

Analiza eficienței sistemului de condiționare de tip VRF pentru o clădire multifuncțională

Student:

Gîrlea Ghenadie

Conducător:

**Guțul Vera
conf. univ. dr.**

Chișinău 2026

REZUMAT

Gîrlea Ghenadie. Analiza eficienței sistemului de condiționare de tip VRF pentru o clădire multifuncțională, teza pentru obținerea titlului de master în inginerie, Chișinău 2026.

Teza include: introducere, trei capitole, concluzii și recomandări, bibliografie din 38 de titluri, 76 de pagini de text de bază, 48 figuri, 5 tabele, 4 anexe.

Cuvinte-cheie: Sisteme VRF, clădiri multifuncționale, agent frigorific, eficiență energetică, climatizare.

Domeniul de studiu: Evaluarea performanței energetice și economice a sistemelor moderne de climatizare de tip VRF aplicate clădirilor multifuncționale.

Primul capitol introduce baza teoretică - ce înseamnă climatizarea, cum au evoluat aceste sisteme și de ce tehnologia VRF este potrivită pentru astfel de clădiri. Se pune accent pe idei esențiale precum zonarea, funcționarea la sarcini parțiale și menținerea unui microclimat stabil.

În al doilea capitol sunt analizate tipurile de sisteme VRF și diferențele dintre ele, atât din punct de vedere constructiv, cât și funcțional. Ideea principală este că nu există o soluție universală - alegerea sistemului depinde de clădire, de modul de utilizare și de cerințele tehnice.

Ultimul capitol trece de la teorie la practică și analizează influența agentului frigorific asupra performanței energetice și costurilor de exploatare. Au fost efectuate calculele consumului de energie a sistemului VRV standard , pentru spațiul administrativ de pe str. Lunca Bîcului 19 .

Concluzia generală este clară: sistemele mai moderne sunt mai eficiente, mai economice și mai prietenoase cu mediul, ceea ce le face o opțiune justificată pentru aplicații reale.

SUMMARY

Gîrlea Ghenadie. Analysis of the efficiency of a VRF air conditioning system for a multifunctional building, Master's thesis in Engineering, Chişinău, 2026.

The thesis includes: an introduction, three chapters, conclusions and recommendations, a bibliography containing 38 titles, 76 pages of main text, 48 figures, and 5 tables, and 4 appendices.

Keywords: VRF systems, multifunctional buildings, refrigerant, energy efficiency, air conditioning.

Field of study: Evaluation of the energy and economic performance of modern VRF air conditioning systems applied to multifunctional buildings.

The first chapter presents the theoretical background, explaining what air conditioning means, how these systems have evolved, and why VRF technology is suitable for such buildings. Emphasis is placed on essential concepts such as zoning, operation under partial loads, and the maintenance of a stable indoor microclimate.

The second chapter analyzes the types of VRF systems and the differences between them from both structural and functional perspectives. The main idea is that there is no universal solution; the choice of system depends on the building, its mode of use, and the technical requirements.

The final chapter moves from theory to practice and analyzes the influence of the refrigerant on energy performance and operating costs. Calculations of the energy consumption of the standard VRV system were carried out for the administrative space located at 19 Lunca Bîcului Street. The general conclusion is clear: more modern systems are more efficient, more economical, and more environmentally friendly, which makes them a justified option for real-life applications.

CUPRINS

INTRODUCERE	5
1. STUDIUL BIBLIOGRAFIC PRIVIND SISTEMELE VRF	7
1.1 Climatizarea aerului în clădiri	7
1.2 Prezentare generală a sistemelor VRF.....	10
1.3 Clasificarea sistemelor VRF.....	13
1.4 Agenți frigorifici în instalațiile de climatizare	14
1.5 Factorii care influențează consumul la sistemele VRF	21
1.6 Concluzii	23
2. ANALIZA TIPURILOR DE SISTEME VRF ȘI PARTICULARITĂȚILE ACESTORA	25
2.1 Variante constructive ale sistemelor VRF.....	25
2.2 Unitățile exterioare ale sistemelor VRF	25
2.3 Tipurile unităților interioare	28
2.4 Regimul de funcționare al sistemului VRF	35
2.5 Sisteme mini-VRF.....	39
2.6 Sisteme VRF standard cu o unitate exterioară	42
2.7 Sisteme VRF standard cu unități exterioare multiple.....	46
2.8 Sisteme VRF cu recuperare de căldură	48
2.9 Sisteme VRF cu răcire cu apă a condensatorului	52
2.10 Repartizarea consumului energetic la VRF	53
2.11 Concluzii	56
3. ANALIZA INFLUENȚEI AGENTULUI FRIGORIFIC ASUPRA PERFORMANȚEI SISTEMULUI	
VRV	58
3.1 Obiectul cercetării și caracterizarea sistemului	58
3.2 Fundamentarea variantelor de analiză.....	62
3.3 Analiza comparativă a unităților exterioare	63
3.4 Analiza performanței energetice și costurilor	69
3.5 Concluzii	73
CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI GENERALE	74
BIBLIOGRAFIE	75

INTRODUCERE

Actualitatea temei: Actualitatea temei constă în creșterea continuă a cerințelor privind eficiența energetică a clădirilor, reducerea costurilor de exploatare și asigurarea unui nivel ridicat de confort interior, în special în cazul clădirilor multifuncționale, unde sarcinile termice sunt variabile și distribuite neuniform pe zone.

În ultimii ani, se observă o schimbare clară a condițiilor climatice, inclusiv în Republica Moldova, caracterizată prin veri mai lungi și temperaturi mai ridicate. În acest context, climatizarea nu mai poate fi tratată ca un element opțional, ci devine o componentă esențială pentru funcționarea eficientă a spațiilor administrative și comerciale.

Soluțiile clasice de climatizare, precum sistemele split sau multisplit, sunt relativ simple și accesibile, însă, odată cu creșterea dimensiunii și complexității clădirilor, apar limitări evidente: încărcarea fațadelor, dificultăți de control centralizat și o eficiență energetică redusă în regim real de exploatare.

În acest context, sistemele de tip VRF/VRV reprezintă o alternativă modernă, capabilă să asigure un control mai precis al condițiilor interioare, adaptat cerințelor fiecărei zone, cu un consum energetic optimizat. Pornind de aici, lucrarea își propune să analizeze, într-un mod mai aplicat, opțiunile existente de climatizare și modul în care acestea au evoluat, cu un accent mai clar pe sistemele VRV. Acestea sunt tot mai des considerate o soluție echilibrată, tocmai pentru că reușesc să combine flexibilitatea cu eficiența energetică [14,16].

Obiectul de studiu al lucrării îl constituie sistemele moderne de climatizare de tip VRF/VRV utilizate într-o clădire multifuncțională, punând accent asupra influenței agentului frigorific și a configurației tehnice a sistemului asupra performanței energetice, costurilor de exploatare și impactului climatic.

Scopul lucrării: Scopul lucrării constă în analiza sistemelor de climatizare de tip VRF pentru aplicare într-o clădire multifuncțională (birouri, spații comerciale), astfel încât să ofere un echilibru între economisirea energiei, flexibilitate în exploatare și confort ridicat.

Pentru atingerea acestui scop, au fost stabilite și abordate următoarele **obiective**:

- analiza literaturii de specialitate privind sistemele de climatizare de tip VRF și domeniile lor de aplicare;
- analiza tipurilor de sisteme VRF și evidențierea particularităților tehnice și funcționale ale acestora;

- realizarea unui studiu de caz pentru o clădire multifuncțională, în vederea analizei influenței agentului frigorific asupra performanței energetice, impactului climatic și costurilor de exploatare ale unui sistem de climatizare tip VRF;
- formularea concluziilor generale și elaborarea recomandărilor.

Semnificația practică. Constă în faptul că aceasta oferă o bază tehnico-economică pentru alegerea, evaluarea și optimizarea sistemelor de climatizare de tip VRF în clădiri multifuncționale. Rezultatele obținute pot fi utilizate la proiectarea sau modernizarea instalațiilor de climatizare, la selectarea agentului frigorific și a echipamentelor adecvate, la estimarea costurilor de exploatare și a consumului de energie.

Obiectul de studiu. Ca obiect de studiu a fost ales sistemul de climatizare a unui spațiu administrativ, oficiile companiei TransAutoGaz srl., la parter cu o cafenea din mun. Chișinău str. Lunca Bîcului 19.

Metode de cercetare: Rezultatele au un caracter teoretic și se bazează pe comparația eficienței sistemelor VRF (clasic și cu recuperare). Evaluarea a fost realizată prin calcule și simulări, utilizând instrumente precum VRV Web Xpress [38], Webtool, Daikin Simulator, precum și aplicații uzuale de lucru – Microsoft Excel, Word, PowerPoint și AutoCAD.

BIBLIOGRAFIE:

1. G. Duta, Manualul de Instalații - Instalații de ventilare și climatizare, București: Editura ARTECNO, 2002.
2. D. Hera, Instalații Frigorifice, volumul I, Agenți Frigorifici, București: Editura Matrix Rom, 2004.
3. Olga Bancea. VENTILAREA ȘI CLIMATIZAREA CLĂDIRILOR – Îndrumar aplicativ - . Timișoara 2007
4. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5029
5. Мультизональные системы кондиционирования Технологии Проектирование Монтаж Сервис. Москва, 2024. (BREEZ Климатические системы; Hisense VRF). https://mir-klimata.info/wp-content/uploads/2025/12/2024_HISENSE_BOOK_VRF_2-0_all_covers.pdf
6. Wargocki, P. (2013). Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences || Productivity and Health Effects of High Indoor Air Quality. <https://sci-hub.hlgczx.com/10.1016/b978-0-12-409548-9.01993-x>
7. Brodie W. Hobson, Andre A. Markus, H. Burak Gunay, Farzeen Rizvi, Minimum sensor grid density and configuration to enable CO2-based demand-controlled ventilation in an office building, Energy and Buildings, Volume 298, 2023, 113536, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113536>.
8. Paolo Carrer, Pawel Wargocki, Annaclara Fanetti, Wolfgang Bischof, Eduardo De Oliveira Fernandes, Thomas Hartmann, Stylianos Kephelopoulou, Susanna Palkonen, Olli Seppänen, What does the scientific literature tell us about the ventilation–health relationship in public and residential buildings?, Building and Environment, Volume 94, Part 1, 2015, Pages 273-286, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.08.011>.
9. Brodie W. Hobson, Andre A. Markus, H. Burak Gunay, Farzeen Rizvi, Minimum sensor grid density and configuration to enable CO2-based demand-controlled ventilation in an office building, Energy and Buildings, Volume 298, 2023, 113536, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113536>.
10. Yousef Al horr, Mohammed Arif, Martha Katafygiotou, Ahmed Mazroei, Amit Kaushik, Esam Elsarrag, Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature, International Journal of Sustainable Built Environment, Volume 5, Issue 1, 2016, Pages 1-11, ISSN 2212-6090, <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2016.03.006>.

12. ELI: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX:32024L1275>
13. Ministerul Infrastructurii și Dezvoltării Regionale al Republicii Moldova. (2025). NCM M.01.01:2025 – Performanța energetică a clădirilor. Cerințe minime de performanță energetică a clădirilor (Ediție oficială). Chișinău. Aprobare și pus în aplicare prin Ordinul MIDR nr. 135 din 31.07.2025 (Monitorul Oficial al RM, 2025, nr. 417–419, art. 658), aplicabil din 06.08.2025.
14. <https://ednc.gov.md/wp-content/uploads/2025/08/NCM-M.01.01-2025.pdf>
15. Republica Moldova. (2016). NCM M.01.02:2016 – Performanța energetică a clădirilor. Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor. <https://ednc.gov.md/wp-content/uploads/2023/06/NCM-M.01.02-2016.pdf>
16. Guvernul Republicii Moldova. (2016). Hotărârea Guvernului nr. 1325 din 12.12.2016 pentru aprobarea Regulamentului privind inspecția periodică a sistemelor de încălzire din clădiri. Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 459–471, art. 1439, https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=111703&lang=ro
17. Republica Moldova. (2002). CP G.04.01–2002 – Certificat energetic al clădirii. Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului (Cod practic în construcții), ediție oficială. Chișinău. <https://ednc.gov.md/wp-content/uploads/2023/06/CP-G.04.01-2002.pdf>
18. Republica Moldova. (2019). CP G.04.15:2019 – Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului. Procedura de inspecție a sistemelor de climatizare din clădiri (Cod practic în construcții: Rețele și echipamente aferente construcțiilor). Chișinău. <https://ednc.gov.md/wp-content/uploads/2023/06/CP-G.04.15-2019.pdf>
19. СНиП 2.04.05–91: Отопление, вентиляция и кондиционирование (Строительные нормы и правила), 1991, <https://ednc.gov.md/wp-content/uploads/2023/06/2.04.05-91.pdf>
20. International Organization for Standardization. (2025). ISO 7730:2025 — Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (Edition 4). Geneva, <https://www.iso.org/standard/85803.html>
21. EN 16798-1:2019(Main) Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics -
Module M1-6, <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/b4f68755-2204-4796-854a->

- [56643dfcfe89/en-16798-1-2019?srsId=AfmBOoq77G7qOj6itioGUKexxPE9amgTjliVYrOblqrqGufhAxek6LrF](https://www.iso.org/standard/60498.html)
22. ISO 17772-1:2017 Energy performance of buildings — Indoor environmental quality Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings, <https://www.iso.org/standard/60498.html>
 23. EN 16798-1:2019 — Energy performance of buildings — Ventilation for buildings — Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics — Module M1-6. Bruxelles, https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/9e321a29-86c6-4226-8331-0c62c69f1924/en-16798-3-2017?srsId=AfmBOoqkYVZH1pPlwCnokWQs8u7fQyh0-EsKgrt2Qn_1ZEmcNJQiB8UE
 24. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2025 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality, https://store.accuristech.com/standards/ashrae-62-1-2025?product_id=3037167#
 25. <https://domxoloda.ru/the-temperature/>
 26. <https://www.el-vent.ru/catalog/avw-96hkfh1/#props>
 27. <https://frigus-systems.ru/product/vrf-sistemy/naruzhnye-bloki/>
 28. <https://euroclimate.org/naruzhniy-blok-vrf-sistemi-hisense-serija-w-heat-recovery-full-dc-inverter-avww-170fkfw1>
 29. <https://eco-servis.com.ua/dnepr/naruzhnyj-blok-sakata-smsw-224y-serii-w-s-vodyanyom-ohlazhdeniem>
 30. <https://teplo-tech.com.ua/hi-flexi-s-series>
 31. https://frigus-systems.ru/upload/iblock/f8f/p00doxehpg2lnx5pi4h6mi54a62k6zg3/Manual_HI_FLEXI_S.pdf
 32. <https://hisense-air.com/katalog/vrf-sistemy-vnutrennie-bloki/13064-vnutrennii-blok-vrf-nastennogo-tipa-avs-15hjftdd/>
 33. <https://www.librarie.net/p/313790/sisteme-de-climatizare-pentru-cladiri-multizonale>
 34. Guțul V. G., Zaițev O., Colomieț T., Guțul V.I. Calitatea aerului interior și eficiența energetică a clădirilor. Modul de curs pentru studii superioare de master și doctorat. Chișinău 2020. ISBN 978-9975-3299-5-8. 189 p.
<https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/33237/Calitate-aer-interior-eficienta-energ-cladiri-Modul-curs.pdf?sequence=1>

35. Guțul V. G., Guțul V.I. Bazele aerodinamicii ventilării: Programul 0732.4 Ingineria sistemelor termice, de gaze și climatizare pentru clădiri. Chișinău 2025.188 p. ISBN 978-9975-3686-9-8. URI: <https://repository.utm.md/handle/5014/33929>
36. Guțul V. I., Guțul V. G. Identificarea factorilor care afectează consumul de energie la sistemele de ventilare și climatizare. Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului. În: Culegere de articole 16-17 noiembrie 2018. UTM. Chișinău. ISBN 978-9975-87-384-0. P.198-193. <https://repository.utm.md/handle/5014/9416>.
37. Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică (ANRE), Tarife reglementate pentru energia electrică în Republica Moldova, disponibil: <https://anre.md/energie-electrica-3-290>, accesat: aprilie 2026.
38. Daikin Industries Ltd., VRV Web Xpress – software engineering tool pentru proiectarea și simularea sistemelor VRV, Daikin Europe N.V., disponibil: https://www.daikin.co.uk/en_gb/installers/software-downloads.html