuției temperaturii aerului exterior  $F(t)$  și aproximația acesteia.**

sau

$$F(t)=a+b \cdot t$$

$$\cdot A \quad 0,01=a-15 \cdot b$$

$$\cdot B \quad 0,04=a-10 \cdot b$$

sau:

$$-0,03=0-5 \cdot b; \quad 0,03=5 \cdot b; \quad b=0,006$$

$$0,01=a-15 \cdot 0,006; \quad 0,01+0,009=a; \quad a=0,1$$

Pentru  $-15 \leq t^{\circ} C \leq -10$

$$F(t)=0,1+0,006t$$

Pentru intervalul (B – C):

$$\cdot B(-10; 0,04)$$

$$\cdot C - (-5; 0,1)$$

$$F(t)=a+b \cdot t$$

$$\cdot B \quad 0,04=a-10 \cdot b;$$

$$\cdot C \quad 0,1=a-5 \cdot b;$$

$$-0,06=0-5 \cdot b; \quad 0,06=5 \cdot b; \quad b=0,012$$

$$0,04=a-10\cdot 0,012=a-0,12; \quad a=0,04+0,12-0,16 \quad a=0,16$$

$$\text{Pentru } -10 < t^0 C \leq -5$$

$$F(t)=0,16+0,012t$$

Pentru intervalul (C – D):

$$\cdot C (-5; 0,1)$$

$$\cdot D (0; 0,25)$$

$$F(t)=a+b\cdot t$$

$$\cdot C \quad 0,1=a-5\cdot b$$

$$\cdot D \quad 0,25=a+0\cdot b; \quad a=0,25$$

$$0,1=0,25-5; \quad -0,15= -5\cdot b \quad b=0,03$$

$$\text{Pentru } -5 < t^0 C \leq 0$$

$$F(t)=0,25+0,03t$$

Pentru intervalul (D – E):

$$\cdot D (0; 0,25)$$

$$\cdot E (5; 0,41)$$

$$F(t)=a+b\cdot t$$

$$\cdot D \quad 0,25=a+0\cdot b; \quad a=0,25$$

$$\cdot E \quad 0,41=a+5\cdot b=0,25+5\cdot b; \quad 0,16=5\cdot b; \quad b=0,032$$

$$\text{Pentru } 0 < t^0 C \leq 5$$

$$F(t)=0,25+0,032t$$

Așadar, fragmentul legii distribuirii temperaturilor aerului atmosferic de la  $-15^0 C$  până  $5^0 C$  este exprimat prin patru funcții liniare:

$$1.F(t)=0,1+0,006t; \text{ pentru } -15 \leq t^0 C \leq -10$$

$$2.F(t)=0,16+0,012t; \text{ pentru } -10 < t^0 C \leq -5$$

$$3.F(t)=0,25+0,03t; \text{ pentru } -5 < t^0 C \leq 0$$

$$4.F(t)=0,25+0,032t; \text{ pentru } 0 < t^0 C \leq 5$$

Deoarece pentru toată legea distribuției  $F(t)$  valoarea  $F(t) = 1,0$  corespunde duratei unui an (8760 h), atunci pentru fragmentul nostru, indicat în Fig. 2.7, la  $t_{max} = +4^0 C$ , (deoarece  $t < 5^0 C$ ), valoarea  $F(t_{max}) = 0,41$  corespunde intervalului de timp egal cu:

$$\tau = 8760h \cdot F(t_{max})$$

$$\tau = 8760h \cdot 0,41 = 3591h \text{ sau } 149 \text{ zile} \quad (2.35)$$

În continuare, determinăm economia de energie electrică  $\Delta W$ , când instalația frigorifică nu este nevoie să funcționeze la temperatura aerului atmosferic  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ , utilizându-se, astfel, doar instalația cu frig natural.

$$\Delta W = P_{inst.frig} \cdot \tau \cdot N \quad (2.36)$$

$$\Delta W = 2.5 \cdot 3 \cdot 149 = 1117,5 \text{ kWh},$$

$$C_{total} = \Delta W \cdot C \quad (2.37)$$

$$C_{total} = 1117,5 \cdot 1.89 = 2112 \text{ Lei} \quad (2.38)$$

unde:

$P_{inst.fr.}$  – puterea electrică a instalației frigorifice ( $P_{inst.fr.} = 2,5 \text{ kW}$ );

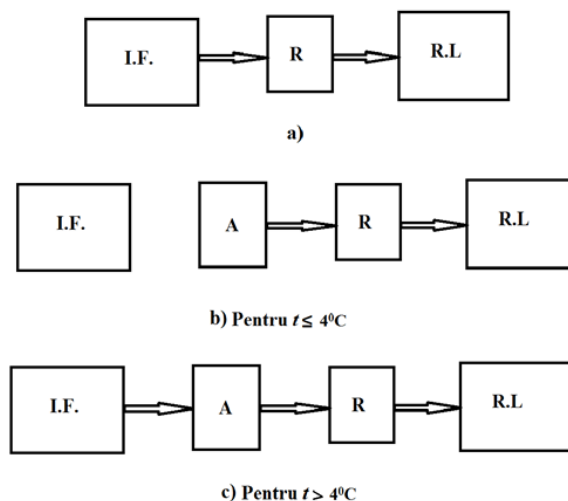
$T$  – durata de utilizare a instalației frigorifice în 24 h, ( $\tau = 3 \text{ h}$ );

$N$  – numărul de zile cu  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ , ( $N = 149$  zile);

$m_l$  – cantitatea de lapte răcit într-o zi, ( $m_l = 0,6 \text{ t}$ );

$C$  – costul unui kWh ( $1,89 \text{ lei}$ ).

Totodată, având în vedere că, în perioada caldă a anului pentru  $t > 4^{\circ}\text{C}$ , răcirea apei de la 22.00 până la 6.00 în acumulatorul cu frig natural de la instalația frigorifică, (Fig. 2.8), conform ANRE, are loc cu un coeficient de preț al energiei electrice reduse, egal cu 0,6, adică avem o economie de 40% :



**Fig. 2.8 Răcirea laptelui cu utilizarea frigului artificial (a), natural cu acumulator de apă(b), și artificial cu instalație frigorifică și acumulator cu frig (c)**

IF – instalație frigorifică;

A – acumulator cu frig;

R – răcitor pentru lapte în flux;

RL – rezervor pentru păstrarea laptelui;

$t$  – temperatura aerului atmosferic.

$$S = S \% \cdot (1 \text{ an} - N) \cdot C \cdot (P_{inst.frig} \cdot \tau \cdot m_m) \quad (2.39)$$

$$0.4 \cdot (365 - 149) \cdot 1.89 \cdot (2.5 \cdot 3) = MDL 1225$$

$$S_{total} = C_{total} + S \quad (2.40)$$

$$S_{total} = 2112 + 1225 = MDL 3337$$

Răcirea apei de la 22.00 până la 6.00 în acumulatorul cu frig natural de la instalația frigorifică permite de a micșora productivitatea instalației frigorifice de 2,7 ori (8 h / 3 h).

De aici deducem că avem posibilitatea de a micșora puterea electrică a instalației frigorifice  $\approx 2,7$  ori. În prezent, instalația frigorifică de la ferma UASM are puterea electrică de 2,5 kW, ce poate fi micșorată până la 0,92 kW sau aproximativ 1,0 kW.

Aceste cercetări reflectă în special diferența metodologică generală a abordării moderne a calculelor ingineresti, care este examinată în lucrările profesorului R.M. Slavin, în care, în locul parametrilor numerici clasici, determinați ai procesului (valoarea medie, minimală și maximală a parametrului), se utilizează caracteristicile numerice probabilistice, densitatea probabilităților și legea distribuției variabilei aleatorii.

#### **2.4. Modelul matematic al instalației modernizate cu frig natural pentru răcirea laptelui cu acțiune sezonieră**

În baza perfecționării regimului de funcționare a IFN cu acțiune sezonieră în liniile cu răcitori în flux și capacitive, studierii regimului de răcire a apei în intervalele dintre mulșori, fundamentării parametrilor constructivi ai utilajului, identificării căilor de majorare a duratei de utilizare a instalațiilor, determinării duratei de utilizare a lor pe teritoriul Republicii Moldova a fost elaborat modelul matematic de evaluare a performanței instalației modernizate cu frig natural pentru răcirea laptelui cu acțiune sezonieră.

Modelul matematic al instalației cu frig natural include următoarele relații funcționale:

- în regimurile de răcire a laptelui:

$$V_a = f(V_l) - \text{pentru septuri verticale și orizontale}$$

unde:

$$V_a - \text{volumul apei în instalația cu frig natural (acumulator), m}^3;$$

$$V_l - \text{volumul laptelui, m}^3;$$

- în regimurile de răcire a apei:

$$S_{ev} = f(V_a) - \text{pentru regimul de răcire a apei în intervalul dintre mulșori}$$

$$\text{unde: } S_{ev} - \text{suprafața de evaporare a apei în acumulator, m}^2;$$



- durata de utilizare a instalației cu frig natural IFN în perioada rece a anului pentru centrul al Republicii Moldova:  $\tau = f(t)$

unde:  $\tau$  – durata de utilizare a instalației cu frig natural, zile;

$t$  – temperatura aerului atmosferic,  $t^{\circ}C$ .

În liniile de răcire a laptelui cu răcitor în flux.

a) pentru septuri verticale:

Luând în considerare faptul că raportul volumului de apă  $V_a$  și a volumului de lapte  $V_l$ , în regim de neamestec, trebuie să fie egal cu 3, avem:

$$(0,83 \cdot V_a) / V_l = 3 \quad (2.41)$$

sau

$$V_a / V_l = 3,6 \quad (2.42)$$

$K_{util} = 0,83$  - coeficientului de utilizare

$n = 5$  - numărul de septuri

$$(0,9 \cdot V_a) / V_l = 3 \quad (2.43)$$

sau

$$V_a / V_l = 3,33 \quad (2.44)$$

unde:  $K_{util} = 0,9$  și  $n = 9$

b) pentru septuri orizontale:

$$K_{util} = 0,9 \dots 0,97 \text{ pentru } n = 1 \quad (2.45)$$

$$V_a / V_l = 3,1 \dots 3,3 \quad (2.46)$$

Regimul de răcire a apei în intervalul dintre mulsori:

$$S_{ev} / V \geq 0,34 \text{ pentru trei mulsori} \quad (2.47)$$

$$S_{ev} / V \geq 0,17 \text{ pentru două mulsori} \quad (2.48)$$

unde:

$S_{ev}$  – suprafața de evaporare a apei în acumulator,  $m^2$

$$V - \text{volumul de apă al acumulatorului, } m^3 \quad (2.49)$$

Regimul de răcire a apei în intervalul dintre mulsori:

$$S_{ev} / V \geq 0,68 \text{ pentru trei mulsori} \quad (2.50)$$

$$S_{ev} / V \geq 0,34 \text{ pentru două mulsori} \quad (2.51)$$

Durata de utilizare a instalației cu frig natural IFN în centrul Republicii Moldova:

$$F(t) = 0,1 + 0,006t; \text{ pentru } -15 \leq t^{\circ}C \leq -10$$

$$F(t) = 0,16 + 0,012t; \text{ pentru } -10 < t^{\circ}C \leq -5$$

$$F(t) = 0,25 + 0,03t; \text{ pentru } -5 < t^{\circ}C \leq 0$$

$$F(t)=0,25+0,032t; \text{ pentru } 0 < t^{\circ} C \leq 5 \quad (2.52)$$

unde:

$F(t)$ -funcția (legea) distribuirii temperaturii aerului atmosferic

$t^{\circ} C$  – temperatura aerului atmosferic

$\tau = 149$  zile pentru  $t \leq 4^{\circ} C$ . Parametrii constructivi optimali după consumul minim de materiale sunt:

I. pentru acumulatorul-răcitor de forma unui paralelipiped:

a) pentru realizarea integrală a regimului de neamestec al apei în acumulatorul lateral,

$$K_{util}=1$$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{V}{4}} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.53)$$

b) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec al apei în acumulatorul cu septuri verticale, când  $K_{util}=0,83$  și  $n = 5$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{0,83} \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{0,3 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4 \cdot \left(\frac{1}{0,83} \cdot V\right)^2} = \sqrt[3]{4 \cdot 1,45 \cdot V^2} = \sqrt[3]{5,81 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.54)$$

c) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec al apei în acumulatorul cu septuri verticale,  $K_{util}=0,9$  și  $n=9$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{0,9} \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,11 \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{0,28 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4 \cdot \left(\frac{1}{0,9} \cdot V\right)^2} = \sqrt[3]{4 \cdot 1,23 \cdot V^2} = \sqrt[3]{4,94 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.55)$$

d) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulatorul cu septul orizontal,  $K_{util}= 0,97$  și  $n=1$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{0,97} \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,03 \cdot V}{4}} = \sqrt[3]{0,258 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{4 \cdot \left(\frac{1}{0,97} \cdot V\right)^2} = \sqrt[3]{41,06 \cdot V^2} = \sqrt[3]{4,25 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.56)$$

II. pentru acumulatorul-răcitor de forma unui cilindru:

a) pentru realizarea integrală în regim de neamestec a apei în acumulator,  $K_{util}=1$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{\pi \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.57)$$

b) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator pentru septuri verticale, când  $K_{util}=0,83$  și  $n = 5$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[2]{\frac{\frac{1}{0,83} \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{0,38 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{\pi \cdot \left(\frac{1}{0,38} V\right)^2} = \sqrt[3]{\pi \cdot 1,45 \cdot V^2} = \sqrt[3]{7,37 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.58)$$

c) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator pentru septuri verticale,  $K_{util}=0,9$  și  $n=9$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{0,9} \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{1,11 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{0,35 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{\pi \cdot \left(\frac{1}{0,9} \cdot V\right)^2} = \sqrt[3]{\pi \cdot 1,23 \cdot V^2} = \sqrt[3]{6,27 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.59)$$

d) pentru realizarea parțială a regimului de neamestec a apei în acumulator cu șeptel orizontal,  $K_{util}= 0,97$  și  $n=1$

$$\begin{cases} h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{0,97} \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{1,03 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{0,32 \cdot V} \\ S_{opt} = \sqrt[3]{\pi \cdot \left(\frac{1}{0,97} \cdot V\right)^2} = \sqrt[3]{\pi \cdot 1,06 \cdot V^2} = \sqrt[3]{5,39 \cdot V^2} \end{cases} \quad (2.60)$$

- majorarea duratei utilizării instalației cu frig natural IFN cu pulverizarea apei:

$$t_a \approx t \quad (2.61)$$

$$T=16....59 \text{ zile, (Tabelul A5.1.)} \quad (2.62)$$

unde:  $t_a$  - temperatura apei în acumulator,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t$  - temperaturile aerului atmosferic  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T$  - majorarea duratei utilizării IFN cu pulverizarea apei.

Pentru  $t \leq 2^{\circ}\text{C}$  nu este necesară utilizarea pulverizatorului, care se folosește doar între temperaturile aerului atmosferic  $2^{\circ}\text{C} \leq t \leq 4^{\circ}\text{C}$ .

Dependența consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an  $n$  cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig respectiv de 6 și 8 ore:

a) pentru 6h respectiv -

$$W_{sp} = \frac{0,14}{n} \quad \text{pentru 100 t de lapte} \quad (2.63)$$

$$W_{sp} = \frac{0,07}{n} \quad \text{pentru 200 t de lapte} \quad (2.64)$$

$$W_{sp} = \frac{0,06}{n} \quad \text{pentru 300 t de lapte} \quad (2.65)$$

$$W_{sp} = \frac{0,05}{n} \quad \text{pentru 400 t de lapte} \quad (2.66)$$

$$W_{sp} = \frac{0,04}{n} \quad \text{pentru 500 t de lapte} \quad (2.67)$$

b) pentru 8h respectiv -

$$W_{sp} = \frac{0,18}{n} \quad \text{pentru 100 t de lapte} \quad (2.68)$$

$$W_{sp} = \frac{0,09}{n} \quad \text{pentru 200 t de lapte} \quad (2.69)$$

$$W_{sp} = \frac{0,08}{n} \quad \text{pentru 300 t de lapte} \quad (2.70)$$

$$W_{sp} = \frac{0,05}{n} \quad \text{pentru 400 t de lapte} \quad (2.71)$$

$$W_{sp} = \frac{0,05}{n} \quad \text{pentru 500 t de lapte.} \quad (2.72)$$

Consumul specific de energie electrică variază în limite:

- de la 78,1 kW h/t (fără aplicarea frigului natural la o productivitate anuală de lapte de 100 t) până la 14,0 kW h/t (cu aplicarea frigului natural la o productivitate anuală de lapte de 500 t) cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore;
- de la 104,1 kW h/t până la 17,0 kW h/t cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 8 ore.

## **2.5. Identificarea resurselor tehnologice de reducere a energiei electrice prin utilizarea frigului natural și a celui artificial pentru răcirea laptelui**

Răcirea laptelui, din punct de vedere energetic reprezintă costul major în cadrul activității fermelor de lapte și optimizarea acestui proces necesită resurse tehnologice realizabile în cadrul întreprinderilor din Republica Moldova. Consumul de energie electrică constituie 15 - 25 kW h la 1 tonă de lapte. Instalațiile frigorifice funcționează pe timp de iarnă, când în mediul ambiant gradientul termic permite utilizarea frigului natural în procesul tehnologic. Utilizarea aerului rece poate reduce considerabil consumul de energie electrică, însă contactul termic direct este inacceptabil deoarece congelarea laptelui la etapa primară după mulsoare fiziologic nu este recomandat. Progresul tehnico-științific impune elaborarea tehnologiilor avansate de utilizare a frigului natural și obținerea agentului frigorific (apă rece) pentru realizarea obiectivului de eficientizare energetică a procesului de răcire a laptelui.

Vom examina instalațiile frigorifice cu destinație agricolă din seria MO-CX în comun cu acumulatorul cu frig natural. În acest caz, în perioada rece a anului, pentru răcirea laptelui se

utilizează frigul natural, iar, în perioada caldă, se utilizează instalația frigorifică cu posibilitatea de a conserva frigul produs în acumulator.

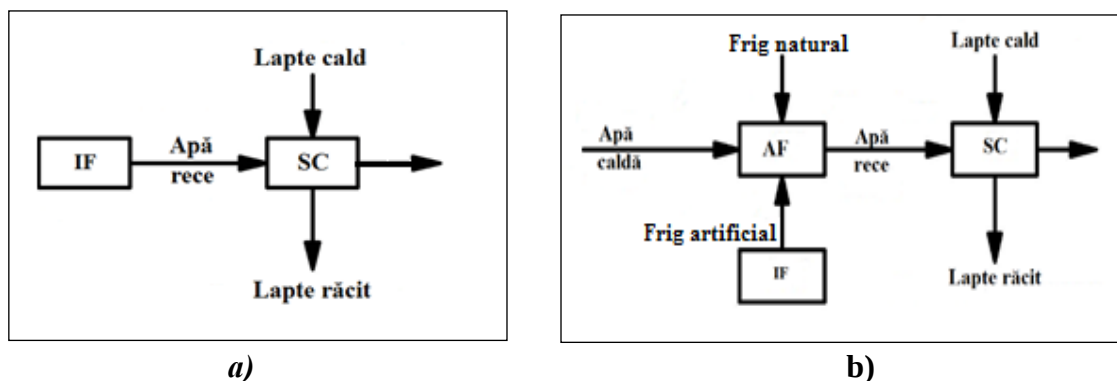
Scopul cercetării constă în evaluarea rezervelor de reducere a energiei electrice la utilizarea instalației sus-menționate la fermele de lapte cu diferite capacități, inclusiv la ferma didactică UASM.

Schema tehnologică a instalației respective este prezentată în (Fig. 2.9[4]); unde:

- a) este schema de răcire a laptelui de la instalația frigorifică;
- b) este schema de răcire a laptelui de la instalația frigorifică și acumulatorul cu frig.

Laptele muls este direcționat în schimbătorul de căldură (SC) și se răcește până la temperatura de 6°C, sursa de frig fiind apa rece din acumulatorul cu frig (AF). În perioada rece a anului, frigul din atmosferă se transmite în AF, unde este conservat în formă de apă rece și gheață. În perioada caldă a anului, frigul este direcționat din instalația frigorifică (IF). AF servește ca un amortizor între SC și IF, permițând din contul majorării duratei de încărcare a AF de a reduce puterea stabilită a IF, comparativ cu schema, în care IF funcționează nemijlocit pentru SC.

Astfel, AF exercită simultan două funcții: acumulează frig și reduce puterea stabilită.



**Fig. 2.9 Schema tehnologică de răcire a laptelui**  
**a) de la instalația frigorifică,**  
**b) de la instalația frigorifică și acumulatorul cu frig.**

AF – acumulator cu frig; SC – schimbător de căldură; IF – instalație frigorifică.

În perioada rece a anului, funcționează doar pompa de apă, care direcționează apa din AF în SC. În perioada caldă, funcționează compresorul instalației frigorifice, pompa de apă și ventilatorul. Din acest motiv, puterea electrică stabilită a motoarelor electrice conectate în zilele cu temperaturi a aerului atmosferic  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ , este de 1,5 kW, iar în zilele cu temperaturi a aerului atmosferic  $t \geq 4^{\circ}\text{C}$ , este egală cu suma puterilor electrice de energie a compresorului pompei de apă și a ventilatorului.

La calculul costului specific al energiei electrice este necesar de a se ține cont de regimurile de funcționare ale instalației și condițiile de producere, în care acestea se exploatează.

Au fost utilizate datele primare care caracterizează procesul tehnologic și determină indicii energetici, în baza experiențelor realizate în cadrul Complexului Didactico-Experimental al UASM (Datele inițiale Tabelul A5.1)

Factorii principali ce influențează indicii respectivi sunt productivitatea anuală de lapte a fermei și numărul de zile cu temperaturi joase ( $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ ) din an. Productivitatea anuală de lapte caracterizează capacitatea fermei (șeptelul de vaci mulgătoare și productivitatea vacilor).

Se consideră reci acele zile pe parcursul cărora este posibilă răcirea laptelui utilizând frigul natural, fără conectarea instalației frigorifice. Pentru acești factori sunt prezentate serii numerice. Acestea permit luarea în considerare a productivității anuale de lapte, care este proporțională cu puterea fermei. Productivitatea anuală a fermei de bovine a UASM este de la 100 t până la 200 t de lapte pe an. Ceilalți factori, prezentați în tabel, caracterizează regimurile de funcționare a instalațiilor pentru răcirea laptelui.

Calcululele ulterioare sunt efectuate pentru situațiile în care avem două mulsori și, respectiv, în care cantitatea necesară de frig, utilizată la răcirea laptelui, este mai mare.

Sunt prezentate variantele posibile de dotare a fermelor de lapte cu instalații pentru răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural (Tabelul A5.2). Valorile calculate ale cantității de frig necesare sunt evaluate în dependență de gradientul termic. Conform acestor valori, sunt identificate tipurile de instalații frigorifice utilizate la răcirea laptelui. Răcirea laptelui se efectuează utilizând rezerva de frig stocată în acumulator. În perioada caldă a anului, instalația frigorifică funcționează pentru răcirea apei în acumulator. Durata de răcire a apei poate fi una mai mare decât durata mulsorii. Aceasta duce la diminuarea capacității (productivității de frig) instalației frigorifice. Conform calcululelor efectuate, dacă durata de răcire a apei este egală cu 6 ore pe zi (variantă I), atunci productivitatea de frig necesară se reduce brusc. Astfel, apare necesitatea utilizării instalațiilor frigorifice de capacitate mai mică. Dacă durata de răcire a apei în acumulator este de 8 ore puterea necesară a instalației frigorifice se reduce esențial.

În variantele I și a II-a, productivitatea de frig a instalației MO-2 este mult mai mare decât cea necesară. Din cauza lipsei unor instalații de tipul MO de capacitate mică se utilizează instalații, a căror capacitate o depășește considerabil pe cea necesară. După cum putem observa din calcululele ulterioare, acest fapt va duce la o majorare esențială a consumului specific de energie electrică.

Consumul specific anual de energie electrică ( $W_a$ ), în funcție de numărul de zile reci ale anului în care se utilizează frigul natural, este calculat conform formulei:

$$W_a = (P_{pa} \cdot n \cdot T_0 + \sum (P_{stb} \cdot T_{inc}) \cdot (365 - n)) / M_a, (kW h)$$

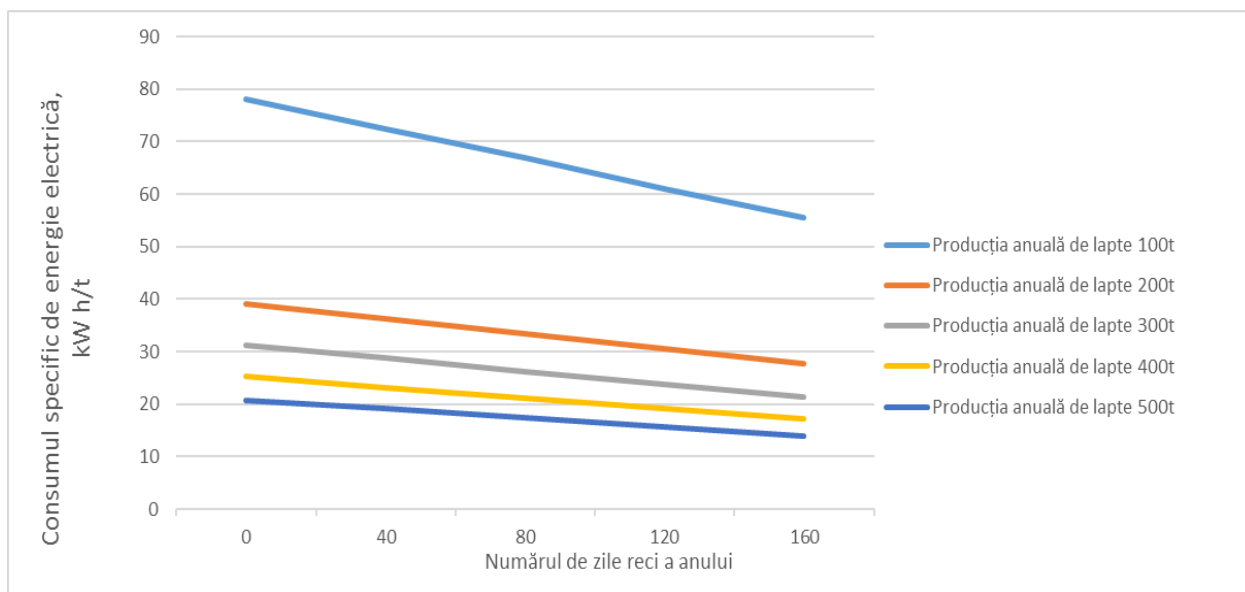
unde:  $W_a$  – consumul anual de energie electrică  $kW h$ ;  $P_{pa}$  – puterea stabilită a pompei de apă, care direcționează apa din acumulator în schimbătorul de căldură,  $kW$ ;  $n$  – numărul de zile reci;  $T_0$  – durata de funcționare a pompei de apă,  $h$ ;  $P_{stb}$  – puterea totală stabilită a mașinilor din cadrul instalației frigorifice,  $kW$ ;  $T_{inc}$  – durata de încărcare a acumulatorului,  $h$ ;  $M_a$  – productivitatea anuală de lapte,  $t$ .

Acumulatorul cu frig oferă posibilitatea de a utiliza, în perioada caldă a anului, instalațiile frigorifice cu o capacitate mai mică. În funcție de durata de încărcare, productivitatea de frig necesară poate fi redusă de până la 2 ori. Deci, la acumuloarele cu o durată de încărcare egală cu 8 ore pe zi, la fermele cu o productivitate anuală de lapte de 400 t, se utilizează instalația MO-2-cx, care are o productivitate de frig de 7,5 kW, iar la acumuloarele cu o durată de încărcare de 6 ore pe zi, se utilizează instalația MO-3-cx, care are o productivitate de frig de 15 kW.

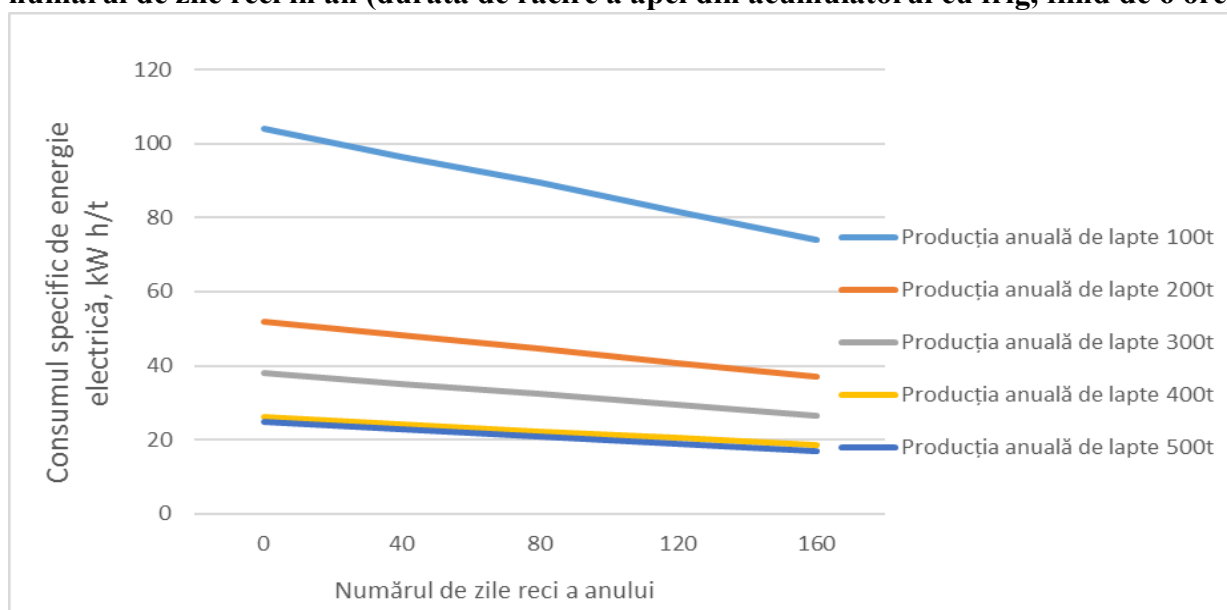
În Tabelul 2.6 sunt prezentate rezultatele calculului consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui.

**Tabelul 2.6 Consumul specific de energie electrică pentru răcirea 1 t de lapte.**

| I-a variantă (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig 6 ore)  |                                                  |         |         |         |         |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Producția anuală de lapte (t)                                          | 100                                              | 200     | 300     | 400     | 500     |
| Instalația frigorifică                                                 | MO-2-cx                                          | MO-2-cx | MO-2-cx | MO-3-cx | MO-3-cx |
| Numărul de zile reci, $t \leq 4^{\circ}C$                              | Consumul specific de energie electrică, $kW h/t$ |         |         |         |         |
| 0                                                                      | 78,10                                            | 39,00   | 31,10   | 25,30   | 20,80   |
| 40                                                                     | 72,40                                            | 36,20   | 28,70   | 23,20   | 19,10   |
| 80                                                                     | 66,80                                            | 33,40   | 26,10   | 21,20   | 17,40   |
| 120                                                                    | 61,10                                            | 30,60   | 23,80   | 19,20   | 15,70   |
| 160                                                                    | 55,50                                            | 27,80   | 21,30   | 17,10   | 14,00   |
| II-a variantă (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig 8 ore) |                                                  |         |         |         |         |
| Instalația frigorifică                                                 | MO-2-cx                                          | MO-2-cx | MO-2-cx | MO-2-cx | MO-3-cx |
| Producția anuală de lapte (t)                                          | 100                                              | 200     | 300     | 400     | 500     |
| Numărul de zile reci, $t \leq 4^{\circ}C$                              | Consumul specific de energie electrică, $kW h/t$ |         |         |         |         |
| 0                                                                      | 104,10                                           | 52,00   | 38,00   | 26,00   | 24,70   |
| 40                                                                     | 96,60                                            | 48,30   | 35,20   | 24,10   | 22,80   |
| 80                                                                     | 89,60                                            | 44,50   | 32,40   | 22,30   | 20,90   |
| 120                                                                    | 81,50                                            | 40,80   | 29,40   | 20,40   | 18,90   |
| 160                                                                    | 74,00                                            | 37,00   | 26,60   | 18,50   | 17,00   |



**Fig. 2.10. Dependenta consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig, fiind de 6 ore)**



**Fig. 2.11 Dependenta consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci în an (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig fiind de 8 ore)**

Dependenta consumurilor specifice de energie electrică pentru răcirea laptelui de numărul de zile reci din an cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig respectiv de 6 și 8 ore, prezintă o ecuație liniară de forma:

$$y = \frac{k}{x} = \frac{\text{tg } \varphi}{x}, \quad (2.73)$$

unde  $k = \text{tg } \varphi$ .

**Pentru 6h:**

pentru 100 t de lapte:



$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{78,1-55,5}{160} = 0,14 \quad (2.74)$$

pentru 200 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{39-27,8}{160} = 0,07 \quad (2.75)$$

pentru 300 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{31,1-21,3}{160} = 0,06 \quad (2.76)$$

pentru 400 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{25,3-17,1}{160} = 0,05 \quad (2.77)$$

pentru 500 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{20,8-14}{160} = 0,04 \quad (2.78)$$

Atunci:

pentru 100 t de lapte:

$$y = \frac{0,14}{x} \quad (2.79)$$

pentru 200 t de lapte:

$$y = \frac{0,07}{x} \quad (2.80)$$

pentru 300 t de lapte:

$$y = \frac{0,06}{x} \quad (2.81)$$

pentru 400 t de lapte:

$$y = \frac{0,05}{x} \quad (2.82)$$

pentru 500 t de lapte:

$$y = \frac{0,04}{x} \quad (2.82)$$

**Pentru 8h:**

$$y = \frac{k}{x} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{x} \quad (2.83)$$

pentru 100 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{104-74}{160} = 0,18 \quad (2.84)$$

pentru 200 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{52-37}{160} = 0,09 \quad (2.85)$$

pentru 300 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{38-26}{160} = 0,08 \quad (2.86)$$

pentru 400 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{26-18,5}{160} = 0,05 \quad (2.87)$$

pentru 500 t de lapte:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{24,7-17}{160} = 0,05 \quad (2.88)$$

sau:

pentru 100 t de lapte:

$$y = \frac{0,18}{x} \quad (2.89)$$

pentru 200 t de lapte:

$$y = \frac{0,09}{x} \quad (2.90)$$

pentru 300 t de lapte:

$$y = \frac{0,08}{x} \quad (2.91)$$

pentru 400 t de lapte:

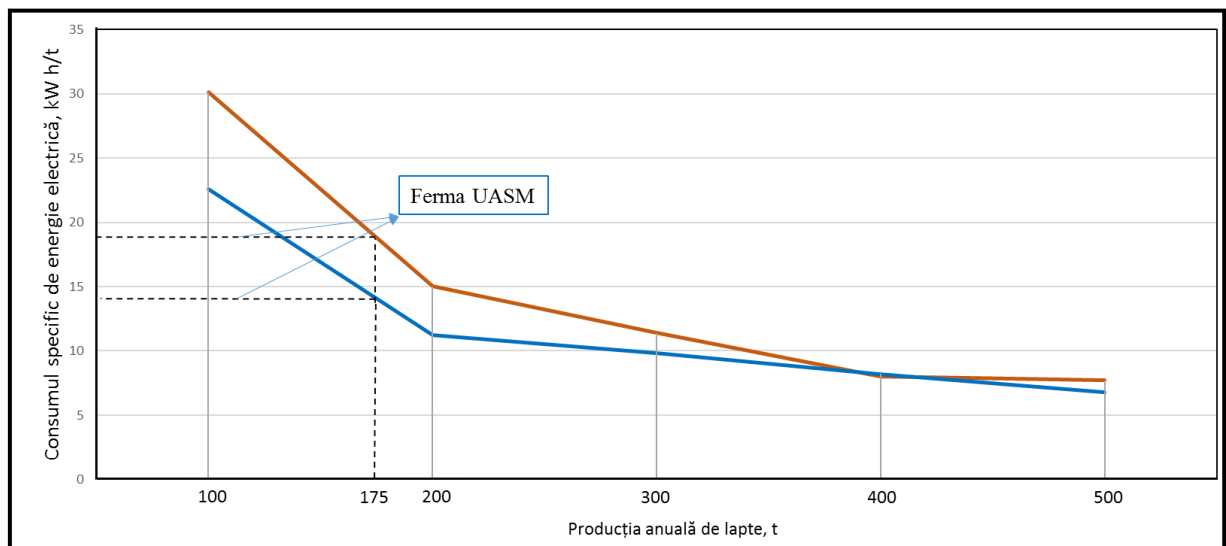
$$y = \frac{0,05}{x} \quad (2.92)$$

pentru 500 t de lapte:

$$y = \frac{0,05}{x} \quad (2.93)$$

Consumul specific de energie electrică variază în limitele:

- de la 78,1 kW h/t (fără aplicarea frigului natural la o productivitate anuală de lapte de 100 t) până la 14,0 kW h/t (cu aplicarea frigului natural la o productivitate anuală de lapte de 500 t) cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore (1- variantă), Fig. 2.11;
- de la 104,1 kW h/t până la 17,0 kW h/t cu durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 8 ore (varianta a 2-a),



— I — a variantă (durată de răcire a apei din acumulator 6 ore);

— II — a variantă (durată de răcire a apei din acumulator 8 ore);

**Fig. 2.12** Dependența diferenței consumurilor specifice de energie pentru răcirea laptelui (cu și fără aplicarea frigului natural) de productivitatea anuală de lapte.

În rezultatul calcului de optimizare a parametrilor procesului tehnologic de răcire a laptelui rezultă că cea mai mare reducere de energie electrică se obține de pe urma aplicării frigului natural la o productivitate anuală de lapte mai mică de 300 t (Fig. 2.12).

De exemplu, la o productivitate anuală de lapte de 100 t, economia de energie electrică va constitui 22,6 kW h/t, durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig fiind de 6 ore, și 30,1 kW h/t, durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig fiind de 8 ore. La o productivitate anuală de

lapte de 400-500 t. durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig, practic, nu influențează reducerea consumului de energie pentru răcirea laptelui, acesta fiind de 0,7-0,9 kW h/t.

Pentru ferma de bovine a UASM, cu o productivitate anuală de lapte de 175 t. economia de energie electrică va constitui .14 kW h/t, la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore, și 18,5 kW h/t la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 8 ore.

Consumul sporit de energie electrică la fermele mici se explică prin rezerva mare de capacitate a instalației frigorifice. După cum urmează din tab. 2.6 (a II-a variantă), la necesarul de productivitate de frig de 1,9 kW la ferma cu o productivitate anuală de lapte de 100 t, din lipsa unor instalații de capacitate mică seria MO, este utilizată instalația cu o productivitate mai joasă de 7,5 kW. Reducerea consumului de energie electrică în funcție de reducerea duratei de răcire a apei din acumulatorul cu frig poate avea loc doar în limite mici. În cazul unei capacități mari de acumulare a căldurii, este necesară o durată de timp mare pentru a obține la ieșire apă cu temperatura necesară.

La răcirea 1t de lapte de la temperatura de 32°C până la 4°C este necesară reducerea cantității de căldură a acestuia, fără a ține cont de pierderile la 31 kW h. Dacă luăm în considerare faptul că, pentru a obține 1 kW h de frig, sunt necesari 0,5 kW h de energie electrică, atunci putem considera că pentru răcirea a 1 t de lapte este nevoie de nu mai puțin de 10 kW h de energie electrică. Reducerea acestui nivel este posibilă utilizând frigul natural. După cum observăm în tab. 2.6, consumul specific de energie electrică poate fi diminuat de .4 – 1,48 ori, comparativ cu schema tehnologică fără aplicarea frigului natural.

Pentru fermele mici, cu o productivitate anuală de 100 și 200 t de lapte, consumul specific de energie electrică este de câteva ori mai mare decât limita inferioară de 10 kW h. Cauza este majorarea exagerată a capacității instalației frigorifice și sporirea imprevizibilă a duratei de răcire a apei din acumulatorul cu frig.

Excesul de frig în acumulator duce la un consum exagerat de energie electrică. Acest lucru poate fi evitat dacă parametrii instalației frigorifice vor fi ajustați la cantitatea de lapte supusă răcirii. Evident că parametrii instalațiilor frigorifice nu corespund condițiilor de lucru la fermele mici. Pentru astfel de ferme, sunt necesare instalații cu o productivitate de frig mai mică și cu o capacitate de stocare a căldurii mai joasă. Utilajul existent este potrivit pentru lucrul la fermele medii și mari.

Calcululele au fost efectuate pentru situațiile în care producția zilnică maximă de lapte ( $\kappa_n=1,5$ ) când durata de încărcare a AF nu este reglementată. Dacă schimbăm durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig în funcție de producția zilnică de lapte a fermei, consumul specific de energie poate fi redus esențial, comparativ cu valorile prezentate în tabelul. 2.6.

În urma cercetărilor efectuate, s-au constatat următoarele:

- tehnologia de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural dispune de rezerve mari privind reducerea consumului specific de energie electrică. După cum au demonstrat calculele, dacă parametrii instalației sunt ajustați la volumul de lapte supus răcirii, atunci poate fi obținută o reducere a consumului specific de energie electrică de 1,4 – 1,48 ori, comparativ cu utilizarea tehnologiilor tradiționale;
- pentru reducerea consumului specific de energie electrică este necesară ajustarea instalațiilor de tip MO - CX prin conectarea unor instalații cu o capacitate mai mică;
- utilizarea în instalațiile de tipul MO - CX a acumulatorilor cu frig cu capacitate ridicată de acumulare a frigului duce un efect invers, ducând la depășirea consumului de energie electrică. Se impune, astfel, corectarea parametrilor acumulatorului cu frig;
- pentru reducerea consumului de energie electrică (cu cca 7,5 kW h/t) este necesară reglementarea duratei de răcire a apei din acumulatorul cu frig în funcție de producția zilnică de lapte, în special pentru fermele mici, pentru gospodăriile țărănești și punctele de colectare a laptelui, cu o productivitate anuală de lapte de până la 300 t;
- pentru ferma de bovine a UASM, reducerea consumului de energie electrică constituie cca 4,5 kW h/t și prin urmare, este eficient ca apa din acumulatorul de la instalația frigorifică să fie răcită timp de 8 ore;
- s-a constatat că pentru o productivitate anuală de lapte de 400-500 t, durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig nu influențează, practic, reducerea consumului specific de energie electrică pentru răcirea laptelui, care constituie cca 0,6-0,8 kW h/t.

## **2.6. Evaluarea performanței instalațiilor cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în funcție de defecțiunile echipamentelor**

Metoda privind evaluarea tehnico-economică a proceselor tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică [90] include:

- modelarea imitațională (matematică) [3];
- metoda comparativă de evaluare a eficacității sistemului biotehnic;
- identificarea schemei generale de selectare a variantei adecvate de creare a procesului tehnologic automatizat conform criteriului economic;
- crearea variantelor alternative;
- selectarea bazei pentru compararea eficacității variantelor;
- identificarea funcției de valoare a eficacității în formă generală;
- determinarea factorilor de acțiune principali;

- identificarea situațiilor de risc economic;
- calculul eficacității și selectarea variantei optime.

Pentru evaluarea pierderilor economice ca urmare a defectării utilajului la liniile de prelucrare primară a laptelui la ferme a fost elaborat modelul imitativ, care permite evaluarea eficacității diferitelor variante de formare a liniei tehnologice de răcire și păstrare a laptelui. Obiectivul acestui calcul este determinarea unei eventuale reduceri a profitului, ținând cont de posibilele schimbări ale prețului de realizare a laptelui și de indicii de fiabilitate a funcționării echipamentului.

În modelul matematic respectiv sunt examinate două scheme tehnologice – cu rezervoare-termos și rezervoare cu răcire. În tabelul 2.7 sunt prezentate variantele de formare a liniei tehnologice cu instalațiile de bază și a parametrilor tehnici ai acestora. În varianta întâi, pentru răcirea laptelui sunt utilizate instalațiile de termorefrigerare TXY-16, care funcționează cu acumulator cu frig. Două, din trei rezervoare-termos sunt utilizate în procesul mulsului, iar în al treilea rezervor se folosește pentru păstrarea laptelui răcit. Spălarea rezervoarelor se efectuează cu ajutorul utilajului dirijat manual.

**Tabelul 2.7 Variantele de formare a liniei tehnologice**

| №<br>vari<br>antei | Echipamentul                                | Număr<br>(buc.) | Preț<br>(lei/<br>buc.) | Capacit.<br>(kWt) | Prod.<br>mun.<br>(ore/zi) | Supra<br>f. (m <sup>2</sup> ) | Volum<br>(kg) |
|--------------------|---------------------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|
| 1                  | Rezervor-termos ПИМ- 2,2                    | 3               | 24750                  | 2,1               | 2,5                       | 3,5                           | 2 200         |
|                    | Instalație de termorefrigerare TXY-16       | 2               |                        |                   |                           |                               |               |
|                    | Instalația sezonieră (acumulator cu frig)   | 1               | 64267,5                | 9,6               | 6                         | 3,3                           |               |
| 2                  | Rezervor răcitor ППО- 2- 01 "ПАО"           | 2               | 44673,75               | 8,9               | 11                        | 13,7                          | 2000          |
|                    | Rezervor răcitor ППО-2,5                    | 1               | 35190,38               | 8,9               | 2                         | 13,9                          | 3850          |
|                    | Instalație de termorefrigerare TXY- 14      | 1               |                        |                   |                           |                               |               |
| 3                  | Instalația sezonieră (acumulator cu frig)   | 1               | 54862,5                | 7,6               | 7                         | 3,3                           |               |
|                    | Rezervor răcitor ППО-2-01                   | 2               | 44673,75               | 8,9               | 11                        | 13,7                          | 2 000         |
|                    | Rezervor-termos Б1-ОМБ-2Б                   | 1               | 16500                  | 4,65              | 2                         | 3,5                           | 3 100         |
| 4                  | Instalație de termorefrigerare TXY-14       | 1               |                        |                   |                           |                               |               |
|                    | Instalația sezonieră (acumulator cu frig)   | 1               | 54862,5                | 7,6               | 7                         | 3,3                           |               |
|                    | Rezervor răcitor МКА-2000Л -2Б              | 2               | 74456,25               | 4,65              | 11                        | 14,6                          | 2 000         |
| 5                  | Rezervor răcitor ППО 2,5                    | 1               | 35190,38               | 8,9               | 2                         | 13,9                          | 3 850         |
|                    | Instalație de termorefrigerare TXY-14       | 1               |                        |                   |                           |                               |               |
|                    | Instalația sezonieră (acumulator cu frig)   | 1               | 54862,5                | 7,6               | 1                         | 3,3                           |               |
| 6                  | Rezervor răcitor МКА-2000-2Б                | 2               | 74456,25               | 4,65              | 11                        | 14,6                          | 2 000         |
|                    | Rezervor-termos Б1-ОМБ-2Б                   | 1               | 16500                  | 4,65              | 2                         | 3,5                           | 3 100         |
|                    | Instalație de termorefrigerare TXY-14       | 1               |                        |                   |                           |                               |               |
| 7                  | Instalația sezonieră (acumulator cu frig)   | 1               | 54862,5                | 7,6               | 1                         | 3,3                           |               |
|                    | Rezervor răcitor NEREHTA – 1000 l           | 1               | 51376,0                |                   |                           |                               |               |
|                    | Instalația sezonieră (acumulator cu frig)   | 1               | 108126,1               |                   |                           |                               |               |
| 8                  | la complexul didactico-experimental al UASM | 1               | 7                      |                   |                           |                               |               |
|                    |                                             |                 | 94113.15               | 2,5               | 3                         | 3,2                           | 1000          |
|                    |                                             |                 |                        |                   |                           |                               |               |

În variantele 2, 3 și 4, pentru a răci apa care circulă în răcitori, au fost utilizate instalațiile de termorefrigerare TXY-14, care, de asemenea, funcționează cu acumulatele cu frig. În variantele 2 și 3 rezervorul ППО-2-01 se folosește pentru colectarea și răcirea laptelui muls dimineața, iar, în variantele 4 și 5, pentru aceste scopuri este utilizat rezervorul МКА-2000-2Б. În varianta 6, pentru colectarea și răcirea laptelui se utilizează rezervorul răcitor NEREHTA – 1000 l și instalația sezonieră (acumulator cu frig) de la Complexul Didactico-Experimental al UASM.

În conformitate cu standardele în vigoare, nu se admite amestecul laptelui răcit (+4°C) cu cel nerăcit (+15°C), deși la majoritatea fermelor normele respective se respectă, în multe cazuri totuși laptele rece se amestecă cu cel cald.

Din acest motiv, pentru păstrarea laptelui muls seara, în variantele 2 și 4 a fost acceptat rezervorul ППО-2,5, iar în varianta a III-a – rezervorul-termos B1-OMB-2Б. Spălarea rezervoarelor cu răcire are loc semiautomat, folosindu-se utilajul din dotarea lor. Parametrii tehnici principali și costul mașinilor sunt preluate din rezervorul-termos ПИМ-2,2, care a fost acceptat datorită prețului scăzut al lui. Caracteristic pentru toate variantele este faptul că cheltuielile de producție până în momentul în care produsul ajunge în secția de prelucrare a laptelui sunt echivalente și de aceea, în calculele comparative, nu se examinează.

Profitul anual (lei/an), ținând cont de factorii de risc, se prezintă prin expresia:

$$P = N \cdot Y_a \cdot p - \sum C_i - \sum \xi_i N \cdot Y_a \cdot \Delta p \quad (2.94)$$

unde:  $N$  – numărul bovinelor mulgătoare;  $Y_a$  – productivitatea anuală de la 1 bovină, kg;  $P$  – prețul de livrare a laptelui de calitate superioară, lei/kg;  $C_a$  – cost pe articol;  $C_i$  – cheltuieli conform articolelor, lei/an;  $\xi_i$  – probabilitatea defectelor pentru cazul - i.  $\Delta p$  – diferența dintre prețul laptelui de calitate superioară și a celui de calitate care corespunde categoriei I, lei/kg.

Pentru identificarea variantei mai eficiente de elaborare a liniei tehnologice, este de ajuns să se determine ultimii doi termeni din partea dreaptă a formulei (2.94) (cheltuieli + pierderi), deoarece șeptelul  $N$ , productivitatea anuală  $Y_a$  și prețul  $p$  vor fi aceleași pentru variantele examinate. Așa dar, în calitate de criteriu de comparație a variantelor poate fi aplicată expresia:

$$A = \sum C_i + \sum \xi_i N \cdot Y_a \cdot \Delta p, \text{ lei/an} \quad (2.95)$$

unde  $A$  – criteriu auxiliar de eficacitate, care va avea valoare minimală pentru varianta optimală.

Modificarea productivității de lapte va impune modificarea volumului total al rezervoarelor  $E$  și a productivității de frig  $X$  a instalațiilor frigorifice.

Datorită discreției parametrilor principali ai acestui echipament, expresia (2.94) se completează cu limitările determinate de inegalitățile (2.96) și (2.97).

$$N \cdot Y_a \cdot kn \cdot kg/365 \leq E n; \quad (2.96)$$

$$N \cdot Y_a \cdot k_n \cdot k_m \cdot k_p \cdot \Delta / 365 T_g \leq X \cdot r \quad (2.97)$$

unde:  $k_n = 1,1-1,5$  – este coeficientul de neuniformitate a fătărilor;  $n$  – numărul de rezervoare, buc.;  $T_g$  – durata mulsorii, h;  $\Delta t$  – diferența de temperatură, °C;  $k_p$  – coeficientul de pierderi în sistemul de răcire;  $r$  – numărul de instalații frigorifice, buc.;  $k_m$  – coeficientul de mulsoare (cota productivității de o zi, care revine mulsorii respective).

Datele inițiale principale ale fermei sunt aprobate ca fiind unice pentru toate variantele: numărul de bovine  $N = 200$  cap., două mulsoari.

Datele statistice privind defecțiunile echipamentului sunt incomplete, de aceea a fost efectuată evaluarea unor cifre luând în considerare trei motive ale pierderii eficacității producției de lapte: a) defecțiunea tehnică a echipamentului, b) defecțiunea din cauza deconectărilor a energiei electrice în lipsa unor sisteme de alimentație cu energie electrică de rezervă, c) spălarea necalitativă a utilajului (factorul uman). Evaluările experților au fost împărțite în evaluări optimiste și pesimiste (probabilități maxime și minime ale defecțiunilor).

Primele două tipuri de defecțiuni examinate au un grad de pericol sporit pe timp de noapte și influențează negativ asupra calității laptelui obținut la mulsoarea de seară. De aceea, în nivelul probabilității apariției defecțiunilor din aceste două motive a fost inclus coeficientul mulsului de seară  $k_m = 0,4$  pentru condițiile a două mulsoari. S-a considerat, că variantele apariției defecțiunilor din două motive sau dintr-un singur motiv la două sau mai multe mașini sunt mai puțin probabile. Pierderile de producție din cauza defecțiunilor se exprimă prin reducerea calității laptelui, o bună parte din acesta transformându-se din lapte de calitate superioară în lapte de calitate 1.

Sunt prezentate evaluările optimiste (minimale) și pesimiste (maximale) ale posibilității defecțiunilor din trei motive și valorile lor totale. Se presupune că însumarea probabilităților de pierderi din diferite motive semnifică că pe parcursul anului pierderile de profit se acumulează, deși defecțiunile au loc în timpuri diferite (Tab. 2.8.).

**Tabelul. 2.8 Riscurile de pierderi**

| Variante | Defecțiuni tehnice pe timp de noapte |       | Deconectări de energie |        | Spălare necalitativă |       | Probabilitatea totală |        |
|----------|--------------------------------------|-------|------------------------|--------|----------------------|-------|-----------------------|--------|
|          | min.                                 | max.  | min.                   | max.   | min.                 | max.  | min.                  | max.   |
| 1        | 0,0009                               | 0,005 | 0                      | 0,0005 | 0,017                | 0,05  | 0,0169                | 0,0445 |
| 2        | 0,00025                              | 0,014 | 0,0013                 | 0,0037 | 0,043                | 0,016 | 0,0045                | 0,0317 |
| 3        | 0                                    | 0     | 0                      | 0,0005 | 0,004                | 0,016 | 0,004                 | 0,0175 |
| 4        | 0,00025                              | 0,014 | 0,0013                 | 0,0037 | 0,004                | 0,016 | 0,00445               | 0,0317 |
| 5        | 0                                    | 0     | 0                      | 0,0005 | 0,004                | 0,018 | 0,004                 | 0,0175 |
| 6        | 0                                    | 0     | 0                      | 0,0002 | 0,002                | 0,013 | 0,002                 | 0,0132 |

Calcululele după formulele (2.95), (2. 96) și (2.97) au fost efectuate cu aplicarea programului MS Excel. Sunt indicate valorile obținute ale sumelor de cheltuieli și riscuri de pierdere a eficacității la parametrii stabiliți ai echipamentului și valorile probabilităților defecțiunilor echipamentului (Tabelul 2.9)

**Tabelul 2.9 Cheltuieli de exploatare a echipamentului și riscul de pierdere a profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 6000 kg**

| No<br>vari<br>antei | Echipamentul                                                                                                                                         | Cheltuieli de<br>exploatare<br>(lei) | Locul | Risc de<br>pierdere a<br>profitului<br>(lei) | Suma<br>(lei) | Locul |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------|----------------------------------------------|---------------|-------|
| 1                   | 2                                                                                                                                                    | 3                                    | 4     | 5                                            | 6             | 7     |
| 1                   | Rezervor termos ПИМ-2,2<br>Instalația de termorefrigerare ТХУ-16<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)                                        | 97502                                | 6     | 33880                                        | 131382        | 6     |
| 2                   | Rezervor răcitor ППО 2-01 "ПІАКО"<br>Rezervor răcitor ППО-2,5<br>Instalația de termorefrigerare ТХУ- 14<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig) | 84237                                | 4     | 24640                                        | 108877        | 5     |
| 3                   | Rezervor răcitor ППО-2- 01<br>Rezervor termos В1-ОМВ- 2Б<br>Instalația de termorefrigerare ТХУ-14<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)       | 73136                                | 2     | 13090                                        | 86226         | 2     |
| 4                   | Rezervor răcitor МКА-2000Л-2Б<br>Rezervor răcitor ППО-2,5<br>Instalația de termorefrigerare ТХУ 14<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)      | 65685                                | 1     | 24332                                        | 90017         | 3     |
| 5                   | Rezervor răcitor МКА-2000-2Б<br>Rezervor termos В1-ОМВ-2Б<br>Instalația de termorefrigerare ТХУ-14<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)      | 89486                                | 5     | 13090                                        | 102576        | 4     |
| 6                   | Rezervor răcitor NEREHTA – 1000 l<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)<br>la complexul didactico-experimental al<br>UASM                     | 76136                                | 3     | 8726                                         | 84863         | 1     |

Productivitatea medie anuală de lapte la o bovină luată în calcul a fost de 6000 kg și 7000 kg, iar diferența între costul de realizare a laptelui de calitate superioară și de calitate 1 – este de 2 lei/kg. Diferența în ceea ce privește cheltuielile pentru utilaje și echipament la diferite productivități se explică prin faptul că la sporirea productivității de lapte este necesar de a majora puterea instalațiilor frigorifice și volumul rezervoarelor pentru păstrarea laptelui în corespundere cu expresiile (2.96) și (2.97). În coloanele 4 și 7 (Tabelul 2.9 și 210.), sunt indicate locurile



preferențiale, pe care le deține varianta examinată, în conformitate cu rezultatele calculelor. În coloana 5, sunt prezentate valorile riscului de pierdere a profitului, valorile maxime posibile ale acestora în caz de defecțiuni cu caracter aleatoriu.

**Tabelul 2.10 Cheltuieli de exploatare a echipamentului și riscul de pierdere a profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 7000 kg**

| №<br>variantei | Echipamentul                                                                                                                                        | Cheltuieli<br>de<br>exploatare<br>(lei) | Locul | Risc de<br>pierdere a<br>profitului<br>(lei) | Suma<br>(lei) | Locul |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|----------------------------------------------|---------------|-------|
| 1              | 2                                                                                                                                                   | 3                                       | 4     | 5                                            | 6             | 7     |
| 1              | Rezervor termos ПИМ-2,2<br>Instalația de termorefrigerare TXY-16<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)                                       | 99729                                   | 3     | 43560                                        | 143289        | 4     |
| 2              | Rezervor răcitor ППО 2-01 "ПАКО"<br>Rezervor răcitor ППО-2,5<br>Instalația de termorefrigerare TXY- 14<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig) | 118801                                  | 6     | 31680                                        | 150481        | 6     |
| 3              | Rezervor răcitor ППО-2- 01<br>Rezervor termos B1-OMB- 2Б<br>Instalația de termorefrigerare TXY-14<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)      | 89702                                   | 1     | 16830                                        | 106532        | 2     |
| 4              | Rezervor răcitor МКА-2000Л-2Б<br>Rezervor răcitor ППО-2,5<br>Instalația de termorefrigerare TXY 14<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)     | 117128                                  | 5     | 31284                                        | 148412        | 5     |
| 5              | Rezervor răcitor МКА-2000-2Б<br>Rezervor termos B1-OMB-2Б<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)                                              | 106052                                  | 4     | 16830                                        | 122882        | 3     |
| 6              | Rezervor răcitor NEREHTA – 1000 l<br>Instalația sezonieră (acumulator cu frig)<br>la complexul didactico-experimental al<br>UASM                    | 92700                                   | 2     | 11220                                        | 103920        | 1     |

Utilizând rezultatele din tabelele 2.9 și 2.10 , (luând raportul dintre riscul de pierdere a profitului la cheltuielile de exploatare), obținem pierderile profitului pentru productivitatea medie anuală de lapte 6000 kg și, respectiv, 7000 kg – Tabelul 2.11

**Tabelul 2.11 Riscul pierderii profitului la o productivitate medie anuală de lapte 6000 kg și 7000 kg**

| No | Pierdere profitului pentru<br>productivitatea medie anuală de lapte<br>6000 kg , % | Pierdere profitului pentru<br>productivitatea medie anuală de lapte<br>7000 kg % |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 34                                                                                 | 44                                                                               |
| 2  | 29                                                                                 | 27                                                                               |
| 3  | 17                                                                                 | 16                                                                               |
| 4  | 37                                                                                 | 27                                                                               |
| 5  | 14                                                                                 | 12                                                                               |
| 6  | 11                                                                                 | 13                                                                               |

În baza rezultatelor reflectate în (Tabelul 2.9 -2.10) putem face următoarele concluzii:

- Riscul pierderii profitului este comensurabil cu cheltuielile de exploatare și poate alcătui de la 11% până la 44% din cheltuielile pentru exploatare la productivitatea medie anuală de lapte între 6000 kg - 7000 kg.
- Evidența riscului de pierdere schimbă distribuirea locurilor de preferință. Variantele care se plasează pe primul loc trebuie considerate optime.
- Volumul productivității anuale de lapte influențează distribuția locurilor preferențiale.
- În toate condițiile examinate, nu avem nici o variantă unde cea mai mică valoare a cheltuielilor de exploatare să corespundă cu cea mai mică valoare de risc a pierderilor de profit.

Rezultate analogice au fost obținute la valori minime ale probabilității defectărilor.

Rezultatele calculului depind, în mare măsură, de veridicitatea datelor inițiale privind fiabilitatea funcționării echipamentului. Insuficiența de informație privind defectările, precum și gama largă de indici, care caracterizează condițiile de lucru, impun luarea deciziilor atunci când datele inițiale sunt incerte. Analiza riscului economic permite argumentarea așa-numitei variante preferate a soluției ingineresti.

Eficacitatea sistemului tehnologic utilizat în procesul de răcire a laptelui depinde esențial, de condițiile de funcționare a acestuia. Variabilitatea factorilor, care influențează fiabilitatea lui, nu permite identificarea în mod unic de a identifica relația funcțională care ghidează procesul. Precizia calculului este influențată de condițiile tehnice, piața de realizare a produsului final și dotarea gospodăriilor de fermieri cu utilaj modern. În cazul schimbării condițiilor de utilizare a tehnologiei se impune reevaluarea efectului economic a acestor modificări sub aspectul optimizării profitului. Indicatorii sensibili a acestei abordări economice presupune calcularea variației factorilor incluși în modelul imitațional și realizarea prognozei în cazul schimbărilor substanțiale a tehnologiei utilizate.

## Concluzii la capitolul II

1. Tehnologia de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural dispune de resurse mari privind reducerea consumului specific de energie electrică. După cum au demonstrat calculele, dacă parametrii instalației sunt ajustați la volumul de lapte, supus răcirii, atunci poate fi obținută o reducere a consumului specific de energie electrică de 1,4 – 1,48 ori, comparativ cu tehnologiile tradiționale. Pentru reducerea consumului specific de energie electrică este necesară ajustarea instalațiilor de tip MO - CX prin conectarea unor instalații cu o capacitate mai mică. Utilizarea în instalațiile de tipul MO - CX a acumulatorilor cu frig cu capacitate ridicată de acumulare a frigului are un efect invers, ce contribuie la majorarea consumului de energie electrică. Se impune, astfel, corectarea parametrilor acumulatorului cu frig;

2. Pentru a reduce consumul de energie electrică (cu cca 7,5 kW h/t) este necesară reglementarea duratei de răcire a apei din acumulatorul cu frig în funcție de producția zilnică de lapte, în special pentru fermele mici, gospodăriile țărănești și punctele de colectare a laptelui cu o productivitate anuală de lapte de până la 300 t. S-a stabilit că, pentru o productivitate anuală de lapte de 400-500 t, durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig nu influențează, practic, reducerea consumului specific de energie electrică pentru răcirea laptelui, care constituie cca 0,6-0,8 kW h/t.

3. Pentru ferma de bovine a UASM, care are o productivitate anuală de lapte de circa 175 t, economia de energie electrică constituie 14 kW h/t la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore și 18,5 kW h/t, la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 8 ore;

4. S-a stabilit că, odată cu majorarea numărului de secții ale acumulatorului cu frig de la una până la patru, multiplicitatea  $k$  a apei și a laptelui scade treptat. La  $N \geq 4$ , multiplicitatea volumului de apă și lapte este, practic, minimală și depinde neesențial de numărul de secții ale acumulatorului, fiind, în comparație cu acumulatorul cu o singură secție, de cca 3 ori mai mic. De exemplu, mărin numărul de secții de la 4 până la 8, coeficientul  $k$  se micșorează de la 3,7 până la 3,6 ceea ce înseamnă că rămâne, practic, constant.

5. Din tabelele 2.1. și 2.2. constatăm că:

- la răcirea laptelui, de la 30°C până la 6°C este necesară o secție ( $N=1$ ), a acumulatorului cu frig la temperatura aerului atmosferic  $t \leq 0^\circ\text{C}$ , două secții  $N = 2$  pentru  $0 < t \leq 2^\circ\text{C}$ , și patru secții  $N = 4$  pentru  $2 < t \leq 4^\circ\text{C}$ ;
- la răcirea laptelui în două etape, la doua etapă de la 17°C până la 6°C este necesară o secție ( $N=1$ ), a acumulatorului cu frig la temperatura aerului atmosferic  $t \leq 2^\circ\text{C}$  și două secții  $N = 2$  pentru  $2 < t \leq 4^\circ\text{C}$ ;

6. Pentru ferma didactică a UASM (cu 30 vaci mulgătoare) parametrii optimali ai acumulatorului cu frig sunt:  $h_{opt} = 0.7m$  și  $S_{opt} = 0,9m^2$ .

7. Din tabelul 2.9, 2.10 și 2.11, reiese, că:

- riscul pierderii profitului este comensurabil cu cheltuielile de exploatare și poate constitui de la 11% până la 44% din cheltuielile pentru exploatare la o productivitate medie anuală de lapte între 6000 kg - 7000 kg.

- evidența riscului de pierderi schimbă distribuția locurilor de preferință. Variantele care se plasează pe primul loc trebuie considerate optime.

- volumul productivității anuale de lapte influențează distribuția locurilor de preferință.

- în toate condițiile examinate nu avem nici o variantă în care cea mai mică valoare a cheltuielilor de exploatare să corespundă cu cea mai mică valoare de risc a pierderilor de profit.

### **3. STUDIU INSTALAȚIILOR MODERNIZATE COMBinate PENTRU RĂCIREA LAPTELUI CU FRIG NATURAL ȘI ARTIFICIAL CA OBIECT DE DIRIJARE**

#### **3.1 Contribuții la elaborarea schemei structural-funcționale a grafurilor automate și a algoritmilor de funcționare a instalației frigorifice pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică**

Problema folosirii frigului natural pentru răcirea laptelui este actuală pentru RM, care importă peste 75% din toate resursele energetice. Instalațiile cu frig natural și artificial sunt mai ecologice, deoarece exclud folosirea diferitor tipuri de freoni în perioada rece a anului și au un consum redus de energie electrică de cca 0,3 -0,5 kWh/t fapt ce contribuie la îmbunătățirea indicilor economici [44, 45, 46]. În același timp, puterea electrică a instalației frigorifice în cazul utilizării frigului natural și artificial se reduce de cel puțin 1,6 – 1,7 ori.

În baza grafurilor automate și algebrei logice, au fost elaborați algoritmii de funcționare a instalației ecologice automatizate pentru răcirea laptelui cu frig natural și artificial în flux.

Studiul a fost realizat în baza datelor experimentale obținute la Complexul Didactico-Experimental al UASM, unde a fost elaborată și implementată instalația combinată, care include instalația frigorifică și instalația pentru răcirea laptelui cu frig natural [1].

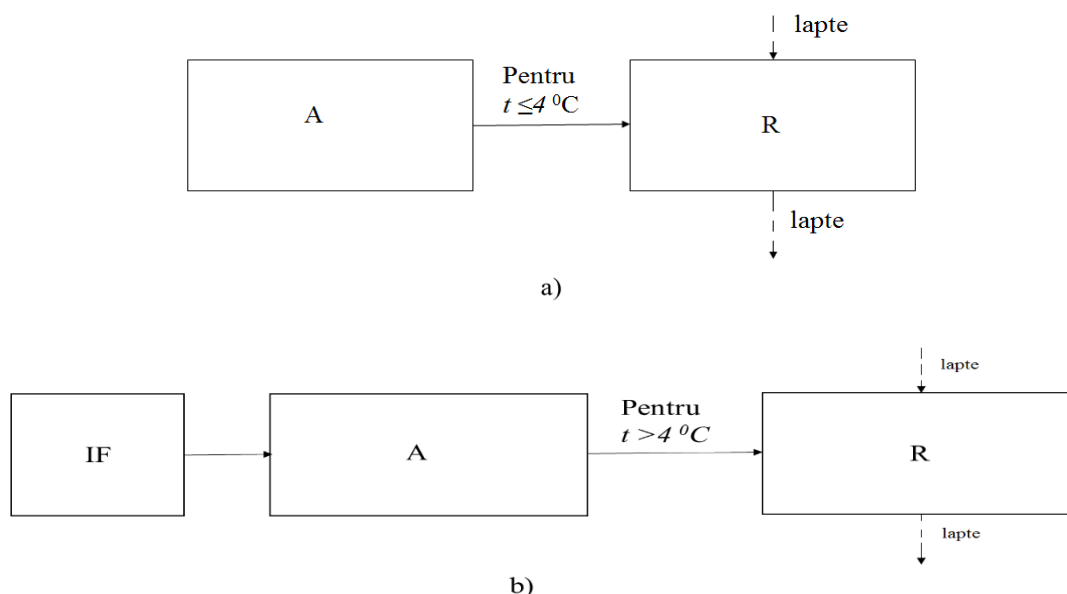
În perioada anului, cu temperaturi reduse, un avantaj, din punctul de vedere al economiei de energie electrică, este răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural (Fig. 3.1). În acest caz, răcirea apei în acumulatorul cu frig A are loc la temperaturi reduse ale aerului atmosferic – de la  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$  fără utilizarea instalației frigorifice. Consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui cu utilizarea instalațiilor frigorifice cu frig natural este la nivelul de 0,5 kWh/t față de 25÷30 kWh/t pentru instalațiile frigorifice tip.

Folosirea acumulatorului cu frig și în perioada cu temperaturi înalte a anului (pentru  $t > 4^{\circ}\text{C}$ ) la răcirea apei în acumulator de la instalația frigorifică, asigură reducerea puterii electrice a instalației frigorifice.

În același timp, răcirea apei în acumulatorul cu frig în afara orelor de vârf, conform ANRE permite reducerea plății pentru consumul de energie electrică cu 40 %.

Folosirea în liniile de prelucrare primară a laptelui a acumulatorului cu frig în comun cu instalația frigorifică, contribuie la reducerea esențială a costurilor pentru consumul de energie electrică la răcirea laptelui. În acest scop, în perioada în care este valabil tariful minimal la consumul de energie electrică, este necesar ca apa să fie răcită în acumulatorul cu frig al instalației frigorifice, care urmează să fie folosită pentru răcirea laptelui în timpul zilei.

Schema tehnologică și structural-funcțională a instalației cu utilizarea frigului natural și artificial sunt prezentate în (Fig. 3.1 și Fig. 3.2) care indică principiul și metoda de funcționare a sistemului tehnologic cu aplicarea frigului natural în procesul de răcire a laptelui. În circuitul agentului frigorific la fel sunt instalate: compresorul (1), condensatorul (2), evaporatorul (3), supapa termostatică (4). În circuitul agentului frigorific avem schimbătorul de căldură (5), pompa agentului frigorific (6), acumulatorul de frig natural și artificial (7), traductorii de temperatură a agentului frigorific (8), a temperaturii aerului atmosferic (9) și a temperaturii laptelui (10), blocul de pulverizare (11) și blocul de comandă (12).



**Fig. 3.1 Răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural (a) și artificial (b)**

A – acumulatorul cu frig;

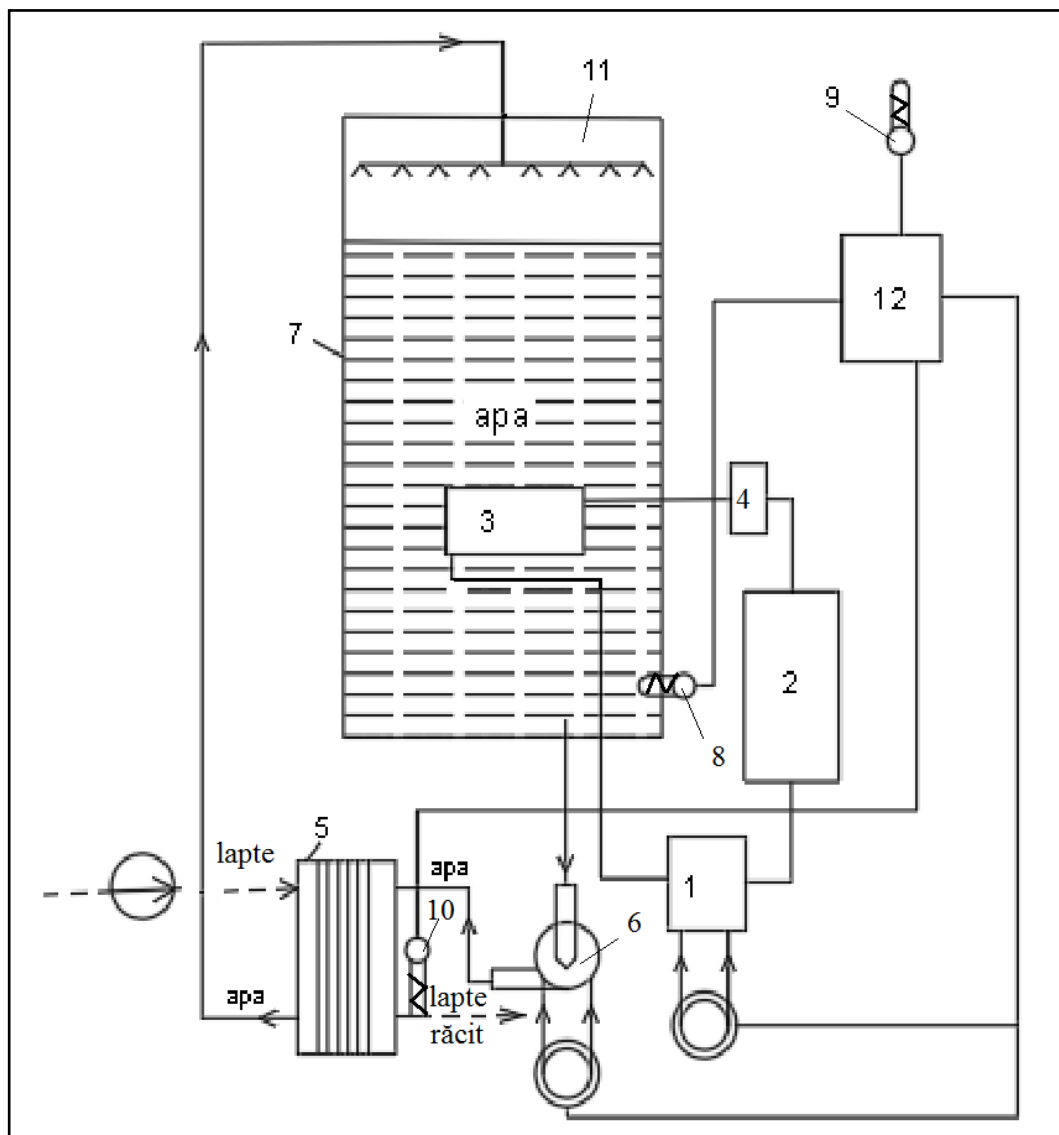
R – răcitorul;

IF – instalația frigorifică.

Instalația respectivă funcționează în modul următor [27].

În perioada a anului când temperatura agentului frigorific este suficientă pentru procesul de răcire a laptelui, acumulatorul cu frig se conectează succesiv în circuitul de răcire (Fig. 3.2.). Agentul frigorific din acumulatorul cu frig (7), cu pompa (6) este direcționat în schimbătorul de căldură (5), unde se produce răcirea laptelui, și este direcționat din nou în acumulatorul cu frig prin blocul de pulverizare (11). În cazul în care, temperatura agentului frigorific în acumulatorul cu frig crește și depășește temperatura care este necesară pentru răcirea laptelui, atunci de la semnalul traductorului de temperatură a agentului frigorific (8) este pus în funcțiune compresorul instalației frigorifice reîncărcabile (1) și agentul frigorific este direcționat în vaporizator (3), care

răcește agentul frigorific până la temperatura necesară. La temperatura aerului atmosferic mai joasă de  $4^{\circ}\text{C}$ , compresorul mașinii frigorifice reîncărcabile (1) nu funcționează. Datorită temperaturii joase a aerului atmosferic are loc acumularea frigului natural.

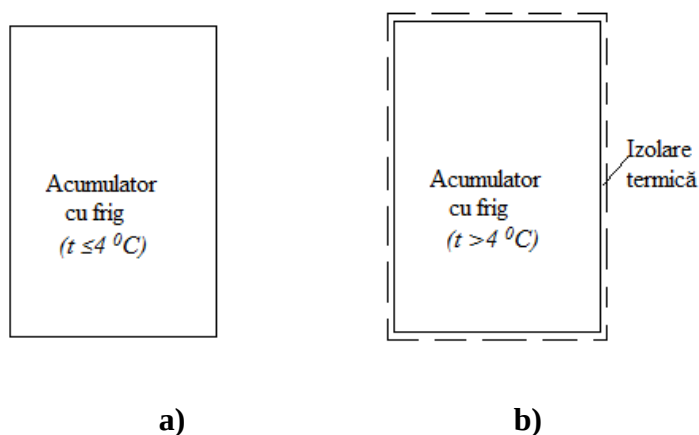


**Fig. 3.2. Schema structural - funcțională a instalației frigorifice pentru răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial cu consum redus de energie electrică [27].**

1- compresorul instalației frigorifice, 2- condensatorul, 3- evaporatorul, 4- supapa termostatică, 5- schimbătorul de căldură, 6- pompa agentului frigorific, 7- acumulatorul de frig natural și artificial, 8- traductor de temperatură a agentului frigorific, 9- traductor de temperatură a aerului atmosferic, 10- traductor de temperatură a laptelui, 11- blocul de pulverizare, 12- blocul de comandă.

Evaporatorul (3) mașinii frigorifice reîncărcabile poate să fie amplasat în afara acumulatorului, într-un rezervor în flux special. În cazul acesta, agentul frigorific este direcționat în acumulator cu frig, fiind în stare răcită.

În perioada cu temperaturi înalte a anului și în perioada de tranziție este necesar acumularea frigului natural. Acumulatorul cu frig necesită izolare termică de mediul înconjurător (Fig. 3.3). Evaporatorul (3), amplasat în acumulatorul cu frig este conectat cu compresorul (1) care presează vaporii agentului frigorific, și este direcționată în condensatorul (2), iar de acolo, prin comutatorul termostatic (4), agentul frigorific în stare lichidă este direcționată în evaporator.



**Fig. 3.3 Acumulatorul cu frig pentru  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$  (a) și pentru  $t > 4^{\circ}\text{C}$ .**

În perioada când se atestă  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ , pentru răcirea laptelui, se folosește acumulatorul cu frig fără utilizarea instalației frigorifice (compresorul 1). Aceste temperaturi sunt fixate de traductoarele de temperatură 8, 9 și 10. Parametrii de control sunt:

- temperatura apei în acumulatorul cu frig;
- temperatura aerului atmosferic;
- temperatura laptelui răcit

Pentru temperaturile aerului atmosferic  $t \leq 2^{\circ}\text{C}$  nu este necesară utilizarea pulverizatorului, care se folosește doar la temperaturile aerului atmosferic  $2^{\circ}\text{C} \leq t \leq 4^{\circ}\text{C}$ . Pulverizarea apei prin blocul 11 poate contribui la prelungirea duratei de utilizare a instalației cu frig natural de la 16 până la 59 zile pe an (Tabelul 3.1).



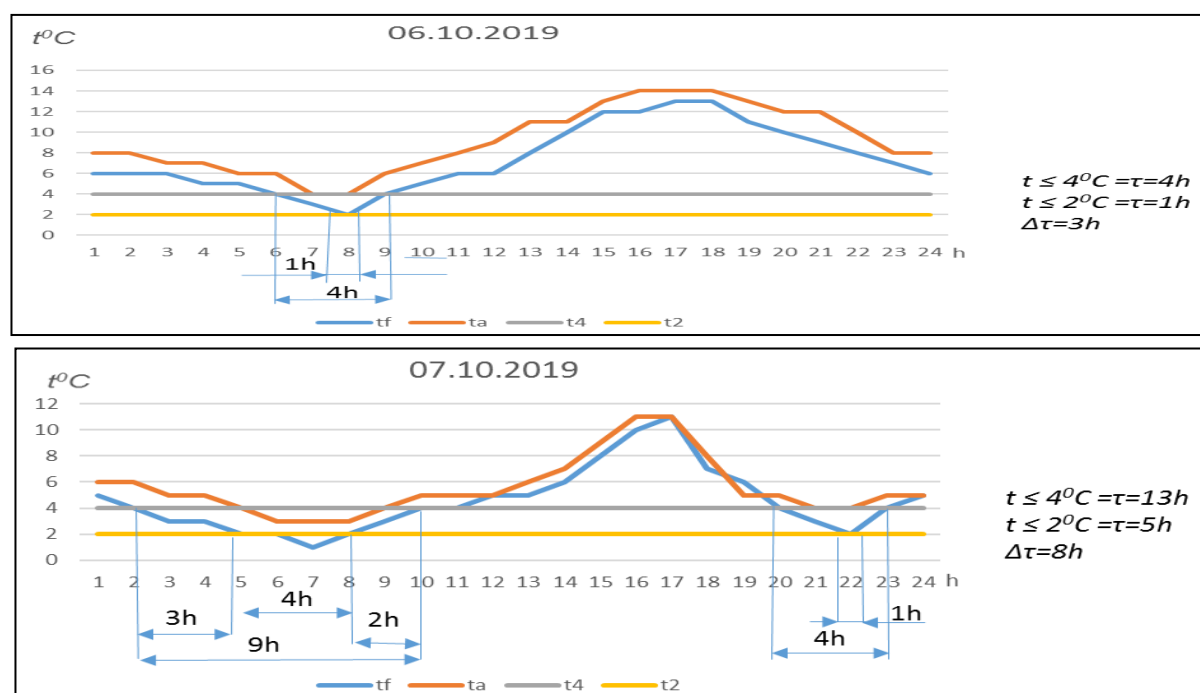
**Tabelul 3.1 Numărul de zile respectiv cu  $t \leq 2^{\circ}\text{C}$ ;  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$  și diferența lor pe perioada 2015-2019**

| Anul         | Numărul de zile            |                             |                         |
|--------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|              | $t \leq 2^{\circ}\text{C}$ | $t \leq 4^{\circ}\text{C}$  | Diferența               |
| 2015         | 29i+22f+23m+7a+5o+10n+25d  | 31i+28f+31m+17a+17o+20n+30d | 2i+6f+8m+10a+12o+10n+5d |
| <b>Total</b> | <b>121</b>                 | <b>174</b>                  | <b>53</b>               |
| 2016         | 31i+23f+17m+1a+20o+24n+28d | 31i+26f+28m+7a+23o+28n+29d  | 3f+11m+6a+3o+4n+1d      |
| <b>Total</b> | <b>144</b>                 | <b>172</b>                  | <b>28</b>               |
| 2017         | 31i+25f+12m+5a+2o+12n+26d  | 31i+28f+29m+20a+11o+24n+29d | 3f+17m+15a+9o+12n+3d    |
| <b>Total</b> | <b>113</b>                 | <b>172</b>                  | <b>59</b>               |
| 2018         | 27i+27f+23m+1a+0o+19n+31d  | 31i+28f+24m+3a+6o+21n+31d   | 4i+1f+1m+2a+6o+2n+      |
| <b>Total</b> | <b>128</b>                 | <b>144</b>                  | <b>16</b>               |
| 2019         | 31i+24f+15m+4a+2o+12n+24d  | 31i+28f+24m+10a+5o+15n+29d  | 4f+9m+6a+3o+3n+5d       |
| <b>Total</b> | <b>112</b>                 | <b>142</b>                  | <b>30</b>               |

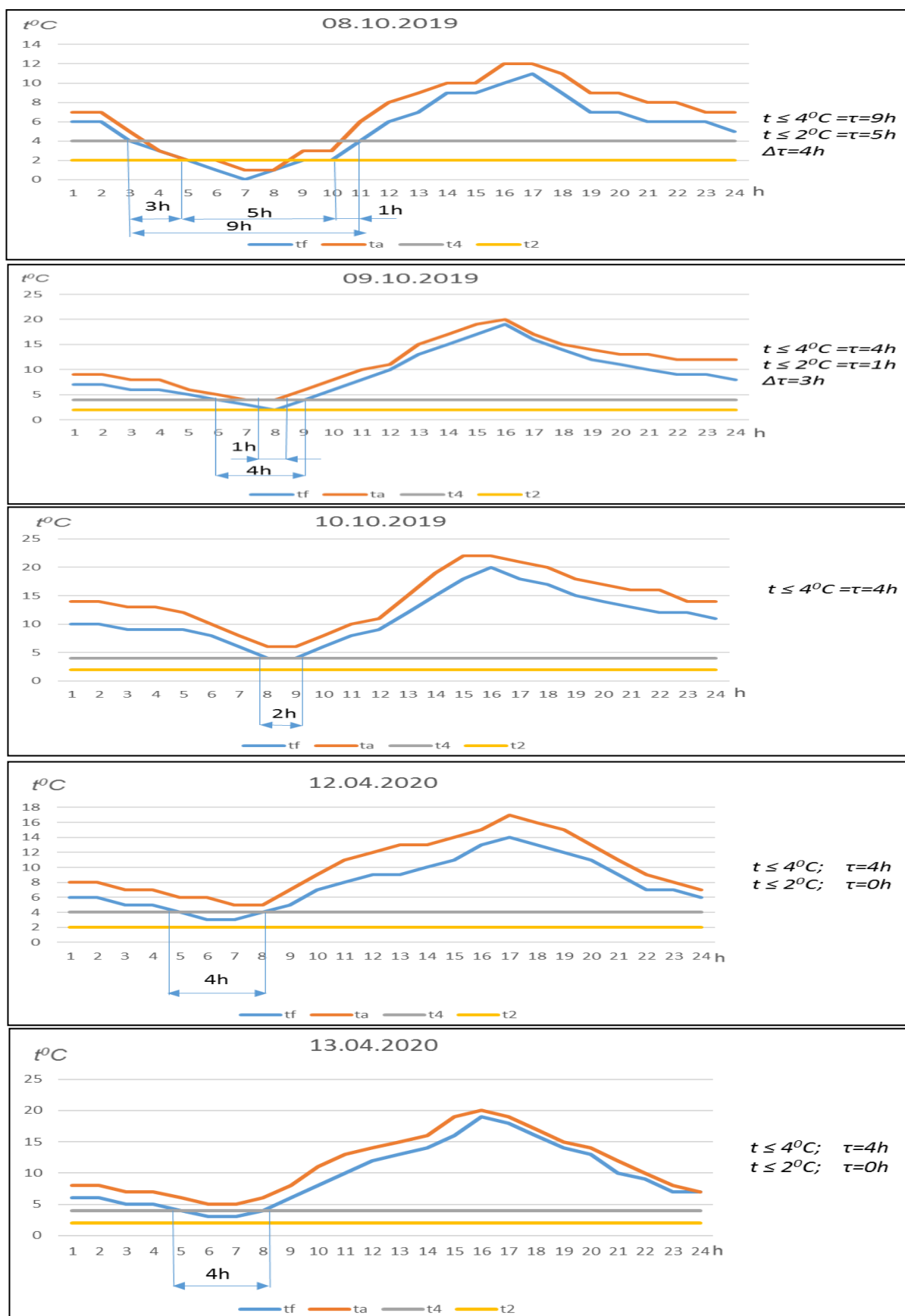
Notă: i-ianuarie; f-februarie; m-martie; a-aprilie;

o-octombrie; o-noiembrie; -decembrie.

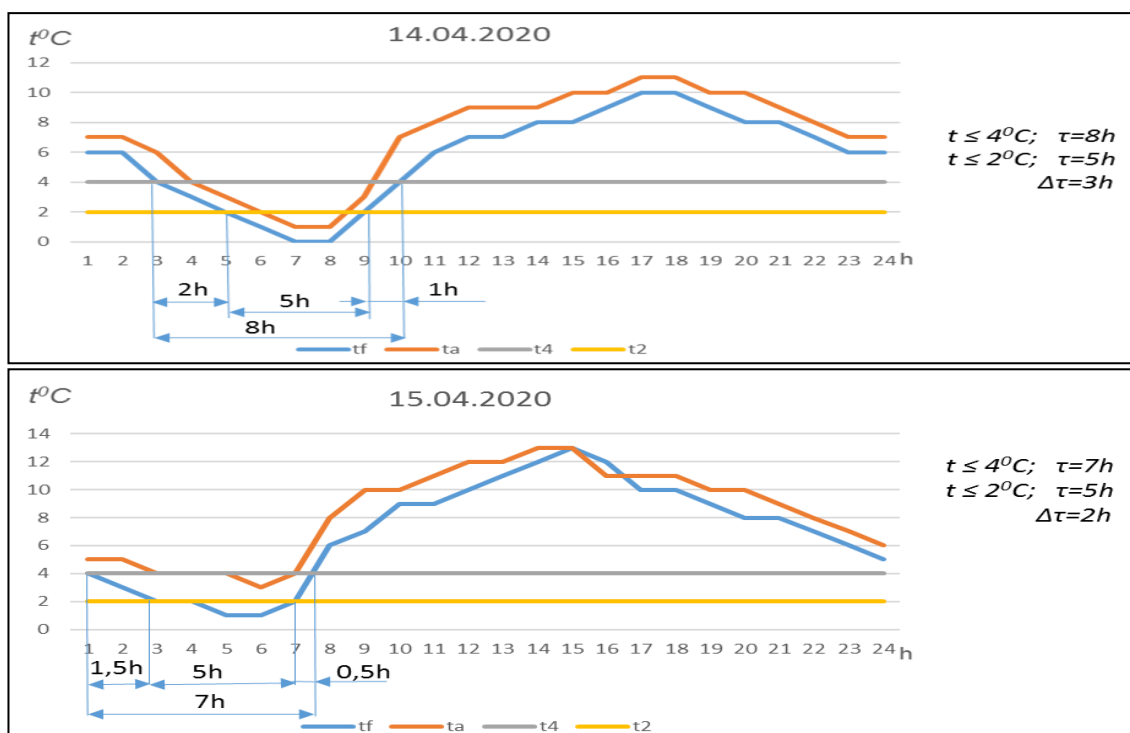
Chiar și în lunile octombrie și aprilie, în centrul Republicii Moldova, poate fi utilizată instalația pentru răcirea laptelui cu frig natural deoarece durata de răcire a apei  $\tau$  constituie câteva ore și anume de la 4 până la 13 ore, pentru  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$  (Fig. 3.4).



**Fig. 3.4 Temperaturile aerului atmosferic pe durata de 24 h (începutul)**



**Fig. 3.4 Temperaturile aerului atmosferic pe durata de 24 h (continuare)**



**Fig. 3.4 Temperaturile aerului atmosferic pe durata de 24 h (lunile octombrie și aprilie, anii 2019 – 2020) (sfârșitul)**

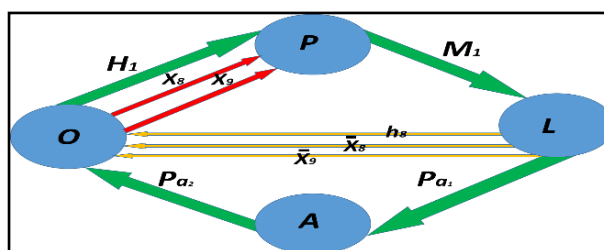
- **tf** - temperaturile aerului atmosferic de facto (înregistrate la Complexul Didactico-Experimental al UASM)
- **ta** - temperaturile aerului atmosferic conform datelor a Serviciului Hidrometeorologic de Stat
- **t2** - temperatura aerului atmosferic  $t=2^{\circ}\text{C}$
- **t4** - temperatura aerului atmosferic  $t=4^{\circ}\text{C}$

$\tau$  - durata de răcire a apei pentru temperaturile aerului atmosferic  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$  și  $t \leq 2^{\circ}\text{C}$ ;

Din analiza datelor înregistrate, s-a stabilit că temperaturile aerului atmosferic de facto (înregistrate la Complexul Didactico-Experimental al UASM) sunt cu 1-2  $^{\circ}\text{C}$  mai joase decât temperaturile aerului atmosferic înregistrate la Serviciul Hidrometeorologic de Stat.

Ulterior, au fost elaborate grafurile automate și algoritmi de funcționare a instalației cu folosirea frigului natural și artificial.

Grafurile automate și algoritmi de funcționare sunt prezentate în (Fig. 3.5 și Fig. 3.6).



**Fig. 3.5 Graful automat al instalației frigorifice  $M_1$**

Unde: O; P; L; A – stările de lucru ale instalației frigorifice M<sub>1</sub>,

respectiv: oprire, pornire, lucru și avarie;

M<sub>1</sub> – instalația frigorifică (compresorul 1);

H<sub>1</sub> și h<sub>1</sub> – respectiv, comanda de pornire și de oprire;

x<sub>8</sub> și x<sub>9</sub> – prezența semnalelor de la traductoarele 8 și 9;

$\bar{x}_8$  și  $\bar{x}_9$  – lipsa semnalelor de la traductoarele 8 și 9;

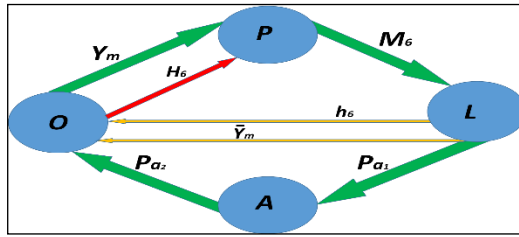
$\bar{h}$  - lipsa semnalului de la butonul de oprire;

Pa<sub>1</sub> și Pa<sub>2</sub> – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{P}a_1$  și  $\bar{P}a_2$  – lipsa semnalelor de avarie;

Algoritmul de funcționare a instalației frigorifice elaborat în baza grafului automat prezentat în (Fig. 3.5) are forma:

$$Y_1 = (x_8 \cdot x_9 + H_1) \cdot \bar{h} \cdot \bar{P}a_1 \cdot \bar{P}a_2 \cdot M_1 \quad (3.1)$$



**Fig. 3.6** Graful automat al pompei de apă M<sub>6</sub>

M<sub>6</sub> – pompa de apă;

H<sub>6</sub> și h<sub>6</sub> - respectiv comanda de pornire și oprire;

Y<sub>m9</sub> – prezența semnalului de funcționare a pompei de lapte;

Pa<sub>1</sub> și Pa<sub>2</sub> – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{P}a_1$  și  $\bar{P}a_2$  – lipsa semnalelor de avarie;

Algoritmul de funcționare a pompei de apă M<sub>6</sub> elaborat în baza grafului automat prezentat în Fig. 3.6. are forma:

$$Y_6 = (Y_{m13} + H_6) \cdot \bar{h}_6 \cdot \bar{P}a_1 \cdot \bar{P}a_2 \cdot M_6 \quad (3.2)$$

În baza algoritmilor de funcționare a pompei de apă 6 și a instalației (compresorul 1), se elaborează schema principală electrică de dirijare a AFN.

### 3.2. Schema structural-funcțională, grafurile automate și algoritmi de funcționare a receptorului-acumulator cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitorul în flux.

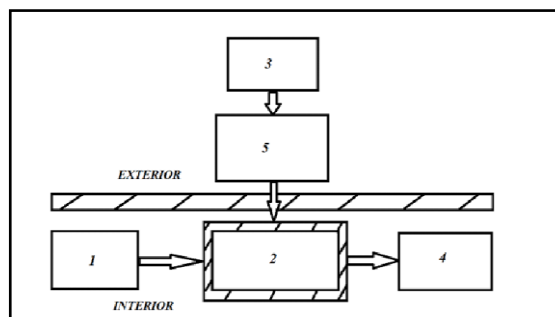
Analiza complexă (structurală, energetică, tehnologică și economică) confirmă oportunitatea utilizării frigului natural și artificial pentru răcirea laptelui.

Sursele efectului economic sunt [30, 33]:

- reducerea consumului de energie electrică la răcirea laptelui;
- micșorarea puterii motoarelor electrice a sistemului de răcire a laptelui;
- creșterea calității producției ca urmare a unei fiabilități de funcționare mai înalte a instalațiilor cu frig natural (IFN);
- reducerea consumului de materiale pentru fabricarea IFN.

Îmbunătățirea performanțelor instalației cu frig natural și artificial poate fi efectuată prin:

- utilizarea a două acumulatori cu apă, dintre care unul este instalat în exteriorul fermei, iar altul, în interiorul fermei;
- pulverizarea apei în acumulatorul cu apă;
- obținerea, în acumulatorul exterior, a apei calde necesare în procesele tehnologice ale fermei, în perioada caldă a anului.



**Fig. 3.7. Schema structural-funcțională a instalației frigorifice și a acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui în răcitorul în flux cu utilizarea frigului natural și a celui artificial**

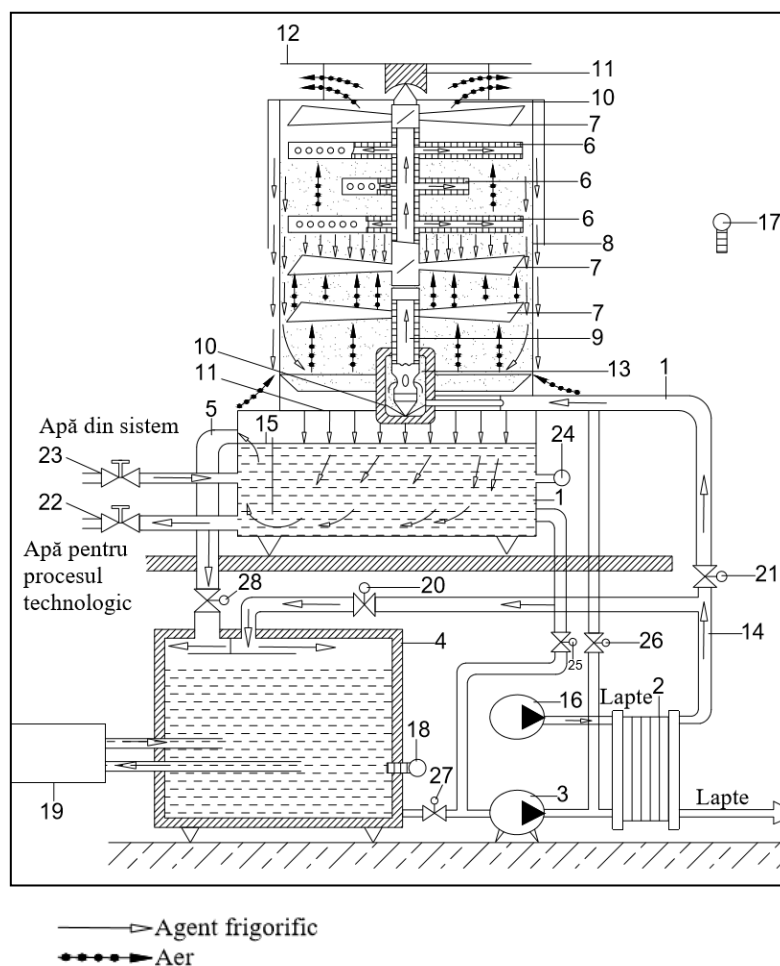
1 – instalația frigorifică; 2 – acumulator cu frig cu izolare termică instalat în interiorul fermei; 3 – pulverizator; 4 – răcitor în flux pentru răcirea laptelui; 5 - acumulator cu frig instalat în exteriorul fermei.

Acumulatorul cu frig din exterior se folosește pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului, iar, în perioada caldă a anului, are loc încălzirea pe cale naturală a apei, necesară în procesele tehnologice ale fermei. Totodată, în perioada cu temperaturi înalte a anului, are loc răcirea apei de la instalația frigorifică, care, ulterior, se utilizează pentru răcirea laptelui.

Pulverizarea apei în perioada rece sau caldă a anului permite, respectiv, de a coborî sau a ridica temperatura apei practic până la temperatura aerului atmosferic.

În continuare sunt elaborate a grafurile automate și algoritmurile de funcționare a instalației frigorifice (a receptorului-acumulator) cu utilizarea frigului natural și artificial.

Receptorul-acumulator cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui este prezentat în (Fig. 3.8) [27]. Receptorul-acumulator cuprinde: rezervorul – 1, schimbătorul de căldură pentru lapte (2), pompa agentului frigorific – 3, rezervorul termoizolat pentru agentul frigorific – 4, țeava de drenaj – 5, țevile de pulverizare rotative – 6, plăci aerodinamice – 7, iar pe axa cilindrului 8 este montată țeava rotativă – 9, care are la capete sfaturi conice – 10, care intră în axe – 11 cu conuri inverse situate unul, cel exterior – pe ecranul 12, iar al doilea – pe rezervorul-schimbător de căldură – 1, iar partea inferioară a țevii rotative – 9 intră în cavitatea cilindrică – 13 a axei inferioare, unită prin țeava – 14 cu pompa agentului frigorific – 3 și, în continuare, cu rezervorul termoizolat – 4. În partea inferioară a țevii rotative – 9, care se află în cavitatea internă – 13 a axei – 11 sunt găuri, iar tuburile de pulverizare – 6 sunt plasate radial în partea exterioară a țevii 9 în câteva rânduri.



**Fig. 3.8. Receptorul-acumulator de frig natural pentru răcirea laptelui[27].**

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

Unele capete sunt conectate la spațiul interior al țevii rotative 9, iar celelalte capete sunt blocate. De-a lungul tuturor conductelor de pulverizare 6 din aceeași parte, există o serie de găuri de pulverizare cu axe orizontale, iar deasupra și dedesubtul conductelor de pulverizare 6 și de-a lungul întregii lungimi a conductei rotative 9 sunt localizate plăci aerodinamice 7. Cilindrul gol 8 este instalat cu formarea unui gol cu marginea superioară a rezervorului 1, în al cărui perete există o deschidere a conductei de scurgere 5 conectată la un rezervor izolat termic 4, iar în interiorul schimbătorului de căldură 1 la deschiderea conductei de scurgere 5 se află un ecran 15, care îl acoperă, formând goluri cu peretele lateral al rezervorului 1. Cilindrul gol 8 este fabricat din plasă, iar în partea superioară a acestuia, în exterior, la nivelul conductelor de pulverizare, este instalat un ecran cilindric. Receptorul bateriei funcționează după cum urmează: este instalat pe acoperișul camerei de producție sau pe un pasaj superior, iar în camera de producție, se află un rezervor izolat termic 4, pompa de răcire 3 și un schimbător de căldură pentru lapte 2. Receptorul bateriei este umplut cu apă (lichid de răcire) (Fig. 3.8.).

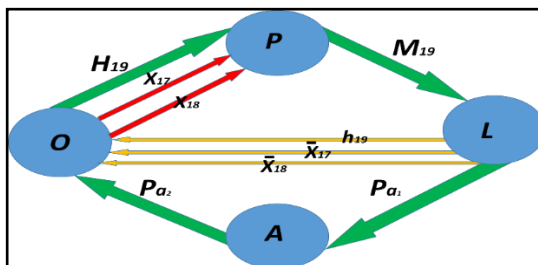
În timpul rece al anului, pentru răcirea laptelui, care este direcționat în schimbătorul de căldură pentru lapte 2, se conectează pompa agentului frigorific 3 și a agentului frigorific prin conducta 14 pătrunde în cavitatea interioară 13, apoi, prin găurile din cavitatea internă a conductei rotative 9, în tuburile de pulverizare 6 și se pulverizează prin găuri. Totodată, apare momentul rotativ. Agentul frigorific pulverizat coboară în jos întâmpinând un curent masiv de aer rece, care este direcționat de plăcile aerodinamice 7 în cilindru 8. Aerul captat pătrunde în decalajul dintre partea superioară 8 și ecran 12. Agentul frigorific răcit pulverizat ajunge în rezervorul-schimbător de căldură 1. Dacă în rezervor s-a format gheață, atunci agentul frigorific se scurge pe suprafața gheții, se răcește și prin tubul de scurgere 5, nimerește în rezervorul termoizolat 4. Dacă în rezervorul-schimbător de căldură 1 este apă glaciară sau apă amestecată cu gheață, atunci apa rece

este direcționată din partea inferioară a rezervorului-schimbătorului de căldură 1 și, trecând pe sub marginea ecranului 15, ajunge în tubul de scurgere 5, după care, în rezervorul termoizolat 4, iar, mai apoi, în pompa agentului frigorific și procesul se repetă.

Parametrii de control al procesului de răcire a laptelui în răcitor în flux cu utilizarea frigului natural și artificial sunt:

- temperatura apei în acumulatorul cu apă instalat în exteriorul fermei;
- temperatura apei în acumulatorul cu apă și cu izolare termică, instalat în interiorul fermei;
- temperatura aerului atmosferic;
- temperatura laptelui răcit.

Aceste temperaturi sunt fixate de traductoarele de temperatură 17,18, 24 și 29. Graful automat al instalației frigorifice  $M_{19}$  în regim de răcire a laptelui este prezentat în Fig. 3.9.



**Fig. 3.9 Graful automat al instalației frigorifice  $M_{19}$**

unde: O; P; L; A - stările de lucru ale instalației frigorifice  $M_{19}$ , respectiv: oprire, pornire, lucru și avarie

$M_{19}$  - instalația frigorifică (compresorul 1);

$H_{19}$  și  $h_{19}$  - respectiv comanda de pornire și oprire;

$H_{19}$  - prezența semnalului de pornire;

$\bar{h}_{19}$  - lipsa semnalului de la butonul de oprire;

$x_{17}$  și  $x_{18}$  - prezența semnalelor de la traductoarele 17 și 18;

$\bar{x}_{17}$  și  $\bar{x}_{18}$  - lipsa semnalelor de la traductoarele 17 și 18;

$\bar{h}_{19}$  - lipsa semnalului de la butonul de oprire;

$Pa_1$  și  $Pa_2$  - prezența semnalelor de avarie;

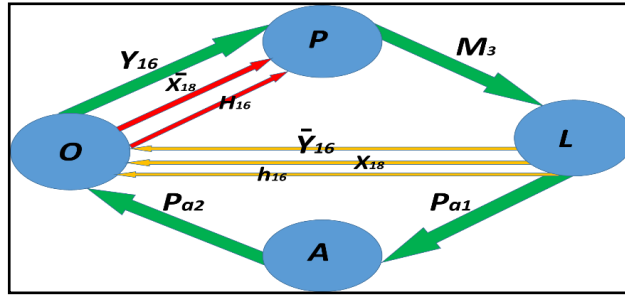
$\bar{Pa}_1$  și  $\bar{Pa}_2$  - lipsa semnalelor de avarie.

Algoritmul de funcționare a instalației frigorifice, elaborat în baza grafului automat prezentat în Fig. 3.9 are forma:

$$Y_{19} = (x_{17} \cdot x_{18} + H_{19}) \cdot \bar{h}_{19} \cdot \bar{Pa}_1 \cdot \bar{Pa}_2 \cdot M_{19} \quad (3.3)$$

Graful automat al pompei de apă  $M_3$  în regim de răcire a laptelui este prezentat în (Fig. 3.10).





**Fig. 3.10 Graful automat al pompei de apă  $M_3$  în regim de răcire a laptelui**  
unde:  $M_3$  – pompa de apă;

$H_3$  și  $h_3$  - respectiv, comanda de pornire și oprire;

$\bar{H}_3$  – lipsa semnalului de oprire;

$\bar{h}_3$  – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

$Y_{m16}$  – prezența semnalului de funcționare a pompei de lapte;

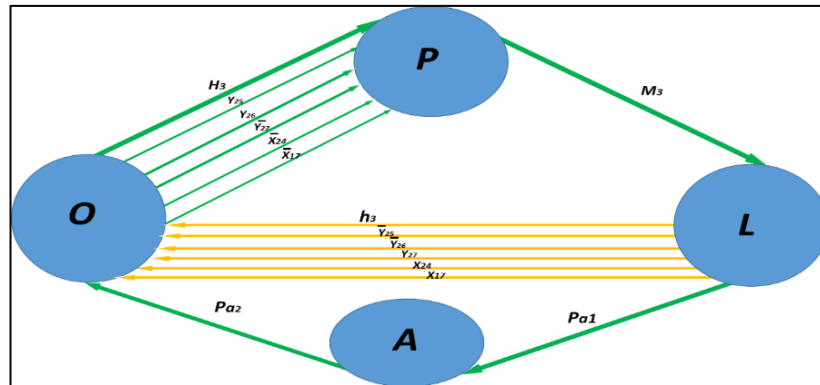
$Pa_1$  și  $Pa_2$  – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{Pa}_1$  și  $\bar{Pa}_2$  – lipsa semnalelor de avarie.

Algoritmul de funcționare a pompei de apă  $M_3$  elaborat în baza grafului automat prezentat în (Fig. 3.10) are forma:

$$Y_3 = (Y_{16} \cdot \bar{x}_8 + H_3) \cdot \bar{h}_3 \cdot \bar{Pa}_1 \cdot \bar{Pa}_2 \cdot M_3 \quad (3.4)$$

Graful automat al pompei de apă  $M_3$  în regim de încălzire a apei (în perioada caldă a anului) în rezervorul-schimbător de căldură 1 este prezentat în (Fig. 3.11).



**Fig. 3.11. Graful automat al pompei de apă  $M_3$  în regim de încălzire a apei**  
unde:  $M_3$  – pompa de apă;

$H_3$  și  $h_3$  - respectiv comanda de pornire și oprire;

$\bar{H}_3$  – lipsa semnalului de oprire;

$\bar{h}_3$  – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

$Y_{25}$  – prezența semnalului de la ventilul 25;

$Y_{26}$  – prezența semnalului de la ventilul 26;

$\bar{Y}_{27}$  – lipsa semnalului de la ventilul 27;

$\bar{x}_{24}$  – lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a apei din rezervor;

$\bar{x}_{17}$  – lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a aerului atmosferic;

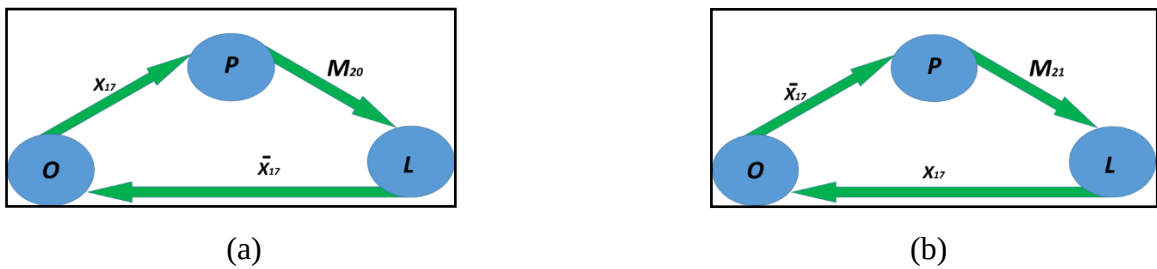
$Pa_1$  și  $Pa_2$  – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{Pa}_1$  și  $\bar{Pa}_2$  – lipsa semnalelor de avarie.

Algoritmul de funcționare a pompei de apă  $M_3$  în regimul de încălzire a apei, elaborat în baza grafului automat, este prezentat în (Fig. 3.11) și are forma:

$$Y_3 = (Y_{25} \cdot Y_{26} \cdot \bar{Y}_{27} \cdot \bar{x}_{24} \cdot \bar{x}_{17} + H_3) \cdot \bar{h}_3 \cdot \bar{Pa}_1 \cdot \bar{Pa}_2 \cdot M_3 \quad (3.5)$$

Grafurile automate ale ventilelor 20 și 21 sunt prezentate în (Fig. 3.12).



**Fig. 3.12. Grafurile automate ale ventilelor 20 (a) și 21(b)**

unde:

$M_{20}$  – ventilul 20

$M_{21}$  – ventilul 21

$x_{17}$  – prezența semnalului de la traductorul aerului atmosferic 17

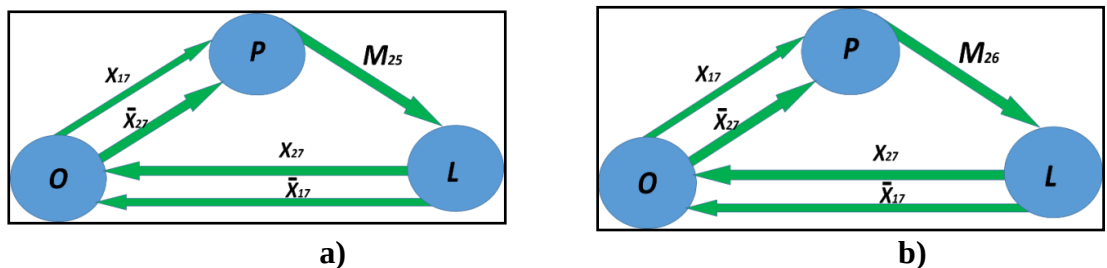
$\bar{x}_{27}$  – lipsa semnalului de la traductorul aerului atmosferic 17

Algoritmul de funcționare a ventilelor 20 și 21, elaborat în baza grafului automat, prezentat în (Fig. 3.12), are forma:

$$Y_{20} = x_{17} \cdot M_{20} \quad (3.6)$$

$$Y_{21} = \bar{x}_{17} \cdot M_{21} \quad (3.7)$$

Grafurile automate ale ventilelor 25 și 26 sunt prezentate în (Fig. 3.13).



**Fig. 3.13. Grafurile automate ale ventilelor 25 (a) și 26(b)**

unde:

$M_{25}$  - ventilul 25

$M_{26}$  - ventilul 26

$x_{17}$  - prezența semnalului de la traductorul aerului atmosferic 17

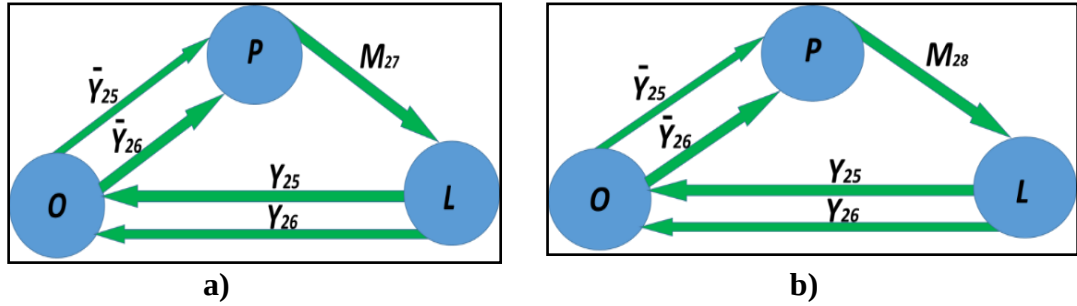
$\bar{x}_{27}$  - lipsa semnalului de la traductorul aerului atmosferic 17

Algoritmul de funcționare a ventilelor 25 și 26 elaborat în baza grafului automat, prezentat în Fig. 3.13., are forma:

$$Y_{25} = x_{17} \cdot \bar{x}_{27} \cdot M_{25} \quad (3.8)$$

$$Y_{26} = x_{17} \cdot \bar{x}_{27} \cdot M_{26} \quad (3.9)$$

Grafurile automate ale ventilelor 27 și 28 sunt prezentate în (Fig. 3.14).



**Fig. 3.14. Grafurile automate ale ventilelor 27(a) și 28(b)**

unde:

$M_{27}$  - ventilul 27

$\bar{Y}_{26}$  - lipsa semnalului de la ventilul 26

$M_{28}$  - ventilul 28

$\bar{Y}_{25}$  - lipsa semnalului de la ventilul 25

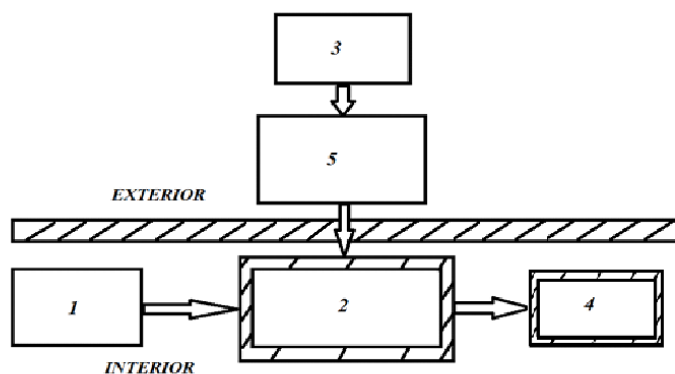
Algoritmul de funcționare a ventilelor 27 și 28 elaborat în baza grafului automat, prezentat în (Fig. 3.14) are forma:

$$Y_{27} = \bar{y}_{25} \cdot \bar{y}_{26} \cdot M_{27} \quad (3.10)$$

$$Y_{28} = \bar{y}_{25} \cdot \bar{y}_{26} \cdot M_{28} \quad (3.11)$$

### 3.3. Schema structurală și funcțională, grafurile automate și algoritmi de funcționare a instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv.

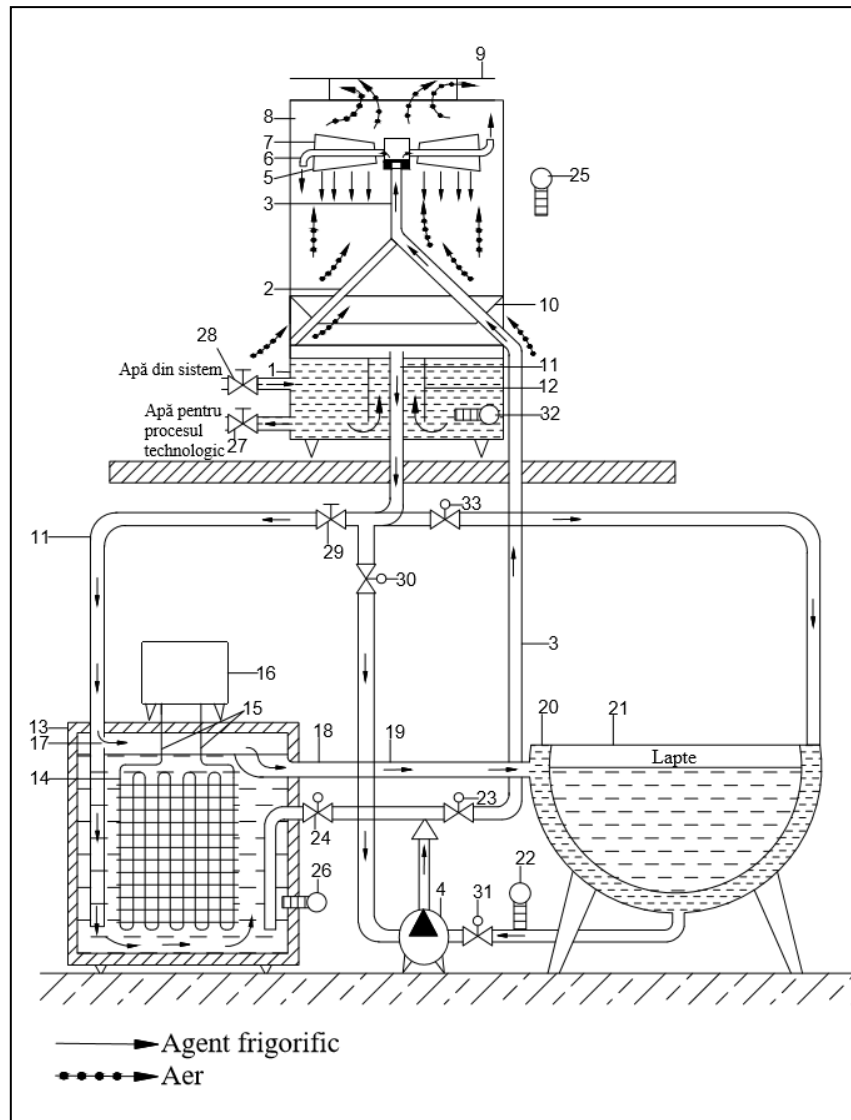
În Republica Moldova, cele mai eficiente sunt instalațiile cu frig natural și artificial (cu acțiune combinată). Schema funcțional-structurală a instalației cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui în răcitorul capacitiv este prezentată în (Fig. 3.15)



**Fig. 3.15 Schema structurală și funcțională a instalației frigorifice și a acumulatorului cu apă pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial**

1 – instalație frigorifică; 2 – acumulator cu frig cu izolare termică instalat în interiorul fermei; 3 – pulverizator; 4 – răcitor capacitiv pentru răcirea laptelui; 5 - acumulator cu frig instalat în exteriorul fermei.

Schema structural-funcțională a instalației frigorifice și a acumulatorului cu apă pentru răcirea laptelui este prezentată în figura 3.16. și nu se deosebește de schema funcțional-structurală prezentată în (Fig. 3.15). Astfel, în instalația la care ne referim, în loc de răcitorul în flux, se utilizează răcitorul capacitiv, în care are loc atât răcirea, cât și păstrarea laptelui.



**Fig. 3.16. Instalația frigorifică și acumulatorul cu frig pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial. [27].**

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

Instalația cu acțiune combinată pentru răcirea laptelui în răcitor capacitiv cu autoreglare naturală are o performanță înaltă [27].

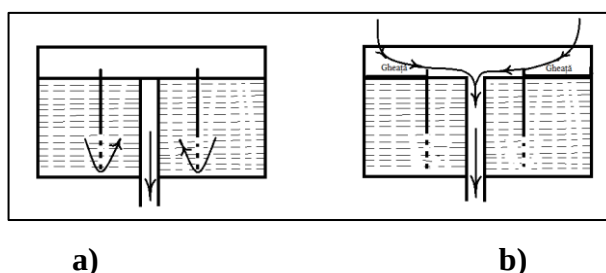
Instalația vizată include vasul de acumulare, executată în formă de rezervor inferior și superior de acumulare. Rezervorul superior de acumulare (1) este plasat în aer liber și pe acesta sunt întărite suporturile (2) și tubul (3), unite cu pompa 4, la capătul căreia este întărit suportul rotativ 5 cu tuburile de pulverizare 6 și plăcile aerodinamice 7, care se află în interiorul cilindrului 8 cu ecran plat 9, în partea de sus, și ecran conic 10, în partea de jos. În partea inferioară a rezervorului de stocare pe axă este plasat vertical tubul 11, a cărui tăiere orizontală este situată în partea superioară a rezervorului de stocare 1. Paralel cu tubul 11, este situat ecranul 12, partea inferioară a căruia formează un spațiu cu partea inferioară a rezervorului de acumulare 1. În rezervorul de stocare inferior este situat evaporatorul 14, legat prin conducte 15 cu mașina frigorifică reîncărcabilă 16. În tubul de neamestec în partea inferioară a rezervorului de acumulare este o gaură 17, sub care, în partea opusă a rezervorului inferior de acumulare, este instalată cavitatea de scurgere 18, unită prin tubul de scurgere 19 cu rezervorul-schimbător de căldură pentru lapte 21, care este unit prin conductă cu pompa 4. În rezervorul inferior de acumulare 13 și cavitatea de scurgere 18, sunt plasați traductorii de temperatură 22, uniți cu blocul de dirijare 23 și pompa de apă 4. Pe conducta de livrare de la pompă este situat robinetul 24.

Instalația funcționează în modul următor: în timpul rece al anului (agentul frigorific) se răcește sau îngheață sub acțiunea frigului natural. La răcirea laptelui din rezervorul-schimbător de căldură, apa din vasul 20 pătrunde, prin tubul de neamestec prin pompa 4, în tubul 3 și în continuare, în tuburile de pulverizare 6, care vin în mișcare rotativă de la jeturile reactive. Sunt puse în mișcare și plăcile aerodinamice 7, care formează un flux de aer, direcționat spre agentul frigorific pulverizat, care îl răcește intensiv.

Fluxul de aer rece răcește suplimentar apa care se află în rezervorul de acumulare 1. Apa răcită și pulverizată, curgând pe ecranul conic 10 și, nimerind în rezervorul superior de acumulare 1, se amestecă cu apa răcită, trece prin gaura dintre ecranul 12 și partea inferioară a rezervorului de acumulare 1 și, prin tubul de neamestec, ajunge în partea de jos a rezervorului inferior de acumulare 13. Dacă apa în rezervorul de acumulare superior 1 a înghețat, atunci apa, curgând pe suprafața gheții, răcindu-se și trecând peste marginea ecranului 12, ulterior, prin tubul de scurgere, pătrunde în partea de jos a rezervorului inferior de acumulare 13, (Fig. 3.17.). Dacă temperatura agentului frigorific (a apei) scade mai jos de temperatura necesară ( $2..3^{\circ}\text{C}$ ), atunci punctul de comandă 23 include instalația frigorifică reîncărcabilă 16. Evaporatorul 14, unit prin conducte 15 cu instalația frigorifică reîncărcabilă 16, începe să răcească agentul frigorific, care, curgând peste

marginile cavității de scurgere 18, prin tubul de scurgere 19 pătrunde în rezervorul-schimbător de căldură 21 și răcește laptele.

Dacă agentul frigorific din rezervorul de acumulare inferior 13 îngheață, atunci agentul frigorific, prin gaura 17, curge pe suprafața masivului de gheață și prin tubul de scurgere 19 circulă mai departe după ciclul descris mai sus. În timpul cald al anului, când răcirea agentului frigorific pulverizat în rezervorul de acumulare superior 1 poate deveni neefectivă, fluxul de agent frigorific de la pompa 4 prin robinetul 24 nimereste în partea de jos a rezervorului inferior de acumulare 13 și în continuare răcirea laptelui are loc după procedura descrisă mai sus.



**Fig. 3.17 Direcționarea apei în acumulatorul – 1, când temperatura aerului atmosferic este  $t > 0^{\circ}\text{C}$  (a) și  $t \leq 0^{\circ}\text{C}$  (b)**

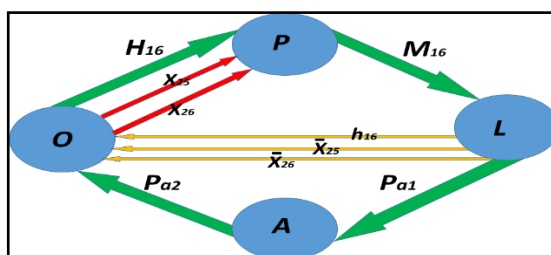
Parametrii de control ai procesului de răcire a laptelui în răcitorul capacitiv cu utilizarea frigului natural și artificial sunt:

- temperatura apei în acumulatorul cu apă instalat în exteriorul fermei;
- temperatura apei în acumulatorul cu frig, izolat termic, instalat în interiorul fermei
- temperatura aerului atmosferic;
- temperatura laptelui răcit.

Aceste temperaturi sunt fixate de traductoarele de temperatură 22, 25, 26 și 32, (Fig. 3.16).

În continuare, elaborăm grafurile automate și algoritmi de funcționare a instalației frigorifice și acumulatorului cu apă pentru răcirea laptelui în răcitorul capacitiv, cu utilizarea frigului natural și artificial.

Graful automat al instalației frigorifice  $M_{16}$ , în regim de răcire a laptelui, este prezentat în (Fig. 3.18).



**Fig. 3.18. Graful automat al instalației frigorifice  $M_{16}$**

unde: O; P; L; A - stările de lucru ale instalației frigorifice  $M_{16}$  , respectiv oprire, pornire, lucru și avarie;

$M_{16}$  – instalația frigorifică (compresorul 1);

$H_{16}$  și  $h_{16}$  – respectiv comanda de pornire și oprire;

$\bar{h}_{16}$  – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

$x_{25}$  și  $x_{26}$  – prezența semnalelor de la traductoarele 25 și 26;

$\bar{x}_{25}$  și  $\bar{x}_{26}$  – lipsa semnalelor de la traductoarele 25 și 26;

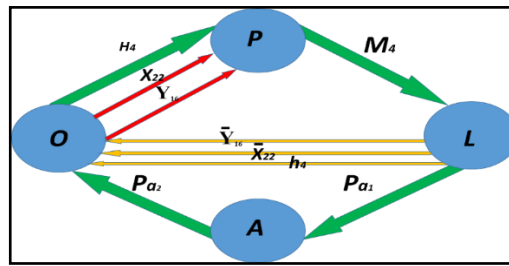
$Pa_1$  și  $Pa_2$  – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{Pa}_1$  și  $\bar{Pa}_2$  – lipsa semnalelor de avarie;

Algoritmul de funcționare a instalației frigorifice elaborat în baza grafului automat prezentat în Fig. 3.18 are forma:

$$Y_{16} = (x_{25} \cdot x_{26} + H_{16}) \cdot \bar{h}_{16} \cdot \bar{Pa}_1 \cdot \bar{Pa}_2 \cdot M_{16} \quad (3.12)$$

Graful automat al pompei de apă în regim de răcire a laptelui este prezentat în Fig. 3.19



**Fig. 3.19 Graful automat al pompei de apă  $M_4$**

unde:  $M_4$  – pompa de apă;

$H_4$  și  $h_4$  – respectiv comanda de pornire și oprire;

$\bar{h}_4$  – lipsa semnalului de la butonul de oprire;

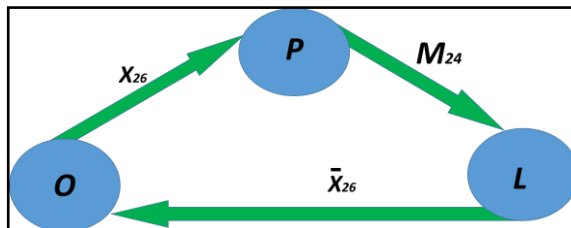
$Pa_1$  și  $Pa_2$  – prezența semnalelor de avarie;

$\bar{Pa}_1$  și  $\bar{Pa}_2$  – lipsa semnalelor de avarie.

Algoritmul de funcționare a pompei de apă  $M_4$ , elaborat în baza grafului automat prezentat în Fig. 3.19, are forma:

$$Y_4 = (Y_{16} \cdot x_{22} + H_4) \cdot \bar{h}_4 \cdot \bar{Pa}_1 \cdot \bar{Pa}_2 \cdot M_4 \quad (3.13)$$

Graful automat al ventilului 24 în regim de răcire a laptelui este prezentat în Fig. 3.20



**Fig. 3.20 Graful automat al ventilului 24**



unde:

$V_{24}$  - ventilul 24;

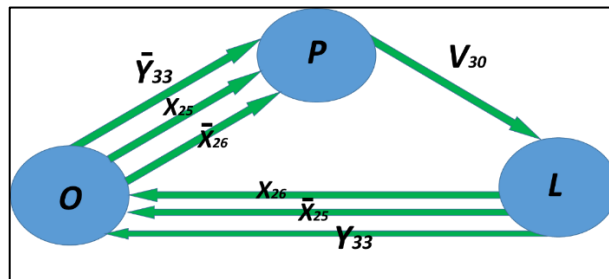
$x_{26}$  - prezența semnalului de la traductorul de temperatură a apei 26;

$\bar{x}_{26}$  - lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a apei 26.

Algoritmul de funcționare al ventilului 24, elaborat în baza grafului automat, prezentat în Fig. 3.20, are forma:

$$Y_{24} = x_{26} \cdot V_{24} \quad (3.14)$$

Graful automat al ventilului 30 în regim de răcire a laptelui este prezentat în Fig. 3.21



**Fig. 3.21 Graful automat al ventilului 30**

unde:

$V_{30}$  - ventilul 30;

$x_{26}$  - prezența semnalului de la traductorul de temperatură a apei 26;

$\bar{x}_{26}$  - lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a apei 26;

$x_{25}$  - prezența semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25;

$\bar{x}_{25}$  - lipsa semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25;

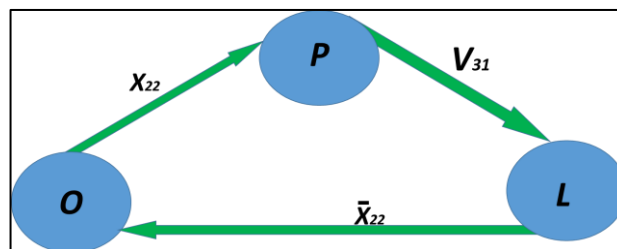
$Y_{33}$  - prezența semnalului de la ventilul 33;

$\bar{Y}_{33}$  - lipsa semnalului de la ventilul 33.

Algoritmul de funcționare al ventilului 30 elaborat în baza grafului automat, prezentat în Fig. 3.21, are forma:

$$Y_{30} = \bar{Y}_{33} \cdot x_{25} \cdot \bar{x}_{26} \cdot V_{30} \quad (3.15)$$

Graful automat al ventilului 31 în regim de răcire a laptelui este prezentat în Fig. 3.22



**Fig. 3.22 Graful automat al ventilului 31**

unde:

$V_{31}$  – ventilul 31;

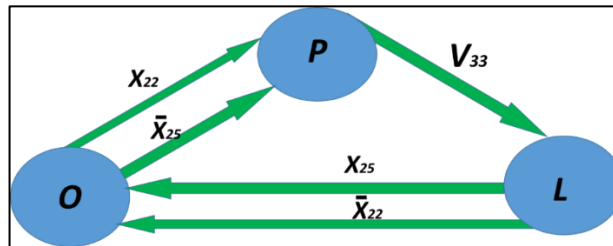
$x_{22}$  – prezența semnalului de la traductorul de temperatură a apei 22;

$\bar{x}_{22}$  - lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a apei 22.

Algoritmul de funcționare al ventilului 31 elaborat în baza grafului automat, prezentat în Fig. 3.22, are forma:

$$Y_{31} = x_{25} \cdot V_{31} \quad (3.16)$$

Graful automat al ventilului 31 în regim de răcire a laptelui este prezentat în Fig. 3.23



**Fig. 3.23 Graful automat al ventilului 33**

unde:

$V_{33}$  – ventilul 33;

$x_{22}$  – prezența semnalului de la traductorul de temperatură a apei 22;

$\bar{x}_{22}$  - lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a apei 22;

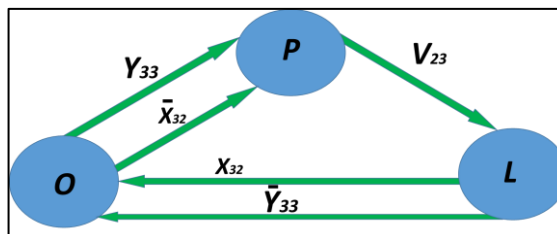
$x_{25}$  – prezența semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25,

$\bar{x}_{25}$  - lipsa semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25.

Algoritmul de funcționare al ventilului 31 elaborat în baza grafului automat, prezentat în Fig. 3.23, are forma:

$$Y_{33} = x_{22} \cdot \bar{x}_{25} \cdot V_{33} \quad (3.17)$$

Graful automat al ventilului 23 în regim de răcire a laptelui este prezentat în Fig. 3.24



**Fig. 3.24 Graful automat al ventilului 23 în regim de răcire a laptelui**

unde:

$V_{23}$  – ventilul 23;

$x_{32}$  – prezența semnalului de la traductorul de temperatură a apei 32;

$\bar{x}_{32}$  - lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a apei 32;

$x_{25}$  – prezența semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25;

$\bar{x}_{25}$  - lipsa semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25;

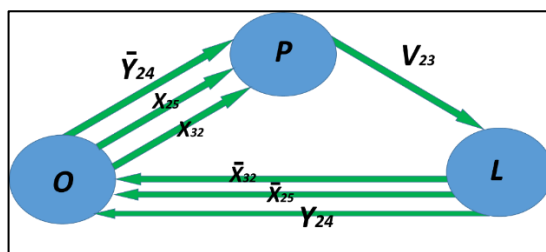
$Y_{33}$  - prezența semnalului de la ventilul 33;

$\bar{Y}_{33}$  - lipsa semnalului de la ventilul 33.

Algoritmul de funcționare al ventilului 23 elaborat în baza grafului automat, prezentat în Fig. 3.24, are forma:

$$Y_{23} = \bar{x}_{32} \cdot Y_{33} \cdot V_{23} \quad (3.18)$$

Graful automat al ventilului 23 în regim de încălzire a apei în rezervorul 1 este prezentat în Fig. 3.25



**Fig. 3.25 Graful automat al ventilului 23 în regim de încălzire a apei în rezervorul 1** unde:

$V_{23}$  – ventilul 23;

$x_{32}$  – prezența semnalului de la traductorul de temperatură a apei 32;

$\bar{x}_{32}$  - lipsa semnalului de la traductorul de temperatură a apei 32;

$x_{25}$  – prezența semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25;

$\bar{x}_{25}$  - lipsa semnalului de la traductorul aerului atmosferic 25;

$Y_{24}$  - prezența semnalului de la ventilul 24;

$\bar{Y}_{24}$  - lipsa semnalului de la ventilul 24.

Algoritmul de funcționare al ventilului 23 elaborat în baza grafului automat, prezentat în Fig. 3.25, are forma:

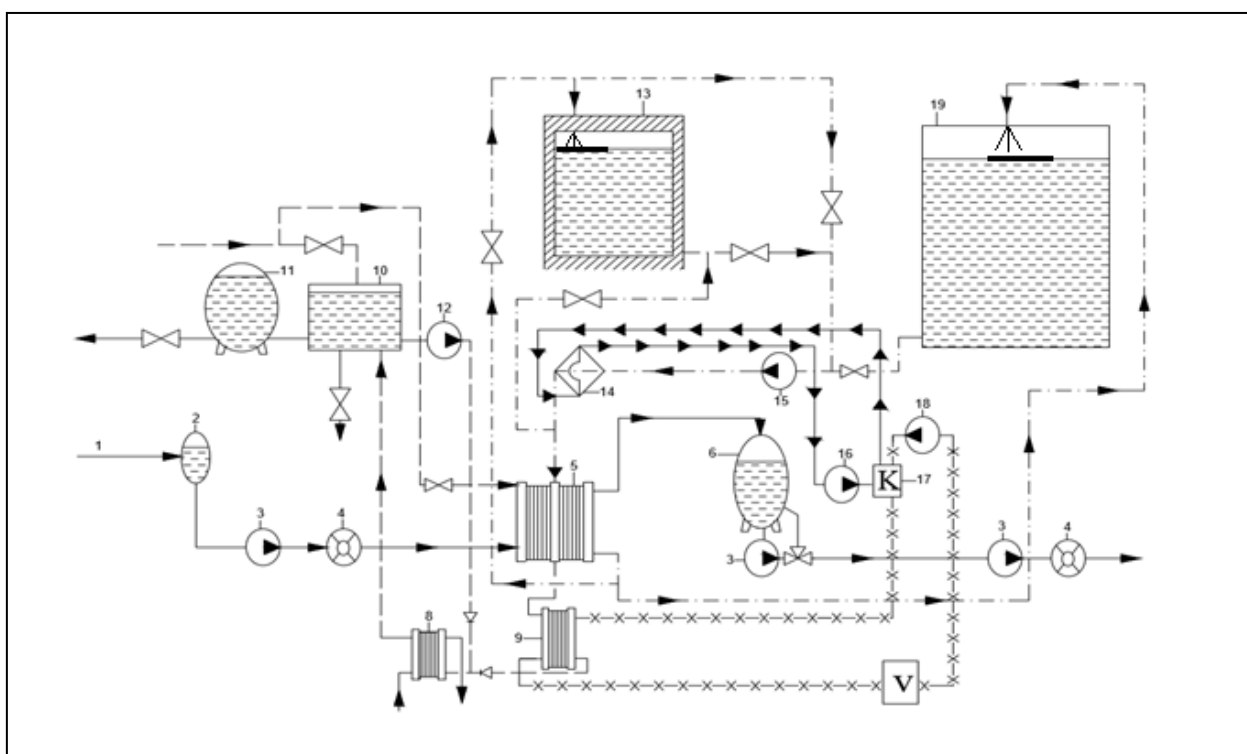
$$Y_{23} = x_{25} \cdot \bar{Y}_{24} \cdot x_{32} \cdot V_{23} \quad (3.19)$$

Instalația frigorifică și acumulatorul cu frig pentru răcirea laptelui în răcitorul capacitiv, Fig. 3.16 cât și în răcitorul în flux, Fig.3.8 cu utilizarea frigului natural și artificial asigură atât

răcirea laptelui până la 6°C, cât și încălzirea apei în acumulator în perioada caldă a anului până la 25 -30°C (fără pulverizarea apei) și până la 30 -35°C cu pulverizarea apei.

### 3.4. Liniile tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică utilizate la prelucrarea primară a laptelui

În Figura. 3.26. este prezentată structura liniei tehnologice de prelucrare primară a laptelui cu consum redus de energie electrică, care include direcționarea laptelui și evidența acestuia, acumularea frigului natural și artificial, pulverizarea agentului frigorific etc [97, 98].



**Figura 3.26. Structura liniei tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică utilizate la prelucrarea primară a laptelui.**

1 – conducta de lapte, 2 – colectorul de lapte-separator de aer, 3 – pompa de lapte, 4 – contor de lapte, 5 – răcitor în flux, 6 – rezervor- termos, 7 – rezervor pentru răcirea condensatorului instalației frigorifice (IF), 8, 9 – schimbătorii de căldură de treapta I și a II-a, 10 – rezervorul de apă caldă cu reglatorul flotor, 11- boiler, 12 – pompa de apă, 13 – acumulator cu frig natural și artificial (AFNA), 14 – evaporator IF, 15 – pompa agentului frigorific, 16 – compresor IF, 17 - condensator IF, 18 – pompa sistemului de răcire a condensatorului IF, 19 – acumulator secțional cu frig natural (AFN). □□ → lapte, agent frigorific de la AFN, agent frigorific de la instalația frigorifică AFNA, -x-x-x-x-x – apa reciclată a sistemului de răcire a condensatorului , agentul frigorific.

În linia tehnologică respectivă a fost folosită, drept exemplu, instalația frigorifică AB-30.

Puterea stabilită a instalației frigorifice reîncărcabile Ni pentru acumulatorul cu apă/gheață cu frig natural și artificial cu volumul de  $V_{af} = 1\text{ m}^3$  nu depășește 18 kW, (Fig. 3.26)

Totodată, temperatura agentului frigorific la reîncărcare nu depășește  $2...3^{\circ}\text{C}$ . În procesul de acumulare a frigului în formă de gheață, puterea de stocare a acumulatorului cu frig natural și artificial poate fi majorată până la 100 kW.

La formarea sistemelor cu consum redus de energie în sistemele existente tipice sunt incluse o generație nouă de instalații pentru răcirea laptelui cu aplicarea aerului și a apei naturale, acumulatori cu frig natural și artificial de diferite construcții, care utilizează energia termică din laptele livrat și apa prelucrată. În baza acestor mijloace tehnice, se utilizează linii tehnologice cu consum redus de energie electrică, care asigură obținerea unei producții de lapte de calitate înaltă. Varianta liniei tehnologice automatizate cu consum redus de energie electrică care poate fi recomandată pentru utilizare de majoritatea fermelor de bovine din Republica Moldova este prezentată în ( Fig. 3.26.).

Procesul de prelucrare a laptelui are loc în felul următor: laptele, după evidența (zootehnică) individuală, nimereste, prin conducta de lapte 1, în separatorul de aer 2, de unde este direcționat de pompa 3 prin contorul de lapte 4 în răcitorul în flux al laptelui 5, unde se răcește și, fiind direcționat spre păstrare în rezervorul termos 6. Apoi, este direcționat de pompa 3 în cisterna pentru lapte a autovehiculului.

Răcirea laptelui are loc în două trepte. În prima secție a răcitorului 5, în calitate de agent frigorific este utilizată apa din sistemul de alimentare cu apă a fermei, care se încălzește și ajungând în schimbătorul de căldură 9, inclus în conturul apei reciclate, ce circulă prin condensatorul instalației frigorifice. În acest schimbător de căldură, apa se încălzește suplimentar sub acțiunea căldurii condensării eliminate de condensatorul instalației frigorifice și este direcționată în rezervorul izolat termic 10, apoi în sistemele de adăpare a animalelor și în încălzitorul electric 11 pentru încălzirea suplimentară a apei până la  $60\div 70^{\circ}\text{C}$ . Din acest rezervor apa este direcționată și, respectiv, folosită atât pentru spălarea conductei de lapte și a ugerului, cât și pentru alte necesități interne. Cu ajutorul pompei 12, apa caldă din rezervorul 10 circulă prin schimbătorul de căldură 9 în timpul scurgerii apei fierbinți și a soluțiilor după spălarea conductelor de lapte. Totodată are loc încălzirea suplimentară a apei care este direcționată pentru necesitățile tehnice.

În cea de-a doua secție a răcitorului, are loc răcirea profundă a laptelui cu ajutorul apei răcite în acumulatorul cu frig natural AFN 19 sau în acumulatorul cu frig artificial 13, în funcție de perioada anului.

În perioada rece a anului, instalația frigorifică este deconectată. Apa rece din sistemul de alimentare cu apa a fermei este direcționată în prima secție a răcitorului 5. Din prima secție, laptele trece în a doua secție, unde, cu ajutorul pompei 15, apa rece este utilizată din AFN 19, plasat în aer liber, acesta din urmă fiind conectat prin sistemul de conducte cu secția a doua a răcitorului 5, cu acumulatorul cu frig natural și artificial 13 cu evaporatorul 14 al instalației frigorifice. Apa încălzită din prima secție a răcitorului 5, prin schimbătorul de căldură 8 și 9, este direcționată în rezervorul 10.

În perioada caldă a anului, laptele se răcește cu frig artificial obținut de la instalația frigorifică. Instalația frigorifică funcționează în pauzele dintre mulsori și acumulează frig artificial în acumulatorul cu frig natural și artificial 13. Acumulatorul respectiv este izolat termic și în interiorul acestuia în partea de sus este instalată o placă orizontală, care asigură procesul de răcire fără amestecul apei calde cu a celei reci. La fel ca în prima variantă, apa rece este direcționată în prima secție a răcitorului 5. Laptele, după răcirea prealabilă, este direcționat în secția a doua, unde este răcit cu ajutorul apei reci, care circulă prin acumulatorul cu frig natural și artificial 13 și evaporatorul 14 din instalația frigorifică. În regim de răcire a laptelui, apa din sistem se încălzește în prima secție a răcitorului 5, iar în regim de acumulare a frigului artificial în schimbătorul de căldură 8, cu apa care circulă prin condensatorul 17 al instalației frigorifice cu utilizarea pompei 18 a sistemului de răcire a condensatorului. În continuare, distribuirea apei încălzite are loc la fel ca în prima variantă.

În perioada de tranziție a anului, la fel ca și în perioadele reci și calde a anului, apa rece din sistemul de alimentare cu apă al fermei se direcționează în prima secție a răcitorului 5. În cea de-a doua secție, apa este direcționată cu pompa 15 din acumulatorul cu frig natural 19 sau din acumulatorul cu frig natural și artificial 13, în funcție de temperatura aerului atmosferic. Acumulatorul cu frig natural și artificial 13 servește, totodată, și drept stocator de frig natural.

Reducerea consumului de energie electrică are loc prin regenerarea energiei termice din lapte, prin reducerea consumului de energie electrică la deconectarea instalației frigorifice din ciclul de răcire și de folosire a ei în calitate de acumulator cu frig între mulsori. Cu mijloacele tehnice de economisire a energiei pot funcționa atât schimbătorii de căldură de tip flux, cât și de tip rezervor.

La ferme, pentru necesitățile tehnologice, se utilizează apa cu patru nivele de temperatură:

1. 13...17°C – pentru adăparea animalelor;
2. 40...45°C – pentru spălarea ugerului înainte de muls;
3. 60...70°C – pentru spălarea conductei de lapte și utilajului tehnologic;

#### 4. 0...4°C – pentru răcirea laptelui.

Apa cu temperatura specificată în nivelurile întâi și doi poate fi obținută cu ajutorul încălzitoarelor electrice sau a instalațiilor de răcire și încălzire de tipul THU. Respectiv, liniile de prelucrare a laptelui, care funcționează folosind tehnologii cu consum redus de energie, se împart în următoarele grupe:

- a. linii tehnologice cu aplicarea instalațiilor de răcire și încălzire cu regenerarea căldurii;
- b. linii tehnologice cu acumulatoare cu frig natural și artificial;
- c. linii tehnologice cu aplicarea instalațiilor de răcire și încălzire THU și a acumulatorilor cu frig natural și artificial.

Utilizarea instalațiilor de răcire și încălzire este profitabilă economic în liniile care asigură un nivel și un coeficient înalt de utilizare a instalațiilor frigorifice care regenerează căldură.

Un avantaj al liniilor tehnologice din această grupă este faptul că acestea pot încălzi apa până la temperatura nivelului doi și trei. Însă tipic pentru aceste linii este faptul că, pentru ridicarea fiabilității lor, precum și în cazul în care nu dispun de un volum suficient de energie regenerată, se dotează cu încălzitoare de apă. Totodată, acestea au și o capacitate mare estimată a instalației frigorifice, comparativ cu linia tehnologică din grupa b.

În Republica Moldova, mai eficiente sunt liniile tehnologice din grupa b., datorită simplității în exploatare, precum și fiabilității lor înalte.

Eficacitatea acestei grupe de linii tehnologice utilizate în procesul de răcire a laptelui este în legătură directă cu următoarele proprietăți tehnice ale acestora:

- răcirea prealabilă a laptelui se produce odată cu încălzirea simultană a apei pentru adăparea bovinelor;
- pentru răcirea laptelui până la temperatura de 4...6°C, se folosesc acumulatoare cu frig natural și artificial (în funcție de perioada anului), care permit reducerea puterii electrice a instalației frigorifice cu cca 1,6 – 1,7 ori (ca exemplu poate servi ferma didactice a UASM).
- pentru răcirea condensatorului instalației frigorifice, se utilizează apa, care este direcționată din sistemul de alimentare cu apă a fermei. Apa încălzită astfel se folosește pentru necesitățile tehnologice ale fermei. Acest proces asigură încălzirea suplimentară a apei până la temperatura primului nivel.

Aplicarea soluțiilor tehnice enumerate în liniile tehnologice din grupa a doua are următoarele avantaje:

- ✓ datorită răcirii prealabile a laptelui până la 17..18°C și utilizării cu frigului natural și artificial se reduce productivitatea de frig și puterea echipamentului electric al instalațiilor frigorifice.

- ✓ aplicarea frigului natural pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului permite deconectarea instalației frigorifice, fapt care conduce la reducerea esențială a consumului de energie electrică.
- ✓ energia termică regenerată din lapte se folosește la încălzirea apei până la 13...17°C, care, ulterior, se utilizează pentru unele necesități tehnologice ale fermei.
- ✓ fiabilitatea procesului de răcire a laptelui în liniile de grupa a doua este mai mare decât a celui din liniile de prima grupă.

Sporirea fiabilității sistemelor de răcire, care utilizează frigul natural și decentralizarea acestora, contribuie la răcirea laptelui îndată după mulsoare, fapt ce sporește calitatea acestuia și contribuie la păstrarea caracteristicilor și particularităților calitative ale laptelui.

Cercetările efectuate la Complexul Didactico-Experimental al UASM au demonstrat că situația ecologică și balanța energetică a fermei pot fi ameliorate esențial în baza energiei termice a laptelui și utilizării frigului natural pentru răcirea acestuia.

O parte anumită a acestei energiei termice a laptelui și utilizării frigului natural pentru răcirea acestuia poate fi regenerată, ameliorându-se, astfel, balanța energetică a fermei. O rezervă esențială de economisire a resurselor energetice și de reducere a capacității echipamentului electric este utilizarea energiei termice cu potențial scăzut al laptelui, al apei reciclate, precum și utilizarea instalațiilor de răcire a laptelui care folosesc frigul natural din aerul atmosferic și din apă.

### **3.5 Evaluarea indicilor de exploatare și tehnologici ai instalațiilor cu frig natural și artificial**

- La ferma didactică a UASM s-a determinat experimental consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui cu folosirea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului, care constituie cca 0,5 kWh/t ( Tabelul 3.1)

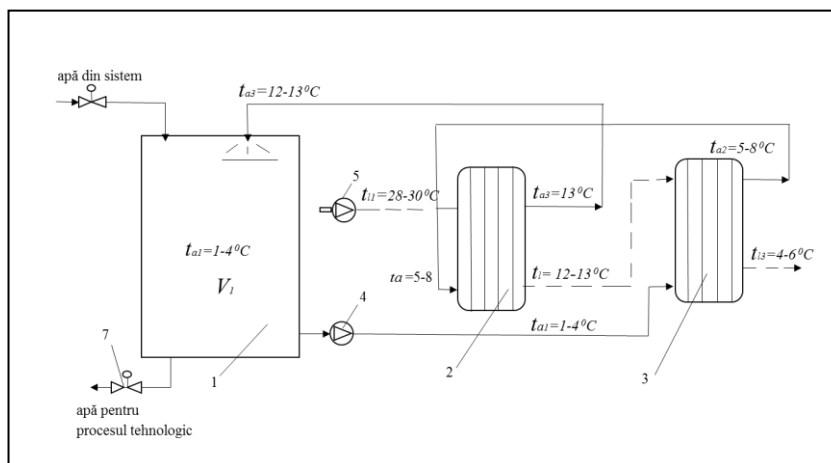
**Tabelul 3.2 Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului (  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$  )**

| Data     | Cantitatea de lapte muls zilnic, t | Consumul zilnic de energie electrică, kWh | Consumul specific de energie electrică, kWh/t |
|----------|------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 01.05.20 | 0,6                                | 0,25                                      | 0,42                                          |
| 02.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |
| 03.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |
| 04.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |
| 05.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |

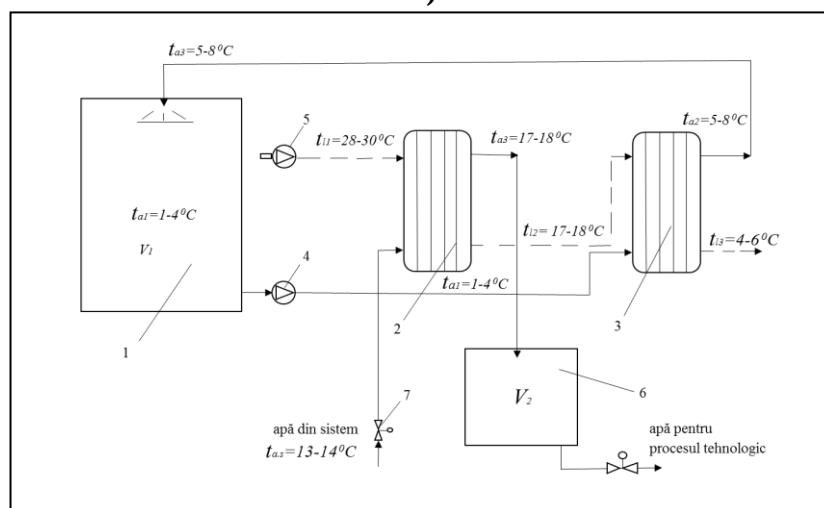
- S-au analizat 2 scheme de răcire a laptelui de la acumulator cu frig:
  - răcirea laptelui de la acumulator cu frig prin 2 secții de schimbătoare de căldură în flux, cum este prezentat în (Fig. 3.27 a).



- răcirea laptelui la prima etapă cu apă din sistem, utilizând 1a secție a schimbătorului de căldură în flux, și răcirea laptelui la etapa a doua, utilizând acumulator cu frig (Fig. 3.27 b).



a)



b)

**Fig. 3.27. Scheme de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural**

**a). Răcirea laptelui de la acumulatorul cu frig.**

**b) Răcirea laptelui cu utilizarea apei din sistem și de la acumulatorul cu frig.**

1 – acumulatorul cu frig, 2 – prima secție a schimbătorului de căldură în flux, 3 – secția a doua a schimbătorului de căldură în flux, 4 – pompa de apă, 5 – pompa de lapte, 6 – rezervorul de apă pentru procesul tehnologic, 7 – ventilele electrice.

$V_1$  – volumul acumulatorului cu frig,  $m^3$ ;

$V_2$  – volumul rezervorului de apă pentru procesul tehnologic,  $m^3$ ;

$t_{11}$  – temperatura inițială a laptelui  $^{\circ}C$ ;

$t_{12}$  – temperatura laptelui la ieșire din schimbătorul de căldură 2,  $^{\circ}C$ ;

$t_{13}$  – temperatura laptelui la ieșire din schimbătorul de căldură 3,  $^{\circ}C$ ;

$t_{a1}$  – temperatura apei la ieșire din acumulatorul cu frig 1, °C;

$t_{a2}$  – temperatura apei la ieșire din schimbătorul de căldură 3, °C;

$t_{a3}$  – temperatura apei la intrare în acumulatorul cu frig 1, °C.

Având în vedere că:

$$V_1 \Delta t_1 = V_2 \Delta t_2; \quad (3.20)$$

unde:

$$\Delta t_1 = (13 - 1)^\circ\text{C} = 12^\circ\text{C} \quad (3.21)$$

$$\Delta t_2 = (8 - 1)^\circ\text{C} = 7^\circ\text{C} \quad (3.22)$$

atunci:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{7}{12} = 0,58 \quad (3.23)$$

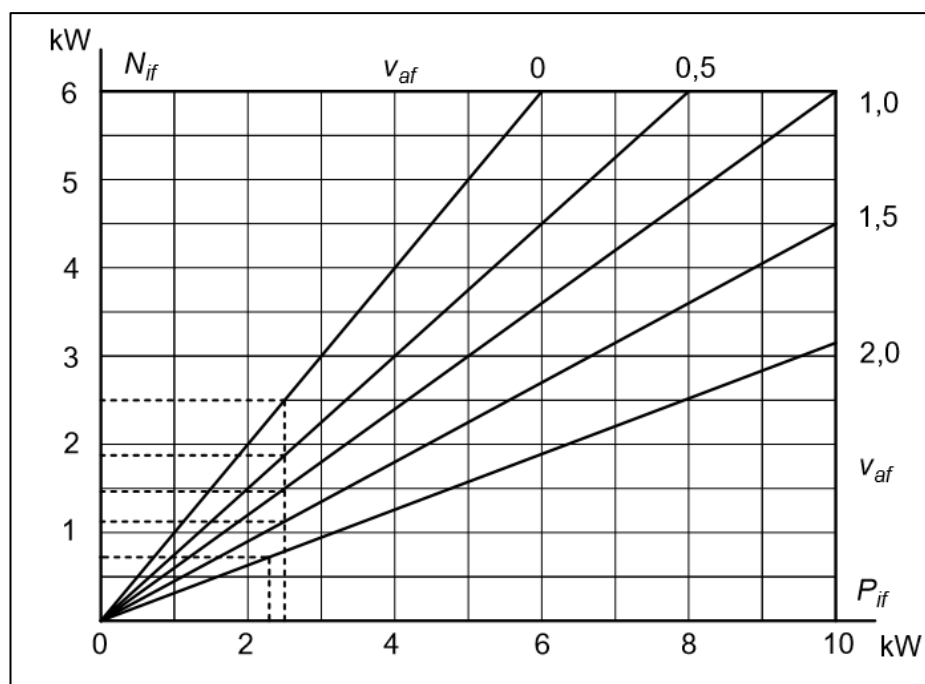
sau

$$V_1 = 0,58 \cdot V_2 \quad (3.24)$$

Deci, răcirea laptelui de la acumulatorul cu frig, (Fig.3.27 a), permite de a reduce volumul acumulatorului cu frig cu 42 %, în comparație cu utilizarea apei din sistem și de la acumulatorul cu frig.

În continuare, s-a analizat posibilitatea de a reduce puterea electrică a instalației frigorifice la ferma didactică a UASM, utilizând acumulatorul cu frig cu volumul  $V_{af} = 1 \text{ m}^3$  și cu rezervorul răcitor NEREHTA – 1000 l cu puterea electrică de 2,5 kW, (Fig. 3.28), obținem o reducere a puterii electrice cu 60%.

Conform nomogramei, puterea instalației frigorifice  $N_{if}$  se reduce până la 1,5 kW La variația volumului acumulatorului cu frig de la 0 până la 2,0 m<sup>3</sup> puterea instalației frigorifice  $N_{if}$  se reduce de la 2,5 kW până la 0,8 kW (Fig. 3.28).



**Fig. 3.28. Nomograma de determinare a puterii electrice  $N_{if}$  a instalației frigorifice pentru răcirea laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial la ferma didactică UASM**

$P_{if}$  – puterea instalației frigorifice cu utilizarea frigului artificial, kW

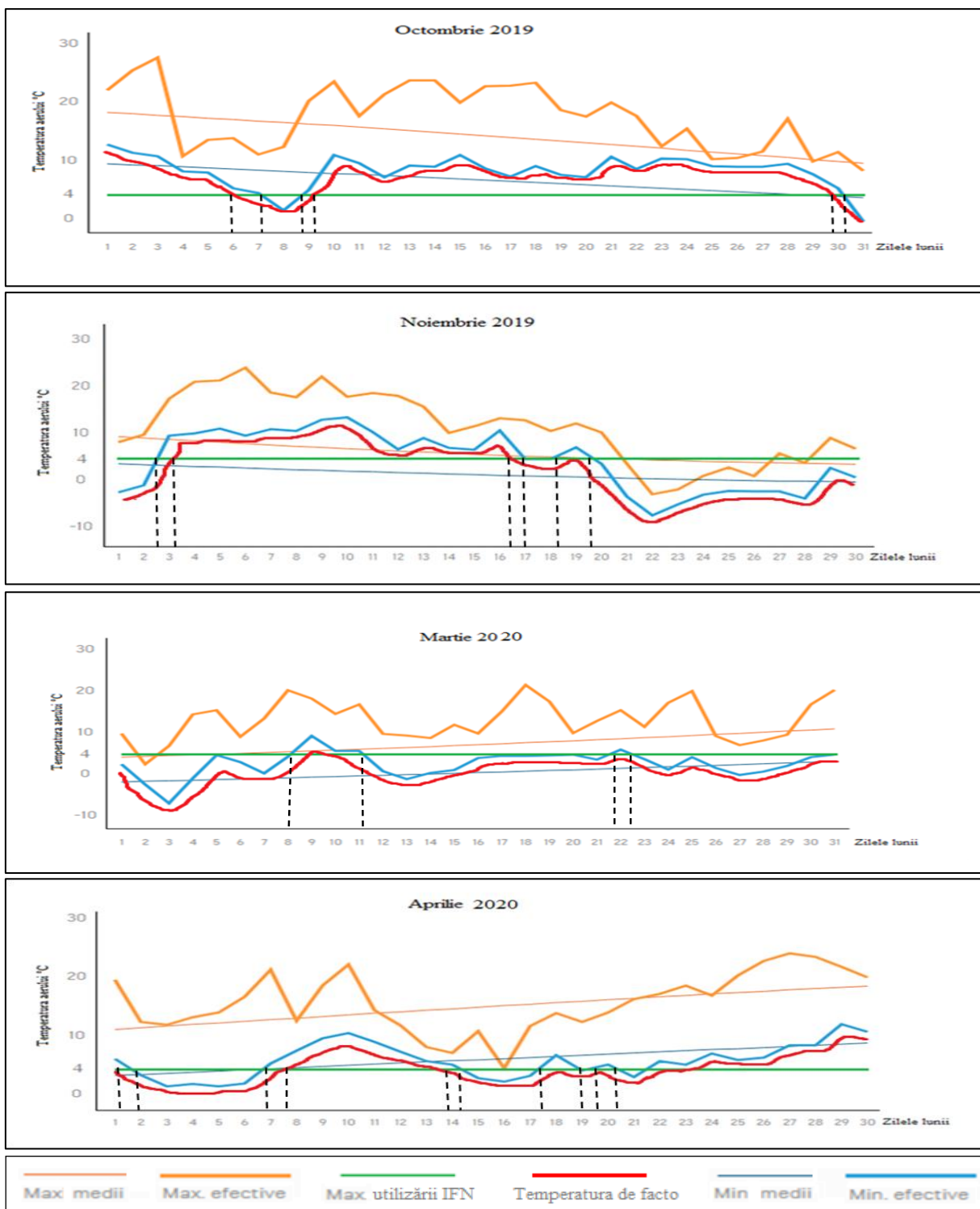
$V_{af}$  - volumul acumulatorului cu frig,  $m^3$

În perioada rece a anului, utilizarea acumulatorului de apă pentru răcirea laptelui, permite de a reduce consumul specific de energie electrică de 37,5 ori față de utilizarea doar a instalației frigorifice. Totodată în perioada caldă a anului, utilizarea combinată a acumulatorului cu frig și a instalației frigorifice permite de a reduce consumul specific de energie electrică de 1,9 ori față de utilizarea doar a instalației frigorifice.

- În continuare, s-a determinat temperatura aerului atmosferic la locul instalării acumulatorului cu frig la ferma didactică a UASM pentru lunile de toamnă (octombrie, noiembrie) și lunile de primăvară (martie, aprilie), comparându-le cu datele oficiale ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat (Fig 3.29.).

Pentru anii 2019-2020 s-a stabilit că temperaturile aerului atmosferic la locul instalării acumulatorului cu frig sunt cu 1- 2 °C mai mici decât temperaturile aerului atmosferic înregistrate la Serviciul Meteorologic de Stat (Fig. 3.29).

Această diferență de temperaturi ale aerului atmosferic, relativ mică, contribuie esențial la mărirea duratei de utilizare a acumulatorului cu frig în perioada toamnă/primăvară. (Fig. 3.29) Durata de utilizare a acumulatorului cu frig se mărește, toamna – cu 5 zile, și primăvara – cu 9 zile, în total cu 14 zile. Acest rezultat este confirmat și în baza graficelor privind repartizarea temperaturii aerului atmosferic pe ore, prezentate în (Fig. 3.29).



**Fig. 3.29 Repartizarea temperaturii aerului atmosferic pentru centru RM**

Avantajele instalației sezoniere pentru răcirea laptelui sunt:

- simplitatea construcției, ceea ce oferă posibilitatea fabricării instalației cu forțele proprii a gospodăriei;
- posibilitatea deconectării în perioada rece a anului a instalației frigorifice la răcirea laptelui, ceea ce contribuie esențial la reducerea consumului de energie electrică.

### **3.6. Contribuții la elaborarea modelelor matematice ale liniilor tehnologice automatizate de prelucrare primară a laptelui.**

Liniile tehnologice de prelucrare primară a laptelui sunt sisteme complicate/complex, compuse din subsisteme (lanțuri) separate, care participă în procesul tehnologic, interacționează și includ mașini și agregate cu câteva organe de lucru și, datorită acestui fapt, pot fi examinate ca obiecte de dirijare aparte.

Sub aspect structural, liniile tehnologice sunt compuse din obiectul de dirijare, care include un ansamblu de echipamente tehnologice pentru prelucrarea și transportarea produsului (mașini și agregate) și sisteme de echipament electric (SEE), care includ un ansamblu de mijloace tehnice de verificare și dirijare a parametrilor tehnologici. Sistemul de echipament electric constă din instalații complete de tensiune joasă (ICTJ) de dirijare a unor subsisteme aparte, setul de traductori și traductoare.

Structura fiecărei linii tehnologice se determină prin numărul de segmente și modurile de conectare a acestora. În funcție de tipul de SEE utilizat, liniile tehnologice pot fi automate sau automatizate, ierarhic, cu unul sau mai multe niveluri. Din acest motiv, utilizarea impune unele exigențe sporite: coordonarea fluxurilor materiale de alimentare și consum, menținerea regimurilor tehnologice stabilite în cazul tulburărilor/erorilor accidentale, precum și schimbarea acestor regimuri conform unei legi predeterminate sau aleatorii.

Sistemul de dirijare, influențând direct asupra calității producției (laptelui), asupra indicilor tehnico-economici și de siguranță, necesită o evidență nu numai a factorilor energetici, dar și altor factori tehnico-economici, cum ar fi factorii: de exploatare, organizatorici de lucru ai liniei, necesitând, astfel, o abordare sistemică la elaborare, care constă în faptul că, pentru evaluarea oricărei soluții, este necesar de a stabili toate relațiile esențiale și gradul de influență a acestora asupra funcționării sistemului în întregime [24]. De aceea, scopul cercetărilor în perspectivă a liniilor tehnologice ca obiect de dirijare este identificarea și prelucrarea informației necesare pentru elaborarea SEE și fundamentarea parametrilor acesteia.

Obiectul de dirijare în fiecare subsistem al liniei tehnologice de prelucrare a laptelui este utilajul de muls – conductă – fluxul de lapte – rezervorul de acumulare și reglare. Linia tehnologică este un sistem neliniar, staționar, dinamic cu parametri distribuiți, care se caracterizează prin variații mari ale proprietăților tehnologice. De aceea, sarcinile de bază ale cercetării liniilor tehnologice ca obiect de dirijare sunt: studierea parametrilor tehnologici și energetici ai sistemului, a caracteristicilor dinamice și statice ale segmentelor, a efectelor perturbante și de dirijare, a reacției așteptate a sistemului la aceste efecte, a ansamblului de parametri de control și reglare, a

situațiilor de avarie, a regimurilor de timp și a condițiilor de funcționare a utilajului și amplasării acestuia, a consumului de timp pentru dirijare și deservire și a calității producției obținute, influențate de diferiți factori și parametri tehnologici ai sistemului.

Toți parametrii, care influențează funcționarea sistemului, se împart în două grupe: Prima grupă include parametrii care se schimbă în timpul procesului tehnologic și a căror deviere provoacă schimbarea efectelor de dirijare (această grupă de factori determină, în mod special, regimurile de funcționare ale echipamentului și lista parametrilor de verificare și reglare).

Cea de-a doua grupă cuprinde parametrii, care nu se supun schimbării în procesul de dirijare (la această grupă de parametri se referă condițiile de funcționare a echipamentului).

O grupă aparte de parametri o constituie proprietățile ecologice ale liniei, acțiunea lor asupra laptelui și ecosistemului în întregime. În cazul utilizării instalației cu frig natural pentru răcirea laptelui în perioada rece a anului, nu este necesară folosirea diverselor tipuri de freoni. Astfel, linia tehnologică este pur ecologică. La Complexul Didactico-Experimental al Universității Agrare de Stat din Moldova, care se află în centrul RM, s-a constatat că, în perioada rece a anului, instalația ecologică cu frig natural poate fi utilizată timp de 149 zile adică circa 5 luni de zile.

Parametrii care caracterizează sistemul respectiv pot fi divizați în conformitate cu:

- gradul de dirijare (controlați sau reglementați);
- destinația funcțională (parametrii care caracterizează particularitățile importante ale sistemului: productivitatea, nivelul de automatizare, proprietățile energetice, siguranța, proprietățile dinamice și statice, calitatea producției);
- modul de descriere (determinată sau aleatorie);
- durata de acțiune (discretă sau continuă);
- influența asupra calității sistemului (care majorează sau care reduce fluxul);
- tipul de dependență, care reunește caracteristicile sistemului cu segmentele – aditive, multiplicative, logice.

Interacțiunea parametrilor sistemului și a segmentelor acestuia se descrie prin următoarele dependențe[27]:

$$\begin{cases} L_a = \sum_{j=1}^m L_{ja} \\ L_m = \prod_{j=1}^m L_{jm} \\ L_l = f(L_{jl}) \end{cases} \quad (3.25)$$

unde  $L_a$ ,  $L_m$ ,  $L_l$  – parametrii aditivi, multiplicativi și, respectiv, logici ai liniei tehnologice;  $L_{ja}$ ,  $L_{jm}$ ,  $L_{jl}$  – parametrii respectivi; ai segmentelor –j.

Dacă parametrii sunt valori aleatorii, atunci ei pot fi stabiliți prin legile de distribuție sau momentele valorilor aleatorii. În acest caz, parametrii sistemului, ca funcții ale valorilor aleatorii,

de asemenea, vor fi aleatorii. Drept exemplu servește legea de distribuire a temperaturii aerului atmosferic în centrul Republicii Moldova, prezentată în Fig. 2.7. Aceste cercetări reflectă, în special, diferența metodologică generală a abordării moderne a calculelor ingineresti, care este examinată în lucrările profesorului R.M. Slavin, și anume, în locul parametrilor clasici, numerici determinați ai procesului (valoarea medie, minimală și maximală a parametrului), se utilizează caracteristicile numerice probabilistice, densitatea probabilităților și legea distribuției variabilei aleatorii.

Următoarea etapă a cercetărilor liniilor tehnologice cu consum redus de energie electrică ca obiecte de dirijare pentru determinarea și analiza parametrilor liniei de prelucrare a laptelui în perspectivă, este elaborarea modelelor matematice, care reflectă interacțiunea tuturor factorilor, ce influențează semnificativ asupra selectării și fundamentării parametrilor de bază ai sistemului de dirijare a procesului tehnologic. În calitate de model tehnologic, în cazul dat, va fi complexul de relații, care reflectă, în formă matematică, influența parametrilor unor subsisteme aparte asupra particularităților de funcționare a liniei tehnologice, care a fost realizată la CDE al Universității Agrare de Stat din Moldova.

Ansamblul funcțional complet de modele matematice include toată informația necesară pentru selectarea și fundamentarea parametrilor de control și a sintezei sistemului de echipament electric al liniei. Acesta include următoarele modele:

- modelul funcțional [27, 30];
- modelul fluxurilor energetice [67];
- modelul consumului timpului de lucru pentru dirijarea procesului de prelucrare [28];
- modelul regimurilor duratei de funcționare a echipamentului electric [28];
- modelul influenței regimurilor de funcționare a echipamentului electric asupra indicilor calității laptelui (evaluarea calității producției) [34];
- modelul situațiilor de avarie [34, 35].

*Modelul funcțional* include dependențe calitative și cantitative, precum și informația despre variantele principale de executare a segmentelor liniilor tehnologice și caracterul legăturilor funcționale dintre acestea. De acest model țin setul de parametri de control și de reglare, algoritmi de funcționare a sistemului de dirijare și a unor subsisteme aparte, precum și dependențele care descriu caracteristicile (cinematice, mecanice și de inerție) segmentelor și parametrii tehnologici care influențează asupra acestora.

*Modelul fluxurilor materiale* este unul cantitativ. Acesta include informații despre caracteristicile statice și dinamice ale fluxurilor și descrie interacțiunea parametrilor fluxurilor materiale și rezervoarelor de acumulare și reglare.

*Modelul fluxurilor energetice* include informația despre valoarea și caracterul energiei și despre consumul ei de către diferite segmente ale liniei automatizate [47, 52].

*Modelul aprecierii duratei de lucru* pentru dirijarea procesului de prelucrare include dependențe, care leagă consumul de timp al operatorului la dirijarea și deservirea liniei în întregime cu caracteristicile analogice ale unor subsisteme și segmente separate.

*Modelul de timp* include dependențe, care descriu regimurile de timp ale funcționării liniei și unor subsisteme (segmente) aparte în relația dintre acestea.

*Modelul de evaluare a calității producției* include formulele care reflectă dependența calității produsului de parametrii și regimul de funcționare al segmentelor liniei tehnologice.

Elaborarea și sistematizarea algoritmilor de dirijare a instalațiilor electrice ale liniilor tehnologice cu consum redus de energie electrică de prelucrare primară a laptelui este prezentată în [27];.

În perspectivă, modelele indicate, și anume - modelul funcțional, modelul fluxurilor materiale, modelul fluxurilor energetice, modelul consumului timpului de lucru, sunt utile și necesare la realizarea studiului privind utilizarea frigului natural și artificial pentru păstrarea fructelor și legumelor.

Acest studiu este la etapa inițială și îl efectuăm în cadrul Departamentului II al Facultății Inginerie Agrară și Transport Auto a UASM împreună cu V. Sclipenchi [23, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 48, 49, 50, 51, 53, 79, 80].

### **Concluzii la capitolul 3**

1. S-au elaborat schema structural - funcțională, grafurile automate și algoritmii de funcționare a receptorului-acumulator cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui cu consum redus de energie electrică. Cele mai principale avantaje a acumuloarelor cu apă utilizate în comun cu instalațiile frigorifice tradiționale sunt:
  - consumul redus de energie electrică;
  - asigurarea fiabilității de funcționare înaltă a sistemelor de răcire ca rezultat al rezervei de frig acumulate în instalația cu frig natural;
  - întreținerea și reparația simplă;
  - posibilitatea folosirii tarifului nocturn la energia electrică, care este mai redus cu 40 %;
  - îmbunătățirea situației ecologice în baza reducerii volumului de freoni și uleiuri freonice, dat fiind faptul că, în perioada rece a anului instalația cu frig natural nu este necesar utilizarea freonului ca agent frigorific.
2. S-a stabilit, că:



- consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui la utilizarea instalației propuse constituie 0,5 kW h/t în perioada rece a anului, față de 15...25 kW h/t la utilizarea instalațiilor frigorifice tipice;
- utilizarea acumulatorului cu apă și în perioada caldă a anului (pentru  $t > 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) la răcirea apei în acumulator de la instalația frigorifică reduce puterea electrică a instalației frigorifice cu cca 1,6....1,7 ori;
- prin răcirea apei în acumulator în afara orelor de vârf a consumului de energie electrică, conform ANRE, se reduce tariful pentru consumul de energie electrică cu 40 %;
- pulverizarea apei în instalația cu frig natural permite de a prelungi durata de utilizare a instalației de la 16 până la 59 zile pe an (pentru zona centru a Republicii Moldova).

3. Modelul matematic elaborat al acumulatorului cu frig natural și artificial permite de a argumenta parametrii constructivi și tehnologici ai instalației, precum și durata de utilizare a acesteia în perioada rece a anului.

4. Automatizarea instalațiilor cu frig natural și artificial în baza elaborării grafurilor automate și formalizării algoritmilor de funcționare a instalațiilor menționate asigură răcirea laptelui până la temperatura de păstrare 4....6  $^{\circ}\text{C}$ , atât în răcitoarele în flux, cât și în răcitoarele capacitive.

5. Liniile de prelucrare primară a laptelui, care funcționează folosind tehnologii cu consum redus de energie, se subdivizează în următoarele trei grupe:

- a) linii tehnologice cu aplicarea instalațiilor de răcire și încălzire cu regenerarea căldurii;
- b) linii tehnologice cu acumuloare cu frig natural și artificial;
- c) linii tehnologice cu folosirea instalațiilor de răcire și încălzire și a acumuloarelor cu frig natural și artificial.

În Republica Moldova, mai eficiente sunt liniile tehnologice din grupa a doua, datorită simplității lor structurale și de exploatare, precum și fiabilității înalte. Eficacitatea acestei grupe de linii tehnologice rezidă în următoarele proprietăți tehnice a acestora:

- răcirea prealabilă a laptelui concomitent cu încălzirea apei pentru adăparea bovinelor;
- pentru răcirea laptelui până la temperatura de 4...6 $^{\circ}\text{C}$  se utilizează acumuloare cu frig natural și artificial (în funcție de perioada anului), care permit reducerea capacității instalației frigorifice cu 1,6 – 1,7 ori (constatare care are la bază experimentele efectuate la ferma didactică a UASM).
- pentru răcirea condensatorului instalației frigorifice se utilizează apa, care este direcționată din sistemul de alimentare a fermei și care, după încălzire, se folosește pentru necesitățile tehnologice ale fermei. Aceasta asigură încălzirea suplimentară a apei până la temperatura de 15...17  $^{\circ}\text{C}$ .

6. În urma experimentelor efectuate, s-a demonstrat că răcirea laptelui de la acumuloare cu frig prin două secții de schimbătoare de căldură în flux, reduce volumul acumulatorului cu frig

cu 42 %, în comparație cu utilizarea apei din sistem și de la acumulatorul cu frig. Puterea electrică a instalației frigorifice la ferma didactică a UASM la utilizarea acumulatorului cu frig cu volumul  $V_{af} = 1 \text{ m}^3$  și cu rezervorul răcitor NEREHTA – 1000 l cu puterea electrică de 2,5 kW se reduce cu cca 60%.

7. Odată cu variația volumului acumulatorului cu frig de la 0 până la 2,0 m<sup>3</sup>, puterea instalației frigorifice  $N_{if}$  se reduce de la 2,5 kW până la 0.8 kW.
8. În perioada rece a anului, utilizarea acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui, condiționează reducerea consumului specific de energie electrică de cca 37,5 ori față de utilizarea doar a instalației frigorifice. Totodată, în perioada caldă a anului, utilizarea combinată a acumulatorului cu frig și a instalației frigorifice creează posibilități pentru a reduce consumul specific de energie electrică de cca 1,9 ori față de utilizarea doar a instalației frigorifice.
9. Pentru anii 2019 –2020, s-a stabilit că temperaturile aerului atmosferic la locul instalării acumulatorului cu frig sunt cu 1 – 2 °C mai mici decât temperaturile aerului atmosferic înregistrate la SHS. Această diferență de temperaturi a aerului atmosferic, relativ mică, contribuie esențial la mărirea duratei de utilizare a acumulatorului cu frig în perioada toamnă/primăvară. Conform datelor prezentate durata de utilizare a acumulatorului cu frig se mărește, toamna – cu 5 zile, și primăvara – cu 9 zile, în total – cu 14 zile. Acest rezultat este confirmat și prin graficele privind repartizarea temperaturii aerului atmosferic pe ore.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Principalele avantaje ale utilizării instalației cu frig natural în perioada rece a anului și în comun cu instalația frigorifică în perioada caldă a anului sunt:

- economisirea energiei electrice și a apei;
- reducerea volumului de freoni și de uleiuri freonice folosite;
- asigurarea unei fiabilități de funcționare mai înalte;
- posibilitatea folosirii tarifului diferențiat la energia electrică, care conform ANRE

se reduce cu 40%.

2. S-a stabilit, că:

- consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui la utilizarea instalației propuse constituie în perioada rece a anului 0,5 kW h/t, față de 15...25 kW h/t la utilizarea instalațiilor frigorifice tipice;

- răcirea apei în instalația cu frig natural (pentru temperatura aerului atmosferic ( $t > 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) de la instalația frigorifică permite de a reduce puterea electrică a instalației frigorifice de cca 1,6....1,7 ori;

- asigurarea procesului de neamestec a apei în instalația cu frig natural permite de a prelungi durata de utilizare a instalației în perioada rece a anului, de la 16 până la 59 zile pe an pentru centru RM.

3. S-a constatat, că:

- la răcirea laptelui de la 30°C până la 6°C este necesară o secție a instalației cu frig natural la temperaturile aerului atmosferic  $t \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , două secții pentru  $0 < t \leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , și patru secții pentru  $2 < t \leq 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- la răcirea laptelui de la 17°C până la 6°C este necesară o secție a instalației cu frig natural la temperaturile aerului atmosferic  $t \leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  și două secții, pentru  $2 < t \leq 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- pentru ferma didactică a UASM (cu 30 vaci mulgătoare) parametri optimali ai acumulatorului cu frig sunt:  $h_{opt} = 0,7\text{m}$  și  $S_{opt} = 0,9\text{m}^2$ .

4. Modelul matematic elaborat al acumulatorului cu frig natural și artificial permite de a argumenta parametrii constructivi - tehnologici a instalației, precum și durata de utilizare a acestora în perioada rece a anului în baza analizei datelor meteorologice sistematice ale centrului meteorologic al mun. Chișinău (perioada 2015 – 2019) și argumentării legii distribuției temperaturii aerului exterior și aproximația acesteia.

5. Parametrii de control al procesului de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial sunt: temperatura laptelui la intrare și ieșire din răcitoare, temperatura apei în instalația cu frig natural și artificial, temperatura aerului atmosferic.

Automatizarea instalațiilor cu frig natural și artificial în baza selectării parametrilor de control, elaborării grafurilor automate și formalizării algoritmilor de funcționare a instalațiilor menționate, permite de a asigura răcirea laptelui la temperatura de păstrare 4...6 °C, atât în răcitoare în flux, cât și în răcitoare capacitive.

6. Tehnologia de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural dispune de rezerve mari privind reducerea consumului specific de energie electrică. După cum au demonstrat calculele, dacă parametrii instalației sunt ajustați la volumul de lapte, supus răcirii, atunci poate fi obținută o reducere a consumului specific de energie electrică de 1,4 – 1,48 ori, comparativ cu tehnologiile tradiționale. Pentru reducerea consumului specific de energie electrică este necesară ajustarea instalațiilor tip prin conectarea unor instalații cu o capacitate mai mică precum și corectarea parametrilor acumulatorului cu frig natural și artificial.

7. Pentru reducerea consumului de energie electrică (cca 7,5 kW h/t) este necesară reglementarea duratei de răcire a apei din acumulatorul cu frig în funcție de producția zilnică de lapte, în special pentru fermele mici, gospodăriile țărănești și punctele de colectare a laptelui cu o productivitate anuală de lapte până la circa 300 t. S-a stabilit că pentru o productivitate anuală de lapte de 400-500 t, durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig practic nu influențează reducerea consumului specific de energie electrică pentru răcirea laptelui, care constituie cca 0,6-0,8 kW h/t.

8. Pentru ferma de bovine a UASM cu o productivitate medie anuală de lapte de 175 t. economia de energie electrică va constitui 14 kW h/t la o durată de răcire a apei din acumulatorul cu frig de 6 ore și 18,5 kW h/t la o durată de răcire a apei de 8 ore. Puterea electrică a instalației frigorifice la ferma didactică a UASM la utilizarea acumulatorul cu frig cu volumul  $V_{af} = 1 \text{ m}^3$  și cu rezervorul răcitor NEREHTA – 1000 l cu puterea electrică de 2,5 kW, se reduce cu cca 60% și constituie până la 1,5 kW. La variația volumului acumulatorului cu frig de la 0 până la 2,0 m<sup>3</sup> puterea instalației frigorifice  $N_{if}$  se reduce de la 2,5 kW până la 0.8 kW.

9. În perioada rece a anului, utilizarea acumulatorului cu frig pentru răcirea laptelui, permite de a reduce consumul specific de energie electrică de 37,5 ori față de utilizarea doar a instalației frigorifice. Totodată în perioada caldă a anului, utilizarea combinată a acumulatorului cu frig și a instalației frigorifice permite de a reduce consumul specific de energie electrică de 1,9 ori.

Pentru anii 2019/2020 s-a stabilit că temperatura aerului atmosferic la locul instalării acumulatorului cu frig este cu 1- 2° C mai mică decât temperatura aerului atmosferic înregistrate la stația meteorologică din mun. Chișinău. Această diferență de temperaturi a aerului atmosferic,

relativ mică, contribuie esențial la mărirea duratei de utilizare a acumulatorului cu frig în perioada toamnă /primăvară respectiv cu 5 și 9 zile.

10. Sa constatat, că:

- riscul pierderii profitului este comensurabil cu cheltuielile de exploatare echipamentului frigorific și poate alcătui de la 11% până la 44% din cheltuielile pentru exploatare la productivitatea medie anuală de lapte între 6000 kg - 7000 kg.

- evidența riscului de pierderi a profitului schimbă distribuirea locurilor de preferință.

- volumul productivității anuale de lapte influențează distribuirea locurilor preferențiale.

- în toate condițiile examinate nu avem nici o variantă unde cea mai mică valoare a cheltuielilor de exploatare a echipamentului frigorific să corespundă cu cea mai mică valoare de risc a pierderilor de profit.

**Pentru implementarea tehnologiei utilizării frigului natural și artificial sunt propuse următoarele recomandări:**

1. Instalațiile cu frig natural și artificial pot fi utilizate în diferite sectoare a complexului agroindustrial cum ar fi sectorul zootehnic, păstrarea legumelor, fructelor precum și crearea sistemelor baroclimaterice cu o atmosferă artificială a spațiului gazos.

2. De propus Agenției de Intervenție și Plăți pentru Agricultură de a promova realizarea instalațiilor de frig natural prin subvenționarea producătorilor agricoli care sunt gata să implementeze în procesului tehnologic sistemul de răcire a laptelui

3. Modelul matematic elaborat de recomandat specialiștilor în domeniu pentru optimizarea parametrilor constructivi tehnologici a acumulatorilor cu apă în comun cu instalațiile frigorifice.

4. În cadrul sectorului zootehnic autohton se propune de a promova rezultatele științifice obținute în realizarea tehnologiei de răcire a laptelui cu utilizarea frigului natural și artificial prin intermediul aplicațiilor, întrunirilor de specialiști de profil și conferințe de diseminare a rezultatelor științifice.

5. De a introduce în planul de studiu a Universității Agrare de Stat din Moldova abordarea teoretică a cercetărilor efectuate în cursurile de prelegeri „Surse regenerabile de energie în sectorul agrar” și „Proiectarea sistemelor de electrificare în sectorul agrar” respectiv pentru studenții anului 3 și 4, precum și în cursul de prelegeri „Automatizarea proceselor tehnologice în agricultură” pentru studenții ciclului II (masterat) la specialitatea „Electrotehnologii în mediu rural” a facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto.

## BIBLIOGRAFIE

### *În română:*

1. Anatolie Daicu, Elena Scripnic, Augustin Volconovici, et al. Elaborarea instalației frigorifice automatizate cu consum redus de energie electrică pentru răcirea laptelui Știința agricolă. Chisinau : UASM, 2020. No 1 (2020) DOI: 10.5281/zenodo.3947164 CZU: 637.133.1 p. 107-114.
2. B.I. Nr.1129, “*Instalație pentru răcirea laptelui*”. MD-B.O.P.I. 12/1998. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1998.
3. B.I. Nr.1214, “*Instalație pentru formarea gheții*”. MD-B.O.P.I. 4/1999. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1999.
4. Crețu, V., Volconovici, L. Răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial. Chișinău: Editura Tehnica Info, 2009. ISBN: 978-9975-63-278-2.
5. Cușnir M., Ucevatchin A., Daicu A. et al. Analiza complexă a proceselor tehnologice automatizate de răcire a laptelui, eficiente din punct de vedere energetic. În: *Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară și Transport Auto, Materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova, Chișinău 2018 p, 374-382, CZU 637.13.02 CZU 082:378.663(478-25)=135.1=161.1, U 56*
6. Cușnir M., Volconovici A., Slipenchi V., Daicu A., Ucevatchin A., Volconovici O., Malai C., Popa A. Metoda de elaborare a sistemului unificat de echipament electric al liniilor tehnologice de prelucrare a laptelui cu consum redus de energie electrică. *Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară Și Transport Auto, materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto”, 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău : UASM, 2018. 51.*
7. Cușnir M., Volconovici L., Volconovici A., Ucevatchin A., Cușnir N., Slipenchi V., Daicu A., Volconovici O., Popa A. Analiza complexă a proceselor tehnologice automatizate derăcirea a laptelui, eficiente din punct de vedere energetic. *LUCRĂRI Științifice volumul 51, Inginerie agrară și transport auto, materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto”, 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău : UASM, 2018. 51.*
8. Cușnir, M, Volconovici, L., et al. B.I. Nr.1030, “*Instalație pentru formarea gheții*”. MD-B.O.P.I. 9/1998. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1998.

9. Cușnir, M., Volconovici, L., et al. B.I. Nr.927 “Acumulator de frig”. M.D.-B.O.P.I. 2/1998. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1998.
10. Cușnir, M., Volconovici, L., et al. B.I. Nr.1060, “Instalație pentru formarea gheții”. MD-B.O.P.I. 2/1999. s.l. : Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală, 1999.
11. Daicu, A., Slipenchi, V., Volconovici, O. et al. Contribuții la elaborarea mijloacelor tehnice de automatizare a proceselor de conservare a alimentelor cu utilizarea frigului natural În: Știința agricolă, nr. 2 (2019). p. 95-102, DOI: 10.5281/zenodo.3625515 CZU: 664.84/.85.037.1: 004
12. Volconovici, L. , Cernei, M., Cernev, A. Cercetarea și elaborarea instalației sezoniere cu frig natural pentru răcirea laptelui anul întreg. Tezele conferinței din 5-8 septembrie la Universitatea Tehnică, București, 1998. București : s.n., 1998.
13. Volconovici, L., Cernei, M., Cușnir, M., Cercetarea și elaborarea instalației sezoniere cu frig natural pentru răcirea laptelui. Tezele conferinței din 5-8 septembrie la Universitatea Tehnică, București, 1998. București : s.n., 1998.
14. Volconovici, L., Cușnir, M., Volconovici, A., Slipeniki, V., Daicu, A., Volconovici, O., Chiriac, I., Popa, A. Metode de imitare pentru determinarea eficienței sistemelor biotehnice. Conferința Internațională ENERGETICA MOLDOVEI-2016 Aspecte regionale de dezvoltare Ediția III. . Chișinău, Republica Moldova : ASM, 29 septembrie-01 octombrie 2016. 3.
15. Volconovici, L., Cușnir, M., Volconovici, A., Slipenki, V., Daicu, A., Volconovici, O., Arion, S., Rusu, N. Efectele tehnologice și economice în sistemele de creștere a animalelor. Conferința Internațională ENERGETICA MOLDOVEI-2016 Aspecte regionale de dezvoltare Ediția III. Chișinău, Republica Moldova : ASM, 29 septembrie-01 octombrie 2016. 3.

**În rusă:**

16. Азоршубел И. Естественное охлаждение сезонным аккумулятором холода. В: Научный журнал КубГАУ. 2016. N121 (07). ISSN 1990-4665. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/estestvennoe-ohlazhdenie-sezonnym-akkumulyatorom-holoda>
17. Алейников, Е., Бадинтер, Е., Гончар, А., Иойшер, А., Побединский, В. Модернизированный прибор EXITEST-3 для технологического контроля доильного оборудования и процесса доения. Труды XIV Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. Углич. 2008.
18. Антроповский, Н. М., Скоркин, В. К., Морозов Н. М. Установка для охлаждения молока естественным холодом. патент РФ № 2243652. 2006.

19. Бородин, И. Ф. Основные направления сбережения электрической энергии в сельском хозяйстве. Энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 2-ой Международной научно-технической конференции. Москва : ГНУ ВИЭСХ, 2000. pp. 15-18.
20. Босин, И.Н. Охлаждение молока на комплексах и фермах. Москва : Колос, 1993.
21. Бруздаева, С.Н., Гудкова, Т.Ю. Энергосберегающая комбинированная установка для охлаждения молока с использованием вторичных источников энергии. В: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VIII Международной научно-практической конференции. 7-8 февраля 2017 г. - Ульяновск. 2017, ч. 1., с. 54-57. ISBN 978-5-9909322-3-4. // doc3.7
22. Ведищев С.М., Милованов А.В. Технологии и механизация первичной обработки и переработки молока. Учеб. пособие. Тамбов : Тамб. гос. техн. ун-та Издательство ТГТУ, 2005.
23. Волконович А., Слипенки В., Дайку А., et al. Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară și Transport Auto, Materialele Simpozionului Științific International „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova Chișinău 2018, p.382-386, CZU 637.13.02, CZU 082:378.663(478-25)=135.1=161.1 U 56
24. Волконович Л. Ф., Стёпка О.Г., Дайку А. С., et al. Математическая модель и производственные испытания установок сезонного действия для охлаждения молока. În: Știința agricolă, nr. 1 (2016) p.126-134 УДК 637.117 ISSN 1857-0003
25. Волконович Л., Волконович А., Дайку А. et al. Имитационные методы определения эффективности биотехнических систем În: International conference “energy of Moldova – 2016. Regional aspects of development” 29 September -1 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova 409, Государственный Аграрный Университет Молдовы Министерство Сельского Хозяйства и Пищевой Промышленности Республики Молдова
26. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. et al. Определение эффективности при модернизации биотехнических систем с учётом ситуации экономического риска. În: Știința agricolă, nr. 2 (2016) p.104-110 УДК 631.171.1 ISSN 1857-0003
27. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. et al., Монография. Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции. Государственный Аграрный Университет Молдовы. Chișinău 2019 ISBN 978-9975-56-625-4.(637.133.1+664.8.037):621.565 П 764



28. Волконович Л., Кушнир М., Дайку А. et al. Исследование временных режимов работы системы электрооборудования звеньев технологической линии обработки молока с энергосберегающей технологией. În: Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău 2016 p.251-255 УДК637.13.02, ISBN 978-9975-64-285-9.
29. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И. Температурное поле камер хранения фруктов и овощей при смешанном охлаждении. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013 г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 163-165.
30. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И., Звонкий В. Основные этапы выбора варианта построения автоматизированного процесса по экономическому критерию. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 136-158.
31. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И., Звонкий В., Попа И., Волконович А. Исследование температурно-влажностного режима хранения фруктов и овощей. Тирасполь : s.n., 2014. pp. 129-131.
32. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И., Звонкий В., Попа И.,. Исследование температурного поля камер хранения фруктов и овощей при смешанном охлаждении. Тирасполь : s.n., 2014. pp. 126-128.
33. Волконович Л., Кушнир М., Кирияк И., Стёпка О. Барьеры на пути развития возобновляемых источников энергии. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013г. Тирасполь : s.n., 2013.
34. Волконович Л., Учеваткин А, Дайку А., et al. Комплексный анализ автоматизированных энергосберегающих технологических процессов для охлаждения молока. În: Știința agricolă, nr. 2 (2017) p. 92-99 УДК 637.117.02 ISSN 1857-0003
35. Волконович Л.Ф, Волконович А.Л, Дайку А. et al. Исследование ущербов при отказах системы электрооборудования технологических линий обработки молока. În: Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău, 2016 p.262-265 УДК 637.13.02, ISBN 978-9975-64-285-9.
36. Волконович Л.Ф., Волконович А.Л., Дайку А.С. et al. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода.

- În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 2 (23)/2017 р, 48-56, УДК 637.13.02, ISSN 2304-4926.
37. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., Дайку А.С. et al. Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 3 (24)/2017 р, 44-49, УДК 637.13.02 ISSN 2304-4926.
38. Волконович Л.Ф., Волконович А.Л., Дайку А.С., et al. Определение продолжительности использования энергосберегающих установок естественного и искусственного холода для хранения фруктов и овощей на территории Республики Молдова. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал (22)/2017 р, 58-65, УДК 637.13.02, ISSN 2304-4926
39. Волконович Л.Ф., Дайку А.С., Кушнир Н.А. et al. Анализ структурных схем энергосберегающего процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал (22)/2017 р, 65-72, УДК 637.13.02, ISSN 2304-4926
40. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., Дайку А.С. et al. Определение и оценка параметров процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал 2 (23)/2017 р, 40-47, УДК 637.13.02, ISSN 2304-4926
41. Волконович Л.Ф., Слипенки В.Е., Дайку А.С. et al. Применение естественного и искусственного холода для охлаждения молока. În: Știința agricolă, nr. 2 (2017) p. 84-91 УДК 637.117.02 ISSN 1857-0003
42. Волконович, Л., et al. Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве. Кишинев : Tipografia A.Ș.M., 2007. ISBN: 978-9975-62-177-9.
43. Волконович, Л., Кушнир, М. and Кирияк, И. Определение температурных режимов и эксплуатационных характеристик камер хранения фруктов, оборудованных различными системами охлаждения. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013 г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 161-163.
44. Волконович, Л., Кушнир, М., Волконович, А., Учеваткин, А., Кушнир, Н., Слипенки, В., Дайку, А., Волконович, О., Попа, А. Применение естественного и искусственного холода для охлаждения молока. Știința agricolă. Chisinau : UASM, 2017. No 2 (2017).
45. Волконович, Л., Кушнир, М., Волконович, А., Учеваткин, А., Кушнир, Н., Слипенки, В., Дайку, А., Волконович, О., Попа, А. Комплексный анализ автоматизированных

энергосберегающих технологических процессов для охлаждения молока. Știința agricolă. Chisinau : UASM, 2017. No 2 (2017):.

46. Волконович, Л., Кушнир, М., Кириак, И., Звонкий, В. Пути построения ресурсов сберегающих автоматизированных технологий. Доклады итоговой научной конференции инженерно-технического института за 2013 г. Тирасполь : s.n., 2013. pp. 158-161.
47. Волконович, Л.Ф., et al. Методика разработки унифицированной системы электрооборудования энергосберегающих технологических линий обработки молока. Știința agricolă. 2015, nr. 1.
48. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л., Кушнир, М. Г., Попа, А. Г., Слипенки, В. Е., Дайку, А.С., Волконович, О.Л., Кириак, И.И. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал. По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ), 2017. 2 (23)/2017.
49. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л., Кушнир, М.Г., Попа, А.Г., Слипенки, В.Е., Дайку, А.С., Волконович, О. Л., Кириак И. И. Определение продолжительности использования энергосберегающих установок естественного и искусственного холода для хранения фруктов и овощей на территории республики молдова. Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал. По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ), 2017. 1 (22)/2017.
50. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л., Кушнир, М.Г., Попа, А.Г., Слипенки, В.Е., Дайку, А.С., Волконович, О.Л., Кушнир, Н.А. Определение и оценка параметров процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал, По итогам 7-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ), 2017. 2 (23)/2017.
51. Волконович, Л.Ф., Волконович, А.Л., Кушнир, М.Г., Попа, А.Г., Слипенки, В. Е., Дайку, А.С., Волконович, О.Л., Кушнир, Н.А. Анализ структурных схем энергосберегающего процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. Инновации в сельском хозяйстве, Теоретический и научно-практический журнал, По итогам 7-й Международной научно-

- технической конференции молодых ученых и специалистов. Москва : ВИЭСХ, (РИНЦ), 2017. 1 (22)/2017.
52. Волконович, Л.Ф., и др. Разработка и систематизация алгоритмов управления электрооборудованием энергосберегающих технологических линий обработки молока. *Știința Agricolă*. 2015 г., 2.
53. Дайку, А. Разработка алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода. În: *Știința agricolă*, nr. 1 (2019). p. 131-137. ISSN 2587-3202 (electronic) ISSN 1857-0003 (print) <http://www.sa.uasm.md> CZU 664.84/.85.037.1
54. Зверев, С.С. Разработка технологии использования естественного холода для низкотемпературного консервирования молока и молочных продуктов : автореферат дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2011, 22 с. Доступен: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01005002003#?page=1>
55. Иванов, В.В. Повышение энергоэффективности оборудования для охлаждения молока с использованием природного холода : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Мичуринск. 2016. 22 с. Доступен: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01006661892#?page=1>
56. Квашенников, В.И., Козловцев, А.П., Коровин, Г.С. Энергосберегающий метод охлаждения сельскохозяйственной продукции. В: Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК. Оренбург, 2014, с. 208-214. ISBN 978-5-88838-891-4.
57. Квашенников, В.И., Шахов, В.А., Козловцев, А.П. [и др.]. Природный холод - приоритетное направление при охлаждении молока. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015, N 6, с. 90-93. ISSN 2073-0853. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnyy-holod-prioritetnoe-napravlenie-pri-ohlazhdenii-moloka>
58. Козловцев, А.П. Обоснование и разработка энергосберегающей технологии охлаждения молока в замкнутом цикле системы "атмосфера-инженерное сооружение-водная среда" : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Оренбург, 2017, 38 с. Доступен: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01008710526#?page=1>
59. Козловцев, А.П. Результаты экспериментального исследования тепломассообменных процессов при использовании естественного холода. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2017; N 3. - С. 96-99. ISSN 2073-0853. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-eksperimentalnogo-issledovaniya-teplomassoobmennyyh-protsessov-pri-ispolzovanii-estestvennogo-holoda>

60. Козловцев, А.П. Теоретические основы промерзания воды при послойном намораживании льда в льдоаккумуляторах. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017, N2 (64), с. 84-86. ISSN 2073-0853. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-promerzaniya-vody-pri-posloynom-namorazhivanii-lda-v-ldoakkumulyatorah>
61. Козловцев, А.П., Панин, А.А., Карякина, М.А. [и др.]. Разработка энергосберегающего двухъемкостного водооборотного льдогенератора. В: Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК. Оренбург, 2017, с. 180-184. ISBN 978-5-88838-981-2.
62. Козловцев, А.П., Квашенников, В.И., Константинов, М.М., Козловцева, С.П. Секционный аккумулятор природного холода для охлаждения молока на фермах. В: Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии 2016; Вып. 4. - С. 43-46. ISSN
63. Козловцев, А.П., Квашенников, В.И., Шахов, В.А. Предпосылки использования комбинированного аккумулятора природного холода на основе фазовопереходных теплообменников [Для охлаждения молока]. В: Достижения науки и техники АПК. 2017, N 7, с. 66-68.
64. Коршунов, А.Б. Методика расчета аккумуляционных комбинированных холодильных машин с использованием природного холода. В: Вестник ФГОУ ВО МГАУ. 2012, №3 (54), с. 25-27. ISSN 1728-7936. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-akkumulyatsionnyh-kombinirovannyh-holodilnyh-mashin-s-ispolzovaniem-prirodnogo-holoda>
65. Коршунов, А.Б. Электрифицированная бесфреоновая система охлаждения молока на фермах. автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва : ГНУ ВИЭСХ, 2002.
66. Коршунов, А.Б., Иванов, В.В. Технологические схемы энергосберегающих систем для охлаждения молока на фермах. В: Инновации в сельском хозяйстве. 2014, N4, с. 233-236.
67. Коршунов, А.Б., Иванов, В.В. Энергосберегающий модуль для охлаждения молока с использованием природного холода и хладоносителей с низкой температурой замерзания. В: Вестник ВИЭСХ / Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва. Москва, 2016, N 2(23), с. 127-131. ISSN 2304-5868. Доступен: <https://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-2-23-2016/>
68. Коршунов, А.Б., Коршунов, Б.П. Аккумуляционные установки для охлаждения молока

- на фермах. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019, N3 (35). с. 114-117. ISSN 2226-4302. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/akkumulyatsionnye-ustanovki-dlya-ohlazhdeniya-moloka-na-fermah>
69. Коршунов, А.Б., Коршунов, Б.П., Иванов, А.В. Энергосберегающая система охлаждения молока на пастбищах [Грунтовые теплоохлаждающие установки с двухфазными термостабилизаторами]. В: Достижения техники и технологий в АПК. Ульяновск, 2018, с. 128-134
70. Коршунов, А.Б., Коршунов, Б.П., Иванов, А.В. Энергосберегающий модуль к системе охлаждения молока на фермах // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. N 3 (31). с. 119-122. ISSN 2226-4302. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuschiy-modul-k-sisteme-ohlazhdeniya-moloka-na-fermah>
71. Коршунов, Б.П., Коршунов, А.Б. Аккумуляция холода: резерв повышения энергоэффективности охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции. В: Вестник ВИЭСХ. 2018, N 1(30), с. 38-44. ISSN 2304-5868. Доступен: <https://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-1-30-2018/>
72. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г. [и др.]. Водоледающие аккумуляторы для охлаждения молока на фермах с применением природного холода и экологически безопасных хладоносителей. В: Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения. Санкт-Петербург, 2011, Т. 3, с. 178-182.
73. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г. [и др.]. Экологичное энергосберегающее оборудование для охлаждения молока. В: Техника и оборудование для села. 2011, N 4, с. 29-30.
74. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г. [и др.]. Энергосберегающее оборудование для охлаждения молока на семейных фермах [С использованием естественного и искусственного холода]. В: Механизация и электрификация сел.хоз-ва. 2012, , с. 21-23.
75. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г. [и др.]. Энергосберегающая система охлаждения молока с использованием комбинированных водоледающих аккумуляторов. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016, N 3, с. 152-157. ISSN 2226-4302. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuschaya-sistema-ohlazhdeniya-moloka-s-ispolzovaniem-kombinirovannyh-vodoledyanyh-akkumulyatorov>

76. Коршунов, Б.П., Учеваткин, А.И., Марьяхин, Ф.Г.[и др.]. Повышение эффективности систем охлаждения и хранения молока на фермах [Аккумуляционные комбинированные холодильные машины с использованием природного холода]. В: Техника в сельском хозяйстве. 2010, N 2, с. 6-8
77. Коршунов. Б.П., Марьяхин, Ф.Г., Учеваткин, А.И. [и др.]. Математическая модель и метод расчета параметров энергосберегающей теплохолодильной системы для животноводческих ферм. В: Вестник ВИЭСХ. 2012, вып. 4(9), с. 34-38. // doc2.8
78. Краусп, В. Р. Комплексная автоматизация в промышленном животноводстве. Москва : Машиностроение, 2002.
79. Кушнир М., Волконович Л., Волконович А., Кушнир Н., Слипенки В., Дайку А., Волконович О., Попа А. Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în ingineria agrară și transport auto”, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău : UASM, 2018. 51.
80. Кушнир М., Волконович А., Дайку А. Исследование энергетических режимов работы технологических линий обработки молока. În: Materialele Simpozionului Științific International „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății Cadastru și Drept Chișinău, 2016 p.256-261 УДК 637.13.02, ISBN 978-9975-64-285-9.
81. Кушнир, М. Выбор и обоснование оптимальных параметров и режимов работы, автоматизированных энергосберегающих технологических систем охлаждения молока. Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto. Chișinău : UASM, 2015. Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 437 - 440. ISBN 978-9975-64-276-7.
82. Кушнир, М. Г. Анализ ущербов при отказах электрооборудования технологических линий первичной обработки молока с применением источников искусственного, естественного и комбинированного холода. Lucrări științifice, Sesiunea științifică jubiliară cu participare internațională, “Prezent și viitor în domeniul mecanizării și electrificării agriculturii”. Chișinău : UASM, 19-20 octombrie 2000.
83. Кушнир, М. Г. Совершенствование режимов работы установок естественного холода сезонного действия в линиях с ёмкостными охладителями. Lucrări științifice, Sesiunea

științifică jubiliară cu participare internațională, “Prezent și viitor în domeniul mecanizării și electrificării agriculturii”. Chișinău : UASM, 19-20 octombrie 2000.

84. Кушнир, М. Формирование автоматизированных энергосберегающих технологических линий обработки молока. Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto. Chișinău : UASM, 2015. Lucrări Științifice Volumul 45, pp. 434 - 437. ISBN 978-9975-64-276-7.
85. Кушнир, М., Горобец, В., Волконович, А., Слипеньки, В., Дайку, А. Исследование энергетических режимов работы технологических линий обработки молока. Simpozionul Internațional Științifico - Practic, dedicat aniversării a 65 de ani de la fondarea Facultății cu genericul „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – Realizări și perspective”. Chișinău : UASM, 29-30 septembrie 2016.
86. Лавров, В.А. Электротехническая система охлаждения молока на фермах с использованием природного холода : автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2006. - 20 с. Доступен: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01003257910#?page=1>
87. Морозов, Н. М. and Цой, Л. М. Резервы энергосбережения в животноводстве. Энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 2-ой Международной научно-технической конференции. Москва : ВИЭСХ, 2000. pp. 35-38.
88. Мохначева, Ю.В. Анализ устройств для охлаждения молока с использованием естественного холода. В: Идеи молодых ученых: экономика и агроинженерия, Челябинск, 2018. - С. 57-69. ISBN 978-5-88156-802-3.
89. Мультиан А.А., Энергосберегающая комбинированная система охлаждения молока с использованием природного холода и водоледяного аккумулятора [http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2011\\_02\\_1/pdl7204multan.pdf](http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2011_02_1/pdl7204multan.pdf)
90. Мусин А., Марьяхин Ф., Учеваткин А. Влияние режимов работы электроприводов технологической линии на показатели качества обрабатываемого молока. 2012. Vol. 63, pp. 17-26.
91. Новая технология (VaDia) контроля вакуумного режима во время доения Epi Postma, BioControl AS, Rakkestad – Norway. [www.biocontrol.no/download/NMC\\_Florida2\\_low\\_res.pdf](http://www.biocontrol.no/download/NMC_Florida2_low_res.pdf)
92. Охладители молока мгновенного охлаждения. Для использования на молочных фермах, молокоприёмных пунктах и молочных заводах. <http://orion-milk.com/ru/production/okhladiteli-moloka/mgnovennogo-okhlazhdeniya.html>



93. Патент РФ № 2314681. Энергосберегающая установка для охлаждения молока на фермах с использованием природного холода / Ф.Г. Марьяхин, Б.П. Коршунов, А.Б. Коршунов, Ю.Б. Пржетишевский, Ю.В.Челнищев. – БИ № 36. – 2008.
94. Побединский В., Волконович Л., Дайку А., Модель и принципы биотехнологического мониторинга производства молока на учебно-экспериментальном комплексе. În: *Lucrări științifice volumul 51, Inginerie Agrară și Transport Auto, Materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în Ingineria Agrară și Transport Auto”*, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova, Chișinău 2018 p,133- 138 УДК: 637.1.02(478-25) CZU 082:378.663(478-25)=135.1=161.1, U 56
95. Попова М.И. Обоснование и разработка льдоаккумулятора природного холода годовой потребности и способа его использования на молочно-товарных фермах : автореф. дис. канд. техн. наук. Оренбург, 2018, 18 с. Доступен: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01008715888#?page=1>
96. Тесленко, И.И. Ресурсосберегающие технологии в молочном животноводстве. 3. Москва : Колос, 2002.
97. Учеваткин, А. И. Автоматизированные энергосберегающие технологии и система электрооборудования линий первичной обработки молока на фермах. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. Москва : ВИЭСХ, 1998.
98. Учеваткин, А. И., Марьяхин, Ф. Г., Мальнев, В. П., Лавров, В. А. Исследование режимов работы энергосберегающих технологических линий обработки молока. Научные труды Российской инженерной академии менеджмента и агробизнеса. п. Челюскинский : ФГБОУ «РИАМА», 2002. pp. 218 - 239.
99. Учеваткин, А.И. Автоматизированные энергосберегающие технологии и система электрооборудования линий первичной обработки молока на фермах. Автореф.дисс. ... докт.техн. наук /А.И. Учеваткин. – М.: ВИЭСХ, 1998.
- 100.Фокин, А.И. Применение естественного холода в молочном производстве. В: *Механизация и электрификация сел.хоз-ва*. 2007, с. 16-17.
- 101.Фокин, А.И., Цой, Ю.А., Зиганшин, Б.Г. [и др.]. Комбинированная установка для охлаждения молока с использованием искусственного и естественного холода. В: *Техника и оборуд.для села*. 2015, N 10, с. 11-12.
- 102.Шахов, В.А., Козловцев, А.П., Аширов, И.З., Попова, М.И. Альтернативные источники энергии в системе охлаждения пищевой продукции. В: *Известия Оренбургского*

государственного аграрного университета. 2017, N3 (65), с. 99-101. ISSN 2073-0853.  
Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/alternativnye-istochniki-energii-v-sisteme-ohlazhdeniya-pischevoy-produktsii>

103. Шилин, В.А., Герасимов, О.А., Лобачев, А.В. Использование естественного холода как охлаждающего агента для молока. В: Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2012, №2, с. 195-200. ISSN 2226-4302. Доступен: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-estestvennogo-holoda-kak-ohlazhdayuschego-agenta-dlya-moloka>
104. Шилин, В.А., Герасимова, О.А., Лобачев, А.В. Охлаждение молока на фермерских хозяйствах с применением естественного холода. В: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Санкт-Петербург, 2012, с. 303-305. ISSN 0136-5169.
105. Яковенко, Н.А., Хлебников, И.К. Комбинированная бесфреоновая установка для охлаждения молока на фермах. В: Повышение эффективности животноводства в Сибири. Новосибирск, 2006, с. 212-219.

***În engleză:***

106. Anatolie Daicu , Augustin Volconovici, Ala Chirsanova determining the duration and efficiency of use of installations with natural cold for milk cooling in the Republic of Moldova, EMERG, Volume VI, Issue 2/2020, ISSN 2668-7003, ISSN-L 2457-5011 p.25-38 <https://emerg.ro/files/determining-the-duration-and-efficiency-of-use-of-installations-with-natural-cold-for-milk-cooling-in-the-republic-of-moldova/>
107. ISO 5707:2007. Milking machine installations — Construction and performance, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2007.
108. ISO 6690:2007 Milking machine installations — Mechanical tests, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2007.
109. Mein G.A., Williams D.M.D and Reinemann D.J. NMC. 2000. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: Mechanical forces applied by the teat cup liner and responses of the teat. 42<sup>nd</sup> Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26-29, 2003.
110. National Agency for Energy Regulation of the Republic of Moldova [online]. Accessed: 3 May 2020. Available: <http://www.anre.md/tarife-in-vigoare-3-204>
111. Volconovici L., Crețu V., Volconovici A., Zvonkii V., Cușnir M. Mathematical model of the ecological system with electricity consumption for milk cooling in the Republic of Moldova.

Proceedings of the 8-th International Conference on electromechanical and power systems. Sielmen : s.n., 2011.

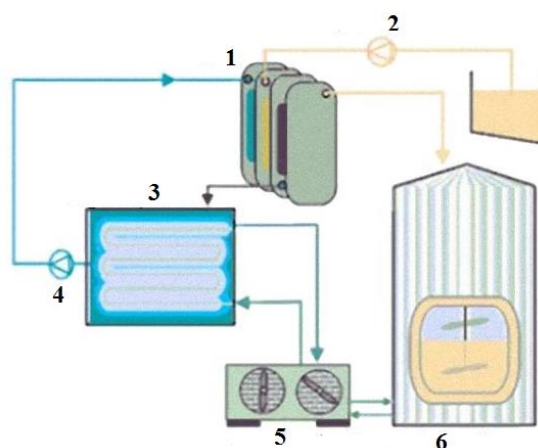
112. Volconovici, L., Crețu, V., Volconovici, A., Zvonkii, V., Cușnir, M.. Experimental researches of the ecological system for cooling of milk with low energy consumption. Proceedings of the 8-th International Conference on electromechanical and power systems. Sielmen : s.n., 2011.
113. WPS, Wisconsin Public Service. In-line milk cooling. Saving energy > Energy efficiency for your farm > In-line milk cooling >. [Online] 2018. [https://accel.wisconsinpublicservice.com/business/milk\\_cooling.aspx](https://accel.wisconsinpublicservice.com/business/milk_cooling.aspx).

# ANEXA 1

Tabelul A1.1. Jurnal de înregistrare a mulsorilor pentru luna mai, anul 2020

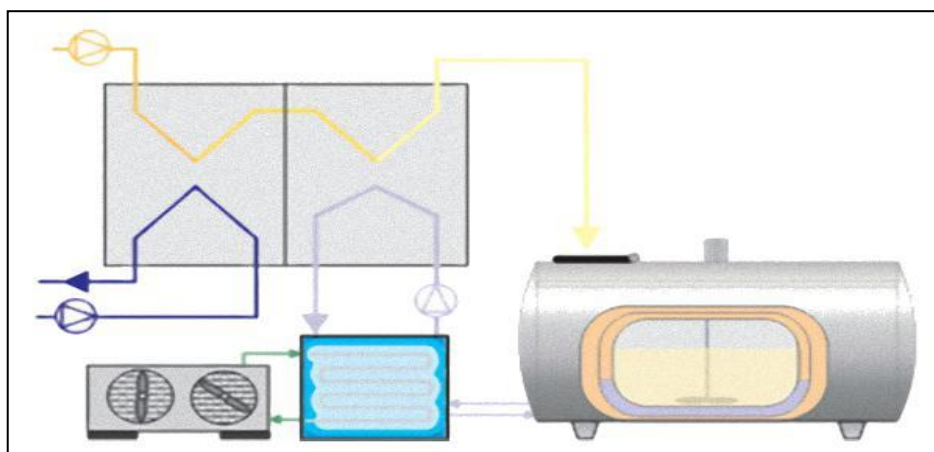
| Data  | Lapte fizic muls |           |         | Total pe zi   |              | Consum<br>vitei | Lapte<br>casat | Lapte<br>vândut | Venitul din<br>lapte |              |
|-------|------------------|-----------|---------|---------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------|
|       | Dimine<br>ața    | Prân<br>z | Seara   | Fizic<br>(Lf) | STAS<br>(Ls) |                 |                |                 | lei                  | %            |
|       | Kg/%             | kg        | Kg/%    | Kg            | kg           | Kg              | kg             | kg              |                      |              |
| 1     | 290/52           | -         | 265/48  | 555           | 650          | 10              | 142            | 403             | 3900                 | 4,1          |
| 2     | 280/56           | -         | 220/44  | 500           | 585          | 10              | 128            | 362             | 3510                 | 4,1          |
| 3     | 255/54           | -         | 210/46  | 465           | 544          | 10              | 83             | 372             | 3264                 | 4,1          |
| 4     | 233/52           | -         | 215/48  | 448           | 524          | 10              | 85             | 353             | 3144                 | 4,1          |
| 5     | 255/54           | -         | 214/46  | 469           | 549          | 20              | 85             | 365             | 3294                 | 4,1          |
| 6     | 253/55           | -         | 200/45  | 453           | 530          | 30              | 92             | 331             | 3180                 | 4,1          |
| 7     | 240/55           | -         | 195/45  | 435           | 509          | 30              | -              | 405             | 3054                 | 4,1          |
| 8     | 250/53           | -         | 220/47  | 470           | 537          | 30              | -              | 440             | 3222                 | 4,0          |
| 9     | 295/55           | -         | 240/45  | 535           | 611          | 30              | -              | 505             | 3666                 | 4,0          |
| 10    | 265/53           | -         | 235/47  | 500           | 557          | 30              | -              | 470             | 3342                 | 3,9          |
| 11    | 280/55           | -         | 225/45  | 505           | 533          | 30              | -              | 475             | 3198                 | 3,7          |
| 12    | 275/54           | -         | 235/46  | 510           | 524          | 30              | -              | 480             | 3144                 | 3,6          |
| 13    | 285/54           | -         | 240/46  | 525           | 570          | 30              | -              | 495             | 3420                 | 3,8          |
| 14    | 275/53           | -         | 240/47  | 515           | 588          | 30              | -              | 485             | 3528                 | 4,0          |
| 15    | 265/53           | -         | 230/47  | 495           | 551          | 30              | -              | 465             | 3306                 | 3,9          |
| 16    | 270/54           | -         | 225/46  | 495           | 537          | 30              | -              | 465             | 3222                 | 3,8          |
| 17    | 265/53           | -         | 235/47  | 500           | 542          | 30              | -              | 470             | 3252                 | 3,8          |
| 18    | 255/52           | -         | 230/48  | 485           | 540          | 30              | -              | 455             | 3240                 | 3,9          |
| 19    | 275/53           | -         | 240/47  | 515           | 588          | 30              | -              | 485             | 3528                 | 4,0          |
| 20    | 285/54           | -         | 240/46  | 525           | 600          | 30              | -              | 495             | 3600                 | 4,0          |
| 21    | 275/54           | -         | 235/46  | 510           | 553          | 30              | -              | 480             | 3318                 | 3,8          |
| 22    | 275/54           | -         | 235/46  | 510           | 510          | 30              | -              | 480             | 3060                 | 3,5          |
| 23    | 265/52           | -         | 240/48  | 505           | 533          | 30              | -              | 475             | 3198                 | 3,7          |
| 24    | 260/52           | -         | 240/48  | 500           | 542          | 30              | 45             | 425             | 3525                 | 3,8          |
| 25    | 265/53           | -         | 235/47  | 500           | 542          | 30              | 110            | 360             | 3525                 | 3,8          |
| 26    | 252/53           | -         | 225/47  | 477           | 517          | 30              | 130            | 317             | 3102                 | 3,8          |
| 27    | 242/51           | -         | 230/49  | 472           | 470          | 30              | 110            | 332             | 2820                 | 4,0          |
| 28    | 265/56           | -         | 210/44  | 475           | 542          | 30              | 100            | 345             | 3525                 | 4,0          |
| 29    | 225/53           | -         | 200/47  | 425           | 585          | 30              | 85             | 310             | 3510                 | 4,0          |
| 30    | 207/51           | -         | 195/49  | 402           | 470          | 30              | 75             | 297             | 2820                 | 4,1          |
| 31    | 233/52           | -         | 210/48  | 443           | 506          | 30              | 82             | 331             | 3036                 | 4,0          |
| Total | 8110/54          | -         | 7009/46 | 15119         | 16939        | 840             | 1352           | 12928           | 102453               | 3,5 –<br>4,1 |

$$Ls=(Lf \times \%)/3,5$$



**Figura A1.1. – Sistemul tehnologic de răcire a laptelui [92].**

1 – răcitorul cu plăci; 2 – pompa de lapte; 3 – acumulatorul cu apă ; 4 – pompa de apă ; 5 – blocul condensator; 6 – rezervorul pentru lapte.



**Figura A1.2. Instalația de răcire instantanee a laptelui**



**Figura A1.3. Fluxul de lapte și de apă în schimbătorul de căldură al răcitorului combinat de lapte[89].**

1 – Apa din răcitor; 2 – apa rece; 3 – laptele cald; 4 – laptele rece.

Tabelul A1.2. Contaminarea bacteriană generală a laptelui, mii/cm<sup>3</sup>[89].

| Categoria laptelui | Contaminarea bacteriană generală, mii/cm <sup>3</sup> |
|--------------------|-------------------------------------------------------|
| Superioară         | <300                                                  |
| Calitatea I        | <500                                                  |
| Calitatea a II-a   | <3000                                                 |

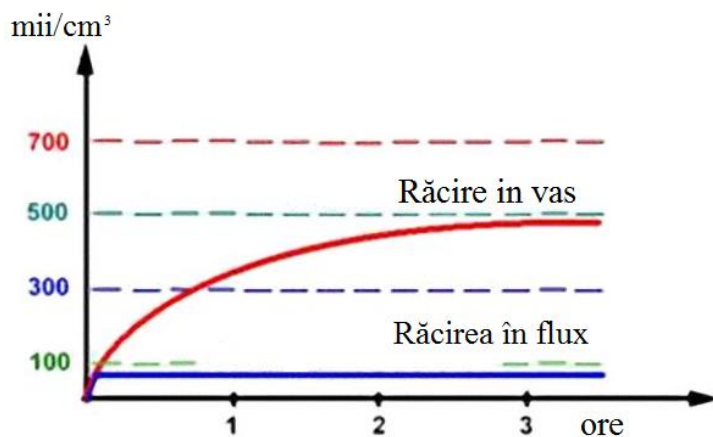


Figura A1.4. Modificarea numărului de bacterii la răcirea în vas și la răcirea instantanee (în flux) [92].

Tabelul A1.3. Modele și caracteristici: PRODUCĂTOR: PEYMAK- RO

| Capacitate/ Volum Tanc răcire | Volum minim de lapte | Compresor                            | Reductor | Ventilator                      | Consum Total | Putere Generator | Clasa energetică |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------|---------------------------------|--------------|------------------|------------------|
| 200 L                         | 70 L                 | 0,86 KW/0,75 HP<br>Compresor ermetic | 0,07 KW  | Ø 300/0,085 KW                  | 1,02 KW      | 2 KW             | 2 B II           |
| 300 L                         | 80 L                 | 1,28 KW/1 HP<br>Compresor ermetic    | 0,07 KW  | Ø 300/0,085 KW                  | 1,44 KW      | 3 KW             | 2 B I            |
| 500 L                         | 90 L                 | 1,89 KW/1,5 HP<br>Compresor ermetic  | 0,07 KW  | Ø 350/0,135 KW                  | 2,10 KW      | 5 KW             | 2 B II           |
| 650 L                         | 90 L                 | 1,89 KW/2 HP<br>Compresor ermetic    | 0,07 KW  | Ø 400x1 Adet<br>0,18 Kwx2 Adet  | 2,10 KW      | 5 KW             | 2 B II           |
| 850 L                         | 150 L                | 2,32 KW/2,5 HP<br>Compresor ermetic  | 0,07 KW  | Ø 450/0,25 KW                   | 2,64 KW      | 6 KW             | 2 B II           |
| 1000 L                        | 150 L                | 2,93 KW/2,5 HP<br>Compresor ermetic  | 0,07 KW  | Ø 450/0,25 KW                   | 3,25 KW      | 7 KW             | 2 B II           |
| 1250 L                        | 150 L                | 2,5 KW/3 HP<br>Compresor ermetic     | 0,07 KW  | Ø 350x2 Adet<br>0,135 Kwx2 Adet | 2,84 KW      | 6 KW             | 2 B II           |
| 1500 L                        | 190 L                | 4,95 KW/5 HP<br>Compresor ermetic    | 0,07 KW  | Ø 400x2 Adet<br>0,18 Kwx2 Adet  | 5,38 KW      | 10 KW            | 2 B II           |
| 2000 L                        | 190 L                | 6,3 KW/7 HP<br>Compresor ermetic     | 0,007 KW | Ø 450x2 Adet<br>0,25Kwx2 Adet   | 6,87 KW      | 14 KW            | 2 B II           |

## ANEXA 2

Tabelul A2.1. Consumul specific de energie electrică al instalațiilor frigorifice pentru răcirea laptelui [27]

| Tipul instalației frigorifice | Consumul unitar de energie electrică, kW·h/t |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|
|                               | fără răcirea prealabilă a laptelui           | cu răcirea prealabilă a laptelui |
| AB-30                         | 18,3                                         | 9,15                             |
| AB-30-01                      | 18,3                                         | 9,15                             |
| MBT20-1(1)                    | 12,6                                         | 6,3                              |
| MBT20-1(2)                    | 12,6                                         | 6,3                              |
| MBT14-1                       | 13,6                                         | 6,8                              |
| AB14-1                        | 11,0                                         | 5,5                              |
| YB-10                         | 18,9                                         | 9,45                             |
| YB-10-01                      | 18,9                                         | 9,45                             |
| OT-10                         | 18,9                                         | 9,45                             |
| TXV-14                        | 15,5                                         | -                                |

Tabelul A2.2. Reducerea energiei electrice la ferme la aplicarea răcirii prealabile a laptelui [27]

| Numărul de bovine | Reducerea consumului total de energie electrică datorată procesării | Reducerea kWh / an |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 60                | 15%                                                                 | 3,500 kWh/an       |
| 200               | 25%                                                                 | 11,400 kWh/an      |
| 400               | 29%                                                                 | 22,500 kWh/an      |

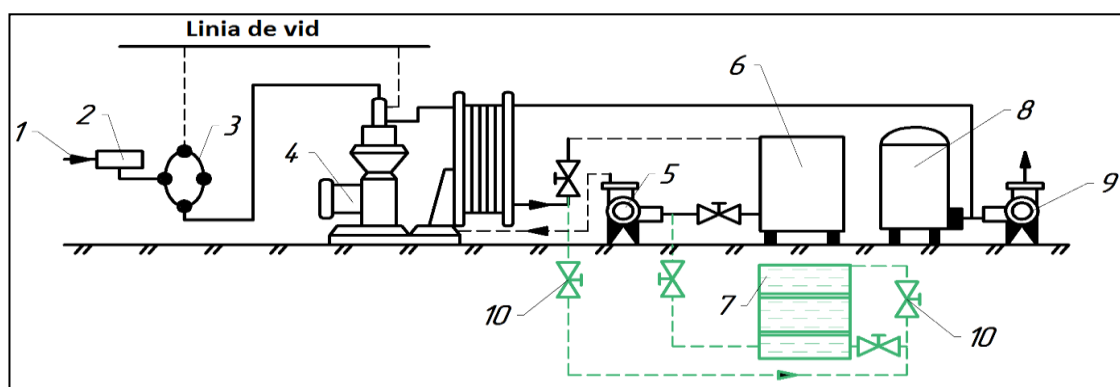


Figura A2.1. Linia tehnologică de prelucrare a laptelui pentru fermele cu un șeptel de 200 și 400 vaci (mulsul în conducta de lapte sau în sala de muls la instalațiile „Tandem” și „Elocika”):

1 – conductă de lapte, 2 – contorul de lapte, 3 – colectorul de lapte-separator de aer, 4 – filtrul-răcitor OM-1A, 5 – pompa agentului frigorific, 6 – instalația frigorifică, 7 – acumulatorul cu frig, 8 – rezervorul-termos, 9 – pompa Γ2-CHIA, 10 – robinetele.

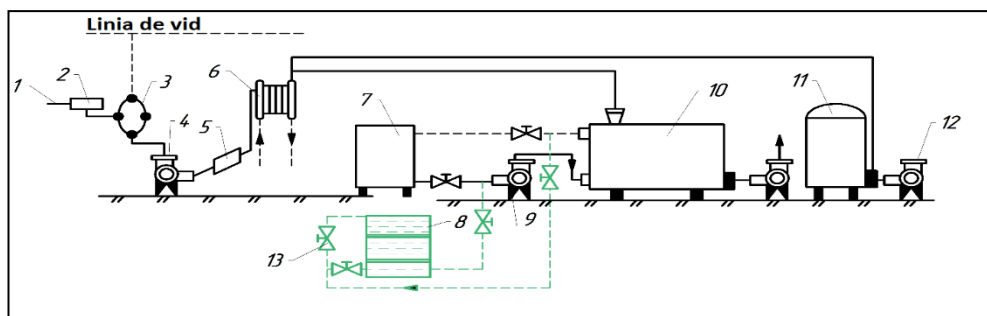


Figura A2.2. Linia tehnologică de prelucrare a laptelui cu instalații de frig natural pentru fermele cu un șeptel de 100 și 200 vaci (mulsul în conducta de lapte):

1 – conducta de lapte, 2 – contorul de lapte, 3 – colectorul de lapte-separator de aer, 4 – pompă HMY-6, 5 – filtrul tubular, 6 – răcitorul, 7 – instalația frigorifică, 8 – acumulatorul cu frig, 9 – pompa agentului frigorific, 10 – rezervorul-răcitor, 11 – rezervorul-termos, 12 – pompa 12-CIIA, 13 – robinetele.

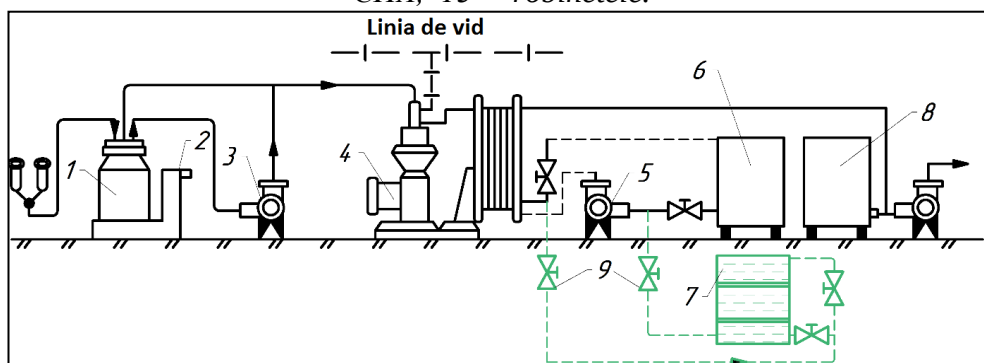


Figura A2.3. Linia tehnologică de prelucrare a laptelui pentru fermele cu un șeptel de 400 vaci (200 de vaci la o productivitate medie anuală a șeptelului de peste 4000 kg/cap.), mulsul în găleți portabile: 1 – găleata, 2 – cântarul BIII-100, 3 – pompa pentru lapte autoaspirator?? E8-36 MIICB-10, 4 – filtrul-răcitor OM-1A, 5 – pompa agentului frigorific, 6 – instalația frigorifică, 7 – acumulatorul cu frig, 8 – rezervorul-termos, 9 – robinetele comutator.

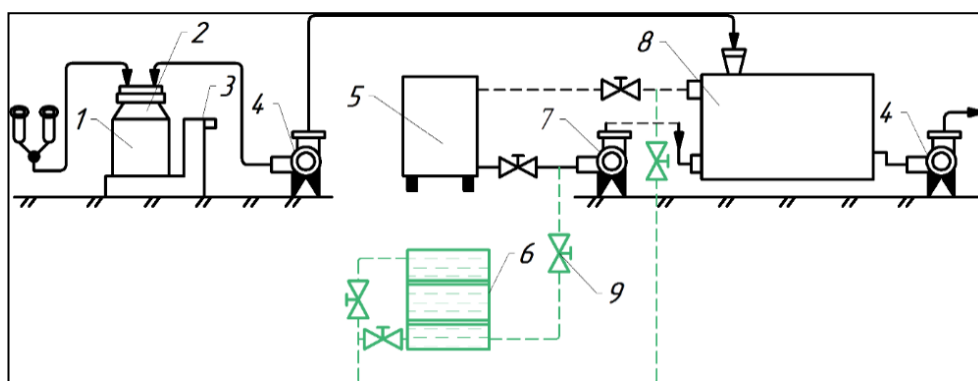


Figura A2.4. Linia tehnologică de prelucrare a laptelui cu instalații de frig natural pentru fermele cu un șeptel de 100, 200 și 400 vaci (mulsul în găleți portabile):

1 – găleata, 2 – sita cu filtru, 3 – cântarul BIII-100, 4 – pompa autoaspirator?? E8-36 MIICB-10, 5 – instalația frigorifică, 6 – acumulatorul cu frig AEX, 7 – pompa agentului frigorific, 8 – rezervor răcitor, 9 – robinete comutator.



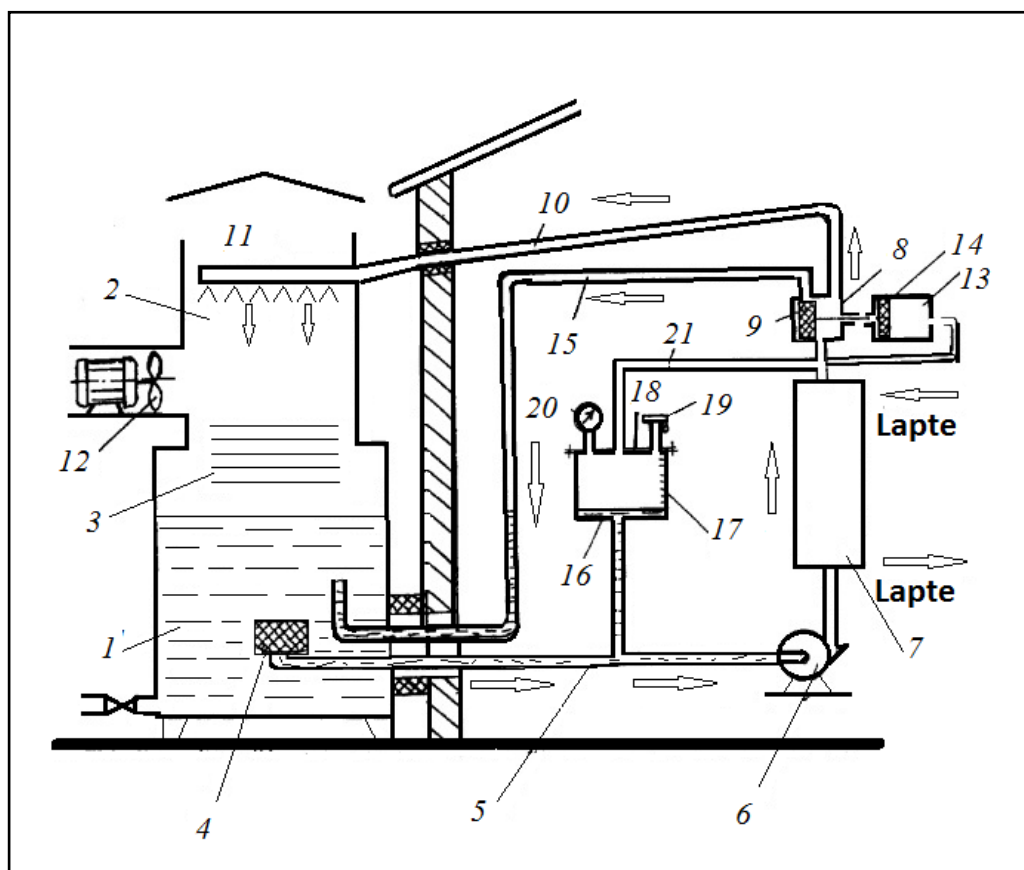


Figura A3.1. Instalația pentru răcirea laptelui cu frig natural

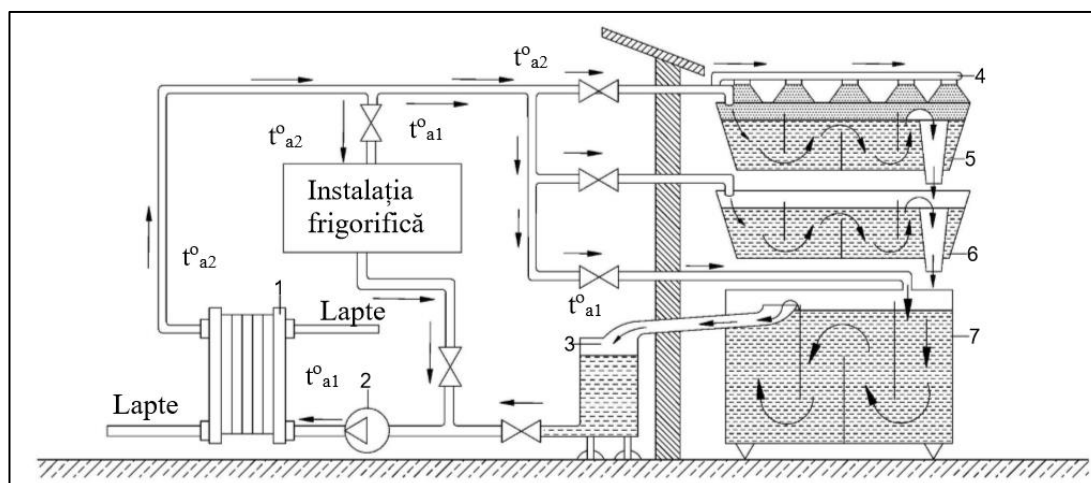


Figura A3.2. Schema tehnologică a sistemului cu consum redus de energie pentru răcirea laptelui cu utilizarea instalațiilor cu acțiune sezonieră (IAS) [103]

3 1 - răcitorul; 2 - pompa; 3 - rezervorul intermediar; 4 - blocul pulverizator al acumulatorului de frig natural (AFN); 5 - rezervorul superior; 6 - rezervorul mijlociu AFN; 7 - rezervorul inferior AFN.

□ → - agentul frigorific; - - - → - agentul frigorific al instalației frigorifice.

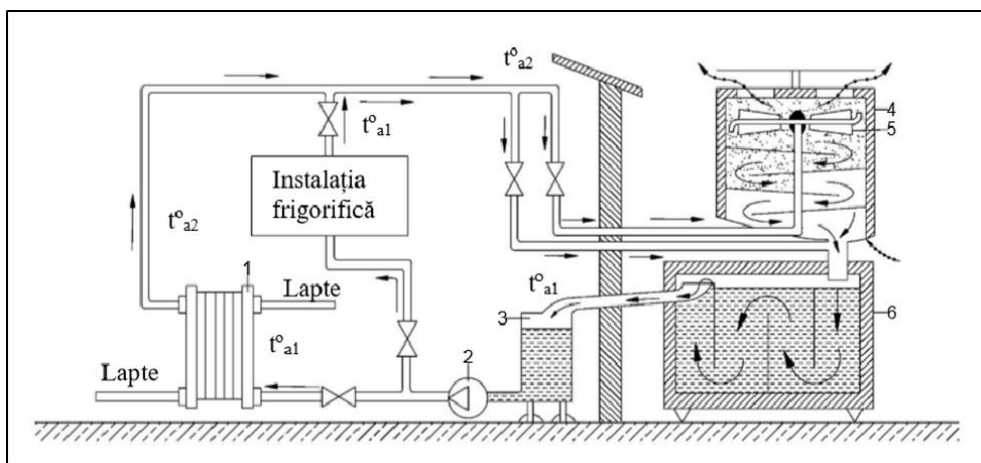


Figura A3.3. Schema tehnologică a sistemului cu consum redus de energie pentru răcirea laptelui cu utilizarea instalațiilor cu acțiune combinată (IAC)

1 - răcitorul; 2 - pompa; 3 - rezervorul intermediar; 4 - blocul pulverizator; 5 - țevile pulverizatoare cu plăci aerodinamice; 6 - acumulatorul cu frig natural și artificial.

□ → - agent frigorific; □ → - aer; - - - → - regim de acumulare a frigului artificial.

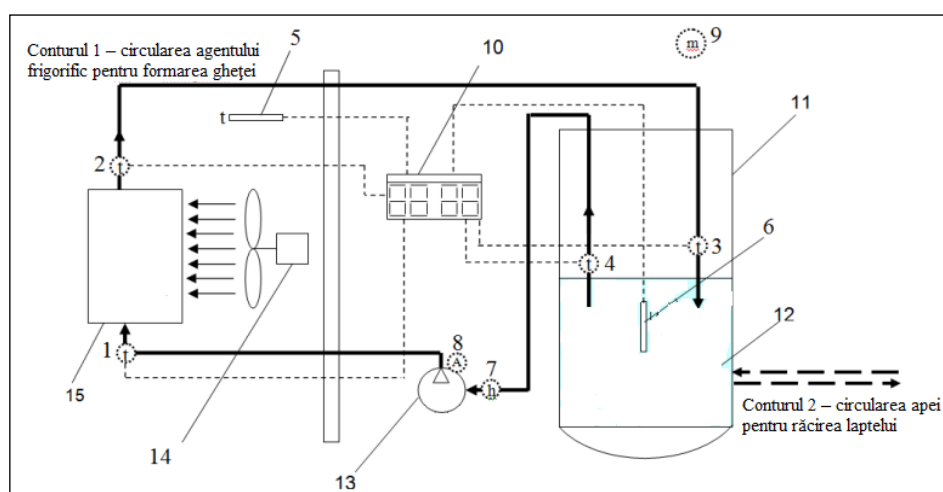
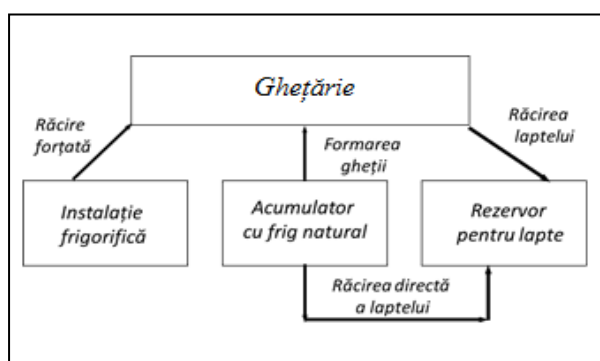
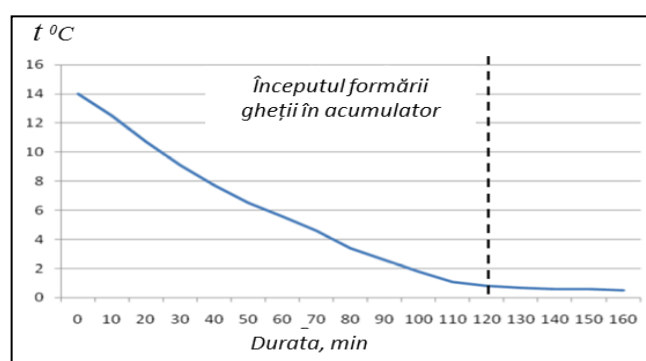


Figura A3.4. - Schema tehnologică a instalației experimentale în regim de formare a gheții cu aplicarea frigului natural [89]



a)



b)

Figura A3.5. a) Bloc-schema sistemului cu posibile direcții a energiei cu potențial redus  
b) Variația temperaturii apei în acumulatorul cu apă și gheață la utilizarea frigului natural

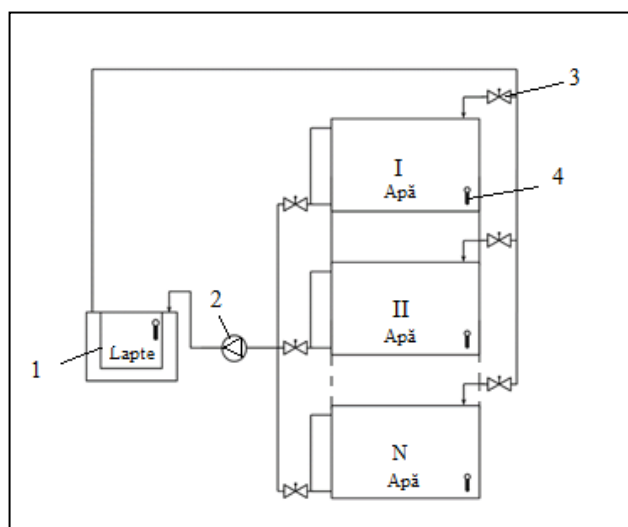


Figura A4.1. Acumulatorul cu separarea în  $N$  părți (secții) cu comutarea succesivă de la o secție la alta

1.-acumulator cu frig; 2 – pompa; 3 – ventil; 4 – traductoarele de temperatură

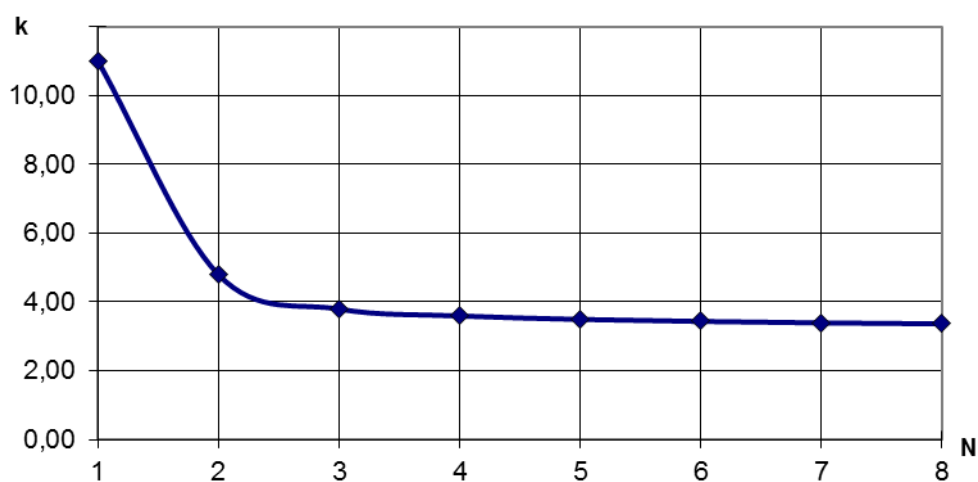
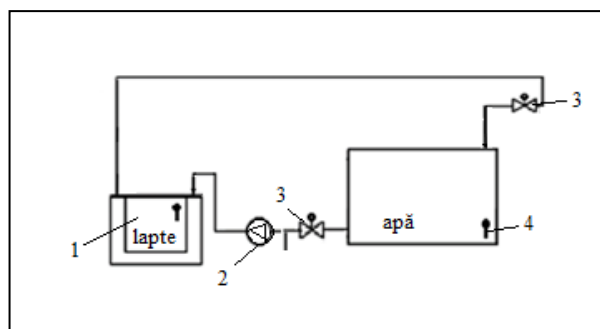
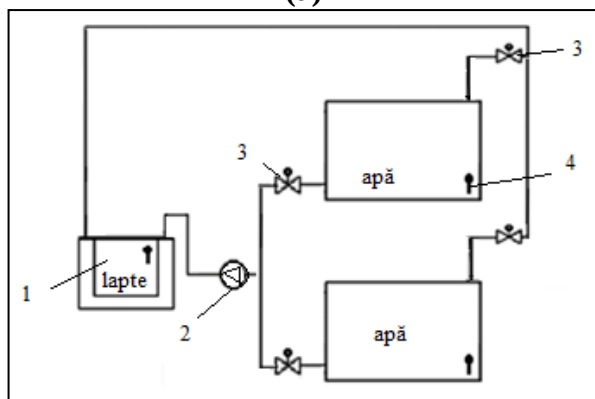


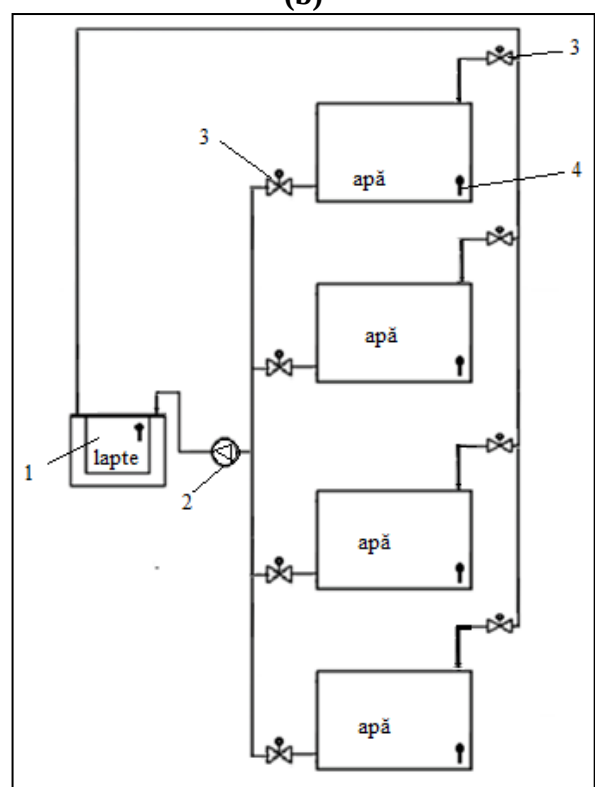
Figura A4.2. Dependența multiplicității  $k$  a apei și a laptelui de numărul de secții  $N$  ale acumulatorului cu frig.



(a)



(b)



(c)

**Figura A4.3. Acumulator cu frig [27].**

a – acumulator cu frig cu o secție; b – acumulator cu frig cu două secții;

c – acumulator cu frig cu patru secții.

1 – răcitor capacitiv; 2 – pompă; 3 – ventile; 4 – traductoare de temperatură.



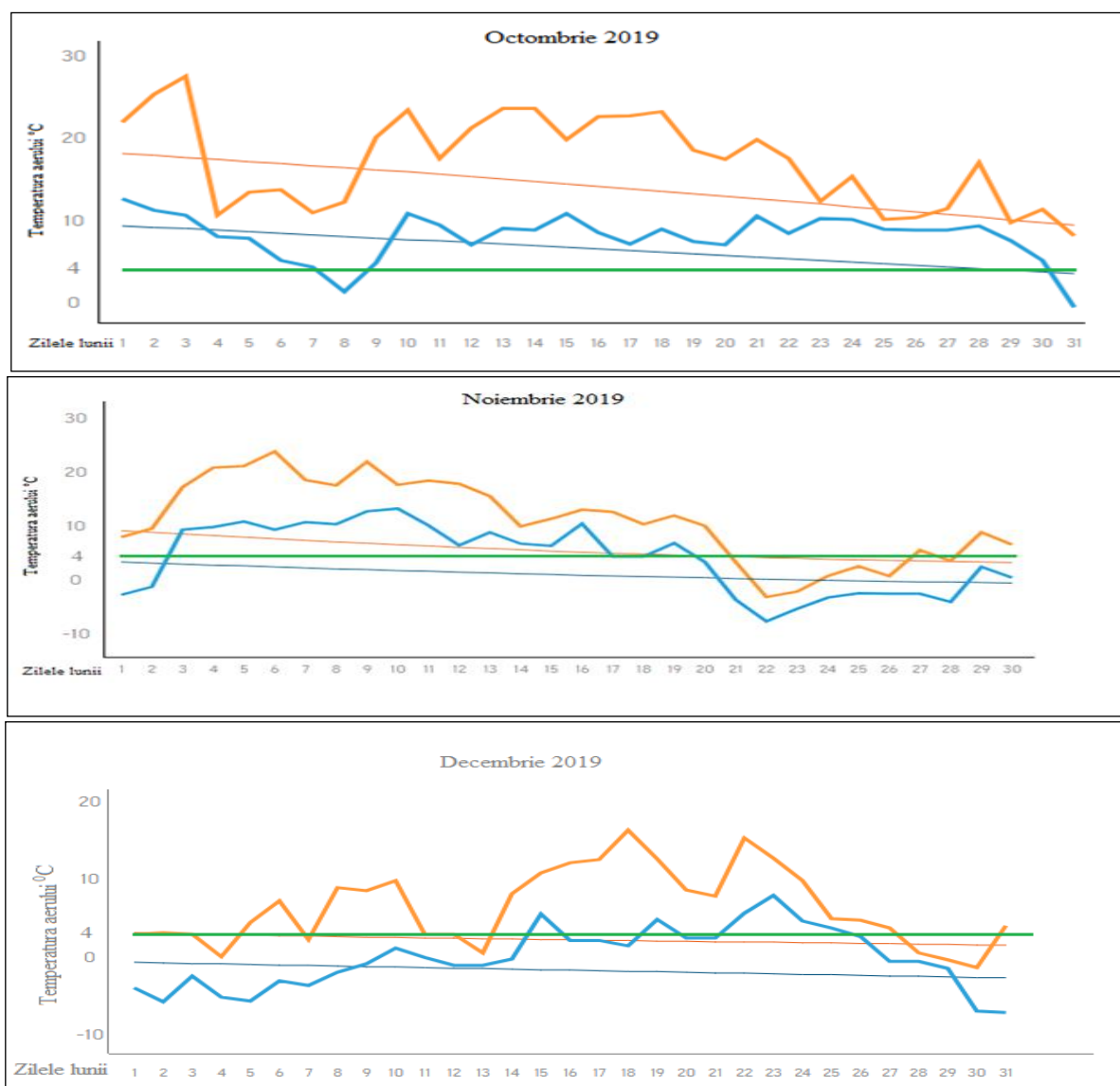


Figura A4.4. Distribuirea pe luni (ianuarie, februarie, martie, aprilie, octombrie, noiembrie și decembrie) a temperaturii aerului exterior pentru centrul Republicii Moldova

Tabelul A5.1. **Date inițiale [27].**

|                                                            |                                 |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Numărul de mulsori pe zi                                   | 2                               |
| Cota mulsorii de dimineață în producția de lapte zilnică   | 0,56                            |
| Temperatura laptelui până la răcire ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 30....32                        |
| Temperatura laptelui răcit ( $^{\circ}\text{C}$ )          | 6                               |
| Durata mulsorii (h)                                        | 2,5                             |
| Coeficientul pierderilor de frig                           | 1,1                             |
| Coeficientul neuniformității fătărilor                     | $K = F_{\max}/F_{\text{md}1,3}$ |
| Productivitatea anuală de lapte (t)                        | 50, 100, 200, 300, 400, 500     |
| Numărul de zile cu $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ pe an        | 0, 40, 80, 120, 160             |
| Numărul de mulsori pe zi                                   | 3                               |
| Cota mulsorii de dimineață în producția de lapte zilnică   | 0,4                             |
| Temperatura laptelui până la răcire ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 30....32                        |
| Temperatura laptelui răcit ( $^{\circ}\text{C}$ )          | 6                               |
| Durata mulsorii (h)                                        | 2                               |
| Coeficientul pierderilor de frig                           | 1,1                             |
| Coeficientul neuniformității fătărilor                     | 1,3                             |
| Productivitatea anuală de lapte (t)                        | 50, 100, 200, 300, 400, 500     |
| Numărul de zile cu $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ pe an        | 0, 40, 80, 120, 160             |

Tabelul A5.2. **Variantele (posibilitățile alternative) de completare a fermelor de lapte cu instalații pentru răcirea laptelui cu aplicarea frigului natural [27].**

| Variantă/posibilitatea I (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig 6 ore) |         |         |         |         |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Productivitatea de frig necesară (kW)                                             | 2,60    | 5,10    | 10,30   | 20,40   | 30,70   |
| Instalația frigorifică                                                            | MO-2-cx | MO-2-cx | MO-3-cx | MO-4-cx | MO-5-cx |
| Productivitatea de frig (kW)                                                      | 7,5     | 7,5     | 15      | 20      | 30      |
| Variantă a II-a (durata de răcire a apei din acumulatorul cu frig 8 ore)          |         |         |         |         |         |
| Productivitatea de frig necesară (kW)                                             | 1,90    | 3,80    | 7,70    | 15,30   | 23,00   |
| Instalația frigorifică                                                            | MO-2-cx | MO-2-cx | MO-2-cx | MO-3-cx | MO-4-cx |
| Productivitatea de frig (kW)                                                      | 7,5     | 7,5     | 7,5     | 15      | 20      |

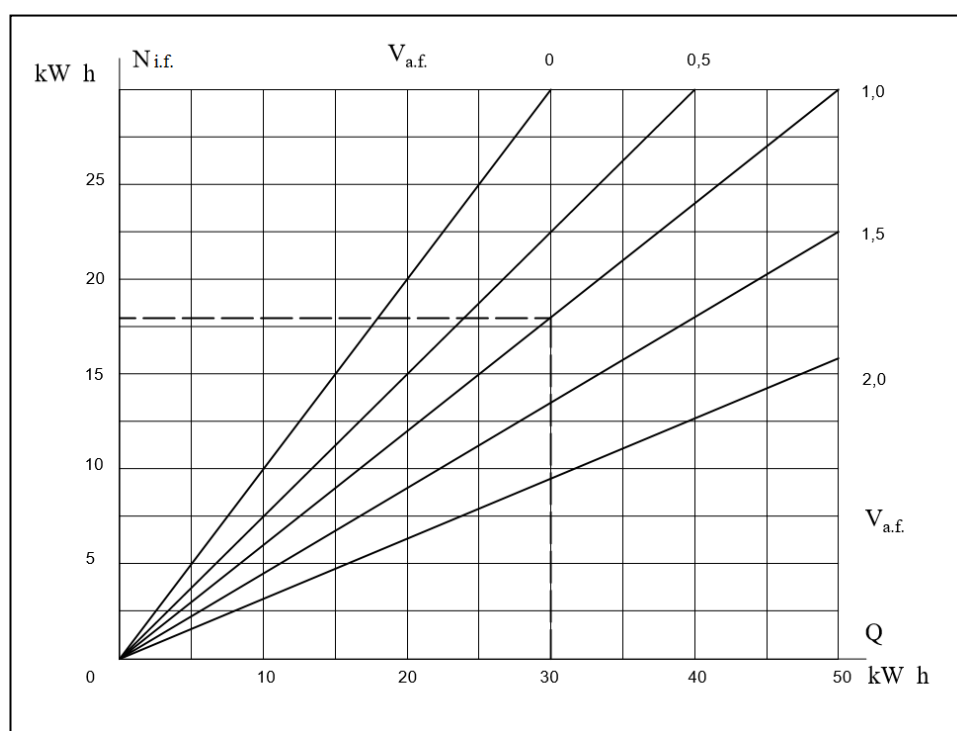


Figura A6.1. Nomograma de selectare a capacității stabilite  $N_n$  a instalației frigorifice pentru sistemul de răcire a liniilor de prelucrare a laptelui cu aplicarea frigului natural și artificial [27].

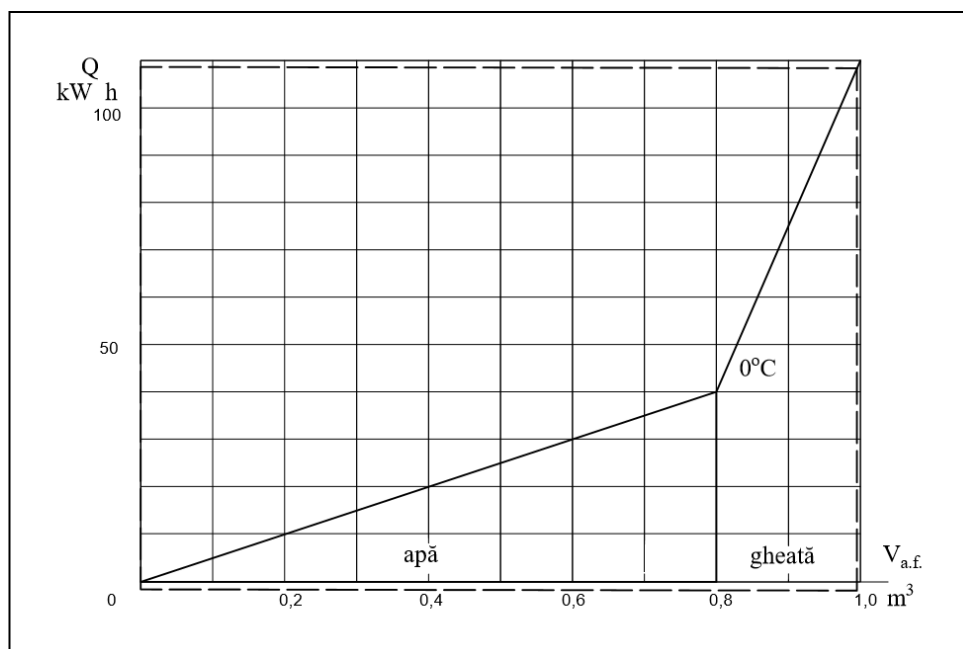


Figura A6.2. Procesul de acumulare și majorare a intensității creșterii rezervelor de frig în acumulatorul cu frig în formă de apă rece și gheață [27].



Tabelul A6.1. **Condițiile testărilor**

| Indicii                                                  | Valoarea indicilor                        |                                            |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                          | după proiect                              | după datele testărilor                     |
| Locul testărilor                                         | Complexul Didactico-Experimental al UASM  |                                            |
| Tipul de lucrări                                         | Răcirea laptelui                          |                                            |
|                                                          | În perioada caldă a anului pentru $t > 4$ | În perioada recea anului pentru $t \leq 4$ |
| Puterea motorului electric a instalației frigorifice, kW | 2.5                                       | 2.5<br>-                                   |
| Puterea motorului electric a acumulatorului cu frig, kW  | 1.0                                       | 1.0                                        |
| Temperatura aerului atmosferic, °C                       | de la – 10 până la + 4                    | - 1                                        |
| Umiditatea aerului în blocul de lapte, %                 | 51                                        | 51                                         |
| Viteza aerului în blocul de lapte, m/s                   | 0.25                                      | 0.25                                       |
| Temperatura apei la intrare, °C                          | 0...4                                     | + 1                                        |
| Temperatura laptelui, livrat spre răcire, °C             | 17...18                                   | + 17...18                                  |
| Conținutul de grăsime în lapte, %                        | 3.5                                       | 3.5...4.1                                  |

Tabelul A6.2. **Rezultatele evaluării indicilor de exploatare și tehnologici**

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

Tabelul A6.3. **Indicii energetici ai instalației**

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

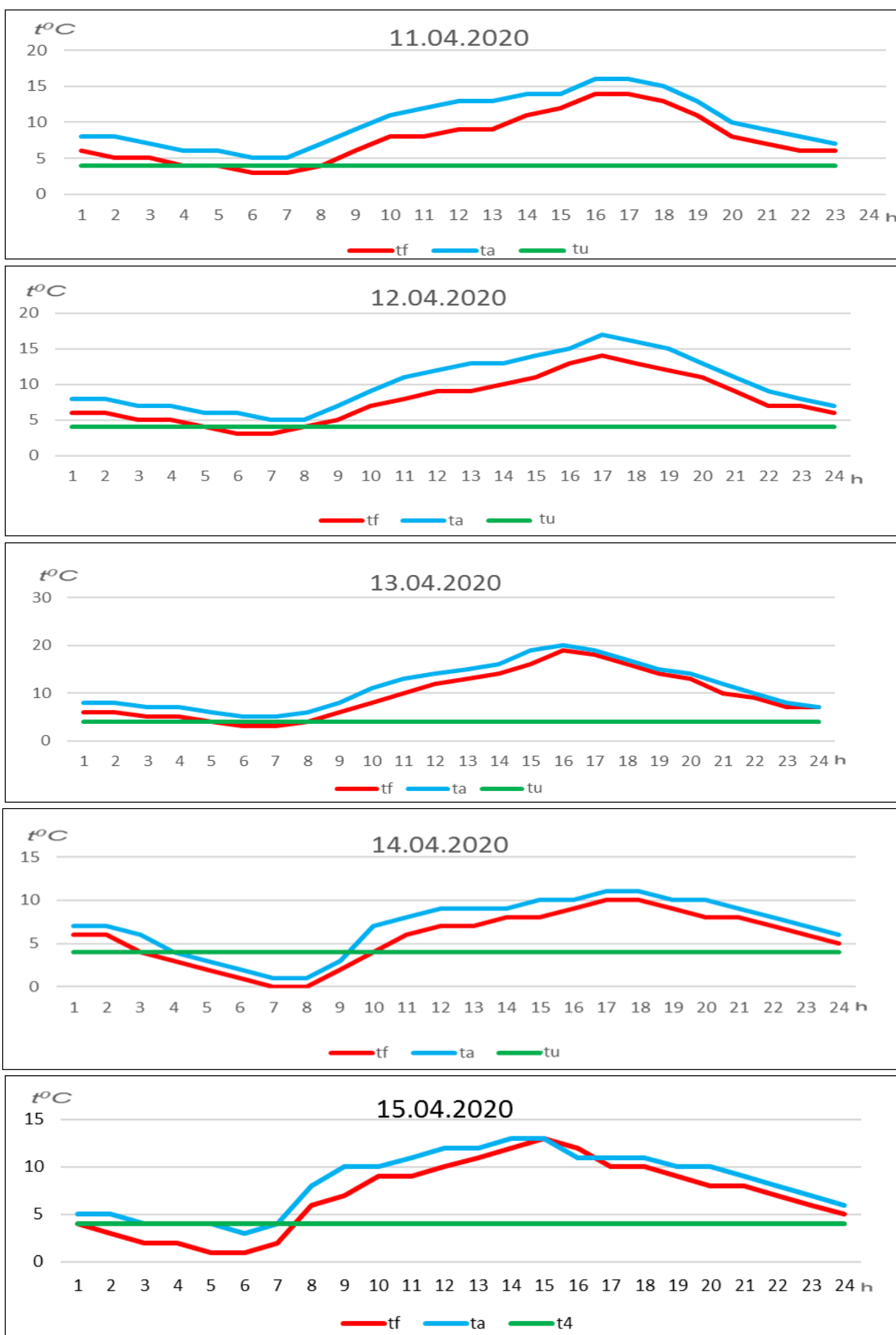


Figura A6.3. Repartizarea temperaturii aerului atmosferic pe ore (începutul)

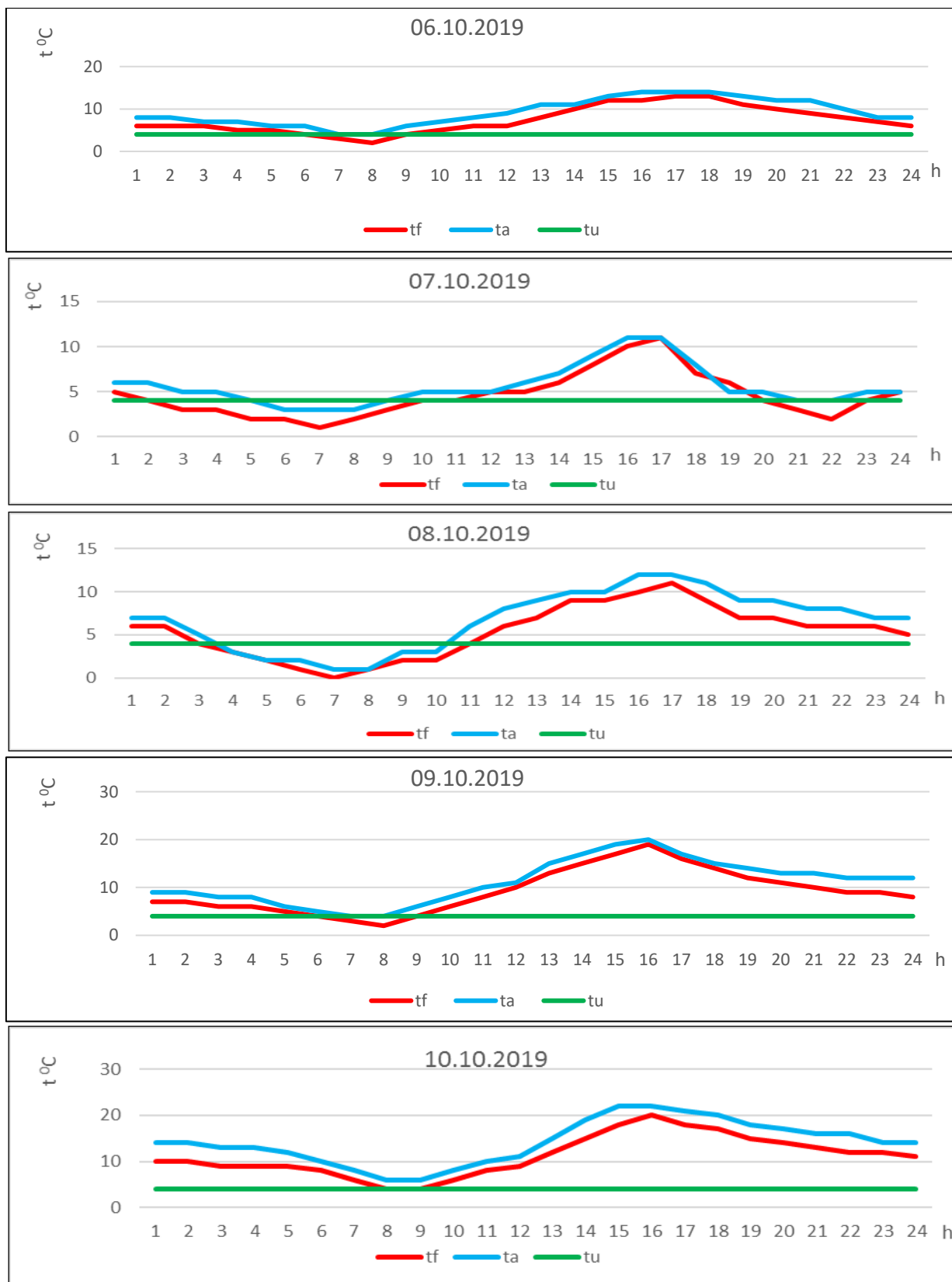


Figura A6.3. **Repartizarea temperaturii aerului atmosferic pe ore**  
 $t_a$  – temperatura aerului conform datelor statistice a stației meteorologice;  
 $t_f$  - temperatura aerului conform măsurărilor de la ferma didactică a UASM;  
 $t_u$  - temperatura aerului de utilizare a instalație cu frig natural pentru răcirea laptelui  $t \leq 4$ ;

## ACT DE IMPLEMENTARE

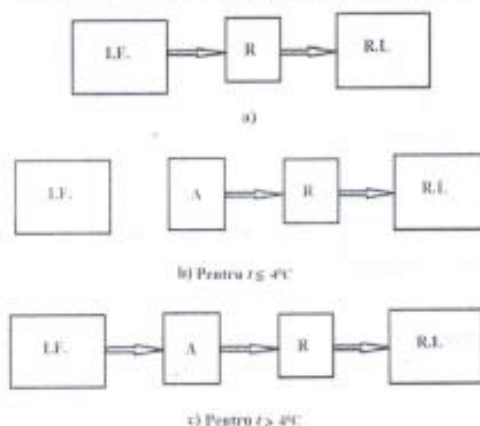
### Act de implementare a instalației combinată cu frig natural și artificial la complexul Didactico – Experimental al UASM

Instalația combinată cu frig natural și artificial a fost elaborată și implementată la complexul Didactico – Experimental al UASM, (Fig.1.1).



**Fig. 1.1 Instalația combinată cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui utilizat la Complexul Didactico-Experimental al UASM**

În perioada rece a anului, răcirea apei în acumulatorul cu apă A are loc la temperaturi joase ale aerului atmosferic – de la  $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ , fără utilizarea instalației frigorifice.



**Fig. 1.2 Răcirea laptelui cu utilizarea frigului artificial (a), natural cu acumulator de apă(b), și artificial cu instalație frigorifică și acumulator cu frig (c)**

IF – instalație frigorifică;

A – acumulator cu frig;

R – răcitor pentru lapte în flux;

RL – rezervor pentru păstrarea laptelui;

t – temperatura aerului atmosferic.

În perioada caldă a anului, are loc răcirea apei de la instalația frigorifică, care, ulterior, se utilizează pentru răcirea laptelui, (Fig.1.2). Totodată, răcirea apei în acumulator în afara orelor de vârf, conform Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică a Republicii Moldova (ANRE) permite de a reduce plata pentru consumul de energie electrică cu 40 %.

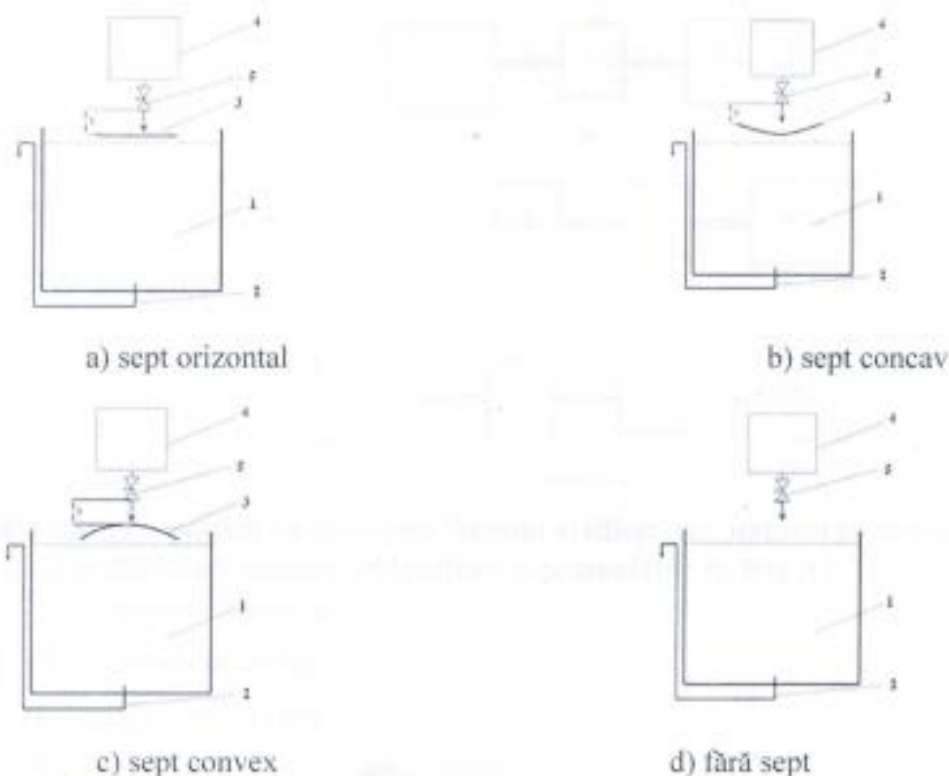
Utilizarea acumulatorului cu apă și în perioada caldă a anului (pentru  $t > 4^{\circ}\text{C}$ ) la răcirea apei în acumulator de la instalația frigorifică, permite de a reduce puterea electrică a instalației frigorifice cu cca 1,6÷1,7 ori.

Consumul specific de energie electrică pentru răcirea laptelui cu utilizarea instalațiilor frigorifice cu frig natural este la nivelul de 0,5 kWh/t față, (Tabelul 1.1) de 25÷30 kWh/t pentru instalațiile frigorifice tip.

**Tabelul 1.1 Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului ( $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ )**

| Data     | Cantitatea de lapte muls zilnic, t | Consumul zilnic de energie electrică, kWh | Consumul specific de energie electrică, kWh/t |
|----------|------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 01.05.20 | 0,6                                | 0,25                                      | 0,42                                          |
| 02.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |
| 03.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |
| 04.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |
| 05.05.20 | 0,5                                | 0,25                                      | 0,5                                           |

Experimental s-a determinat că pentru asigurarea regimului de neamestec a apei în acumulator cu frig, mai eficient (Fig.1.3) este utilizarea septului orizontal, față de cel concav și convex.



**Fig. 1.3. Modelul experimental al acumulatorului cu frig cu septuri de forme diverse**

Instalația combinată cu frig natural și artificial asigură răcirea laptelui până la temperatura de păstrare  $4^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$ .

Șeful fermei

Prorector pentru activitate științifică și inovare

*[Signature]*

Nour Ion.

CERCEL Ilie

|                                                                                                   |                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Decanul Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto<br>Conf. univ. M. Gadibadi<br>10 11 2020 | Prorector pentru activitatea științifică și inovare UASM<br>Dr., conf. univ. Ilie Cercel<br>2020 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### ACT

de implementare a rezultatelor științifice, realizate de către doctorandul **Daicu Anatol**, conducător științific **Volconovici Liviu**, în procesul de instruire a studenților de la ciclul 1 și ciclul 2 de studii, specialitatea: 0713.5 Electrificarea agriculturii” și specializarea 071.MS.03 – Electrotehnologii în mediul rural.

Comisia în componență: președinte – **Malai Leonid**, șeful departamentului „Electrificarea agriculturii, Mecanica și bazele proiectării”, conferențiar universitar, UASM, membrii comisiei: **Tapu Veaceslav**, conferențiar universitar, șef departamentului nr. 1, FIATA, UASM, **Novorojdin Dumitru**, conferențiar universitar, departamentul nr. 1, FIATA, președintele Comisie metodice a Facultății, **Nour Ion**, șeful fermei de lapte din cadrul UASM au întocmit prezentul act despre implementarea în procesul didactic a rezultatelor obținute în teza de doctorat cu tema: „Argumentarea regimurilor de funcționare și a parametrilor constructivi - tehnologici ai instalației ecologice automatizate cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui”, elaborată de către dl **Daicu Anatol**. Rezultatele au fost implementate în procesul didactic în conformitate cu curriculumul și programele analitice ale disciplinelor: „Surse regenerabile de energie”, și „Managementul proiectelor energetice” la specialitatea: 0713.5 Electrificarea agriculturii” și specializarea 071.MS.03 – Electrotehnologii în mediul rural.

Cursurile teoretice: „Surse regenerabile de energie”, și „Managementul proiectelor energetice” au fost completate cu următoarele subiecte în teme conform programelor analitice:

1. Consumul specific de energie electrică la răcirea laptelui(kwh/t) cu utilizarea acumulatorului cu frig natural în perioada rece a anului ( $t \leq 4^{\circ}\text{C}$ ).
2. Modelul experimental al acumulatorului cu frig cu septuri de forme diverse.
3. Utilizarea tehnicii pentru conservarea alimentelor cu folosirea frigului natural și artificial.

La disciplina „Managementul proiectelor energetice” s-au inclus următoarele teme:

1. Conceptele de bază ale unui proiect de implementare a instalației combinată cu frig natural și artificial. ( Diagramele PERT, Program Evaluation and Review Technique);
2. Tehnici de programare a instalației combinată cu frig natural și artificial în managementul proiectelor (Microsoft Project, PERT, Chart Expert, Diagrama CPM (CPM Chart - Metoda Căii Critice), Diagrama Gantt (Gantt Chart)



O valoare deosebită reprezintă implementarea noilor subiecte în teme la cursurile teoretice, care au contribuit la îmbunătățirea și dezvoltarea procesului de învățământ pentru studenții și masteranzi din domeniul „Inginerie și activități ingineresti”. Scopul materialului teoretic constă în familiarizarea studenților și masteranzilor cu instalației combinată cu frig natural și artificial pentru răcirea laptelui la complexul Didactico – Experimental al UASM.

**Președintele comisiei:**

Șeful departamentului EAMBP,  
conferențiar universitar, UASM.



**Leonid Malai**

**Membrii comisiei:**

Conf., univ., dr. în tehnică

**Veaceslav Țapu**

Conf., univ., dr. în tehnică

**Dumitru Novorojdin**

Șeful Fermei UASM

**Ion Nour**

**Certific semnăturile d-lor: Leonid Malai , Veceslav Țapu, Dumitru Novorojdin, Ion Nour.**

*Secretar științific  
al Senatului UASM,  
doctor în economie, conferențiar universitar*



**Baltag Gr.**



## **DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA PROPRIEI RĂSPUNDERI**

Subsemnatul, Anatolie Daicu, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctor sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Anatolie Daicu

21 Octombrie 2020

## CURRICULUM VITAE (CV)

**Numele, prenumele:** Daicu Anatolie

**Adresa:** str. Gheorghe Madan, 50, ap. 30, mun. Chișinău, 2020-MD

**Telefon:** (373-22) 46-15-11, mob. 079-45-32-36

**E-mail:** [a.daicu@uasm.md](mailto:a.daicu@uasm.md), [anatoldaicu@gmail.com](mailto:anatoldaicu@gmail.com)



### STUDII

|                     |                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2015-prezent</b> | <b>UASM</b> , Școala doctorală a Parteneriatului Instituțiilor din Învățământ și Cercetare din Agricultură, specialitatea științifică Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură și dezvoltarea rurală. |
| <b>2009-2010</b>    | <b>UASM</b> , Master în Inginerie și activități ingineresti, specialitatea Mentenanța și fiabilitatea autovehiculelor.                                                                                         |
| <b>2000-2005</b>    | <b>UASM</b> , Facultatea Mecanizarea agriculturii, Inginer licențiat.                                                                                                                                          |
| <b>1989-1993</b>    | <b>Colegiul de transport din mun. Chișinău</b> , specialitatea Deservirea tehnică a automobilelor și motoarelor.                                                                                               |
| <b>1980-1989</b>    | <b>Școala Medie nr. 20 din mun. Chișinău</b> .                                                                                                                                                                 |

### EXPERIENȚĂ PROFESIONALĂ

|                    |                                                                                                |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2017 - 2020</b> | <b>UASM</b> , Prorector de administrare și gospodărire                                         |
| <b>2017- 2018</b>  | <b>Institutul de Științe ale Educației</b> , Centrul de educație rutieră, Specialist           |
| <b>2017-2018</b>   | <b>ANACEC</b> , Evaluator                                                                      |
| <b>2015-2017</b>   | <b>Școala Profesională Nr. 10</b> , profesor: Construcția, Exploatarea și Reparația Automobile |
| <b>1994-2013</b>   | <b>UASM</b> , Maistru didactic, catedra Tractoare și Automobile                                |

### CURSURI DE CALIFICARE/ PERFECTIONARE

|             |                                                                                                                                               |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2016</b> | Certificat de formator – Formarea formatorilor pentru implementarea curriculum-ului ÎPT, domeniul Transport                                   |
| <b>2015</b> | Certificat de perfecționare a Cadrelor didactice din sistemul profesional cu tema Automobilele Hibride                                        |
| <b>2012</b> | Certificat de perfecționare a Cadrelor didactice din sistemul de pregătire a conducătorilor autovehicule, Institutul de Științe ale Educației |
| <b>2010</b> | Certificat de perfecționare a maiștrilor din sistemul de pregătire a conducătorilor autovehicule, Institutul de Științe ale Educației         |

2009 | Permis de conducere – categorii „B-C-D-E-H”

### **COMPETENȚĂ LINGVISTICĂ**

Limba română - maternă;  
Limba rusă - foarte bine;  
Limba germană - bine.  
Limba engleză - bine.

### **CUNOAȘTEREA COMPUTERULUI**

Microsoft Office, Kompas

### **ABILITĂȚI**

comunicabil, energic, responsabil, obiectiv, punctual, abilități de lucru în echipă, spirit de lider, rezistent la stres.

### **INTERESE**

lectura, psihologia, sportul.