

Panasko O.M.¹, Ph.D., associate professor

Burmistrov S.V.², Ph.D.,

*¹Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd., 460, Cherkassy, 18006, Ukraine*

*²Cherkasy State Business-College
Chornovil street, 243, Cherkassy, 18024, Ukraine*

Панаско О.М.¹,

к.т.н., доцент

Бурмістров С.В.²,

к.т.н.,

*¹Черкаський державний технологічний університет,
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна*

*²Черкаський державний бізнес-коледж,
вул. Чорновола, 243, м. Черкаси, 18024, Україна*

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ФОРМ ПРЕДСТАВЛЕННЯ
ЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗУ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ
PERSPECTIVES OF ALTERNATIVE FORMS REPRESENTATION FOR LOGICAL
FUNCTIONS APPLICATION IN THE PROBLEMS OF
DIGITAL DEVICES SYNTHESIS**

Анотація: В статті розглянуто можливості та перспективи застосування альтернативних форм представлення логічних функцій в задачах синтезу цифрових пристроїв, розглянуто концепцію оптимальної форми представлення логічних функцій як важливого напрямку структурного вдосконалення цифрових пристроїв на основі реалізації логічних функцій в альтернативних формах представлення. Дана концепція враховує різноманітні форми представлення логічних функцій, обумовлює високу ефективність застосування альтернативних форм представлення з точки зору параметрів структурної складності реалізації комбінаційних схем у порівнянні з традиційною класичною формою представлення. В статті окреслено чинники для подальшого вдосконалення концепції оптимальної форми представлення шляхом наповнення її новими науковими досягненнями, що дозволить повністю або частково зняти труднощі відносно впровадження оптимальної форми представлення в широку інженерну практику.

Ключові слова: логічні функції, форма представлення, оптимальна форма представлення, показники структурної складності реалізації, підмножини пріоритетів, диференціація логічних функцій.

Summary: Opportunities and perspectives of alternative forms application for logical functions presentation in synthesis of digital devices are considered in this article. The concept of logical functions optimal presentation as an important direction of structural improvement for digital devices on the basis of logical functions realization in alternative forms of representation is considered. This concept takes into account the various forms of representation of logical functions, which determines the high efficiency of the application of alternative forms of presentation in terms of parameters of the structural complexity of the implementation of combinational schemes in comparison with the traditional classical form of representation. The article outlines the factors for further improvement of the concept of optimal form of presentation by filling it with new scientific achievements, which will allow to completely or partially eliminate the difficulties in implementing the optimal form of presentation in the broad engineering practice.

Key words: logical functions, form of representation, optimal form of representation, indicators of structural complexity of implementation, subset of priorities, differentiation of logical functions.

Постановка проблеми. Широке впровадження обчислювальної техніки та систем управління в усі сфери людської діяльності, а також ускладнення задач, які розв'язуються цими системами, обумовлюють необхідність постійного пошуку шляхів вдосконалення технічних компонентів комп'ютерних систем. Покращення загальної якості відповідних об'єктів, наслідком яких є мініатюризація, зменшення енергоспоживання, збільшення швидкодії та ін. можливе на основі прогресу як в області технологій, так і шляхом оптимізації структур інтегральних мікросхем, як основної елементної бази технічних компонентів комп'ютерних систем. Оскільки, на думку більшості фахівців, можливості сучасної мікроелектроніки наближаються

до своєї фізичної межі, гостро постає проблема пошуку потенційних шляхів вдосконалення технічних компонентів комп'ютерних систем саме за рахунок структурних змін мікросхем. Оптимізація на структурному рівні може виявитися більш ефективною і здатною компенсувати обмеження щодо розвитку надвеликих інтегральних схем, які визначаються технологічними межами мікромініатюризації на рівні процесів з «розривами» струмів, проблемами розсіювання тепла в кристалі та ін.

Структурна реалізація суттєво залежить від аналітичного представлення логічних функцій, як основних математичних моделей пристроїв сучасної техніки. Розробники в галузі проектування намагаються отримати якомога простіше представлення логічної функції, оскільки існує залежність

між простотою формули логічної функції та компактністю схеми, що її реалізовує. Як впливає з численних досліджень вчених та спеціалістів в галузі логічного проектування, формульне представлення логічних функцій в основному визначається їх формою представлення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Протягом останнього часу дослідження з теорії логічних функцій, що пов'язані з представленням функцій різними способами, достатньо інтенсивно розвиваються. Серед робіт, присвячених структурному вдосконаленню дискретних пристроїв, значне місце посідають роботи дослідників С.В.Яблонського, В.П.Сігорського, В.П.Тарасенка, П.М.Бібіла, А.Д.Закревського, А.А.Шалита, В.М.Супруна, Ю.О.Кочкарьова[1-4]. Зазначені науковці обирають шлях нетрадиційних підходів до представлення та перетворення логічних функцій, до яких, зокрема, належать: концепція багатозначного алфавіту, кінечних предикатів, логічних шкал, інтерполяційних поліномів, спектрального представлення, концепція оптимальної форми представлення. Зазначені методи продемонстрували позитивний ефект в задачах аналізу та синтезу дискретних пристроїв та довели достатньо потужний потенціал нових підходів до представлення логічних функцій в аспекті зменшення їх параметрів складності структурної реалізації. Серед останніх досліджень в цій сфері слід відзначити роботи закордонних науковців Wang P., Almaini A.E.A., Mizuki T. та інших[5,6]. У зазначених роботах основна увага приділяється підходам щодо способів представлення

логічних функцій, оскільки дослідження доводять залежність між структурною оптимізацією мікросхем та формами представлення логічних функцій.

Проте залишається невирішеним досить широкий спектр важливих задач, що пов'язані із застосуванням альтернативних представлень логічних функцій в задачах аналізу і синтезу дискретних пристроїв, а також комплексом супутніх завдань, які пов'язані з їх появою. Це стосується, зокрема, розробки нових методів мінімізації логічних функцій, які повинні бути реалізовані в програмних пакетах для проектувальників і розробників інтегральних схем дискретних пристроїв, а також відповідних схемотехнічних реалізацій.

Мета статті полягає у вирішенні важливої науково-технічної задачі – дослідженні перспективи застосування альтернативних форм представлення логічних функцій в задачах синтезу цифрових пристроїв.

Ця задача є кінцевою метою і змістом розширення концепції оптимальної форми представлення логічних функцій. Вона полягає в реалізації логічних функцій в найбільш доцільних для них формах представлення з точки зору параметрів структурної складності реалізації. В [1] для проведення якісної оцінки структурної реалізації логічних функцій із використанням різних форм представлення, введені певні об'єктивні критерії, які використовуються в осередку виробників мікросхем, а також в даній роботі (табл.1).

Таблиця 1

Параметри структурної складності реалізації логічних функцій

Параметр	Пояснення
S_{ad}	– кількість доданків в запису ЛФ, яка визначає кількість виходів ПЛМ1 (рис.1) (підматриці формування кон'юнкцій) та кількість входів підматриці додавання кон'юнкцій ПЛМ2;
S_{sh}	– кількість доданків в запису ЛФ, що являють собою фактичні кон'юнкції вхідних аргументів, яка визначає кількість потрібних лінійок в ПЛМ1;
S_l	– кількість букв в запису ЛФ, яка являється класичним критерієм порівняння при мінімізації ЛФ;
S_s	– габаритна площа ПЛМ1 в умовних одиницях, яка визначається як: $S_s=2nS_{ad}$ – для КФП; $S_s=nS_{ad}$ – для АФП та РМФП, де n – кількість вхідних аргументів ПЛМ1;
S_{ac}	– площа активних елементів ПЛМ1, яка визначається як $S_{ac}=2nS_{sh}$ – для КФП; $S_{ac}=nS_{sh}$ – для АФП та РМФП.

В роботах [1,2] наявність різних варіантів структурної реалізації ЛФ в першу чергу обумовлена існуванням традиційного класичного та так званих альтернативних – АФП та РМФП способів представлення ЛФ. Відповідно термін «альтернативні форми представлення» в зазначених роботах означає способи представлення логічних функцій, що є відмінними від класичної реалізації ЛФ у вигляді об'єднання операцій диз'юнкцій, кон'юнкцій та заперечень над вхідними аргументами.

В даній роботі розглядається поширений варіант реалізації ЛФ в КФП – програмовані логічні матриці (ПЛМ), типова структура яких приведена на

рис. 2. Складовими ПЛМ є матриці елементів І (ПЛМ1) та АБО (ПЛМ2). До ПЛМ також входять блоки вхідних та вихідних буферних каскадів, які перетворюють однофазні вхідні сигнали в паразитні та формують вихідні сигнали відповідно. Основними параметрами ПЛМ є кількість входів n , кон'юнкцій k та виходів m . Архітектура ПЛМ реально може дещо відрізнятися від наведеної, зокрема, для сприяння більш гнучкому програмуванню ПЛМ.

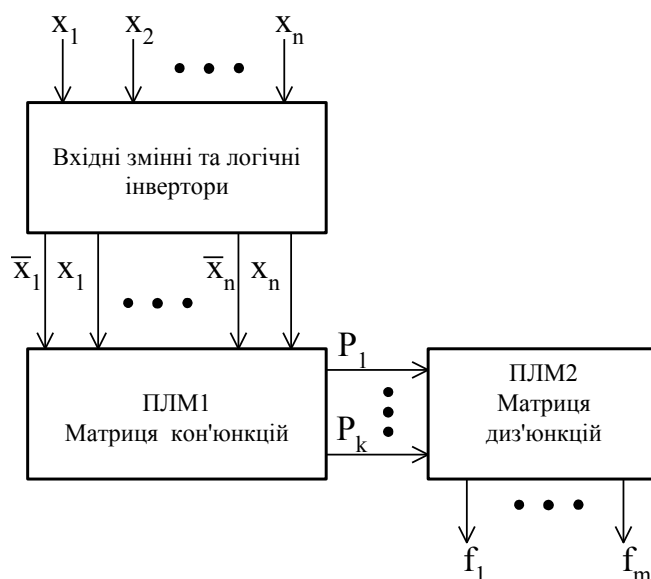


Рис. 1. Типова структура ПЛМ

Розширення концепції оптимальної форми представлення ЛФ стає можливим завдяки розробці нових форм представлення та оцінки їх параметрів структурної складності реалізації ЛФ, методів мінімізації логічних функцій у відомих альтернативних та нових формах представлення, а також розробки нових схемотехнічних рішень на основі альтернативних форм представлення.

Виклад основного матеріалу.

Як зазначалося вище, структурна реалізація цифрових блоків в значній мірі обумовлена аналітичними представленнями логічних функцій (ЛФ), як основних математичних моделей дискретних пристроїв. В свою чергу аналітичні представлення ЛФ залежать від форми представлення (ФП) ЛФ. На сьогоднішній день при проектуванні схем дискретних пристроїв логічні функції переважно представляються у класичній формі – із застосуванням операцій диз'юнкції, кон'юнкції та заперечення. Позитивними рисами класичної форми є простота, різноманітність та зручність елементної бази, великий досвід роботи з нею, адже така форма представлення була ґрунтовно досліджена на протязі тривалого часу чималою кількістю вчених та дослідників. Для класичної форми представлення напрацьовано великий арсенал методів по мінімізації.

В [1,2] продемонстровано, що класична форма (КФП) не є єдиною можливою формою представлення ЛФ та наведено особливості реалізації логічних функцій в відомих альтернативних формах представлення – алгебраїчній (АФП) та Ріда-Мюллерівській (РМФП).

Для досягнення поставленої метивизначальну роль доцільно відводити концепції оптимальної форми представлення (ОФП) ЛФ, яка полягає в реалізації ЛФ в найбільш доцільній для неї ФП з точки зору забезпечення мінімальності параметрів складності реалізації ЛФ. В [7] показано, що потенціал ОФП є значно вищим, ніж окремо взятої форми

представлення ЛФ та окреслено фактори, що стримують на даний час застосування концепції ОФП в широкій інженерній практиці та комплекс задач, які виникають у зв'язку із впровадженням ОФП ЛФ.

В аспекті аналізу перспектив застосування альтернативних форм представлення логічних функцій в задачах синтезу цифрових пристроїв передусім доцільно враховувати підхід щодо визначення кількісної оцінки втрат в площі мікросхеми від виключного застосування класичної форми представлення, що був запропонований в [2]. Запропонована математична модель статистичної оцінки кількості втрат від неоптимальності ФП ЛФ на основі аналізу інтегральних оцінок найбільш суттєвих для розробників інтегральних мікросхем показників структурної складності реалізації ЛФ для повних множин

логічних функцій $L(n)$ в обсязі 2^{2^n} при кількості аргументів ЛФ дозволяє визначити обсяг середньостатистичних втрат від виключного використання класичної форми представлення в площі мікросхеми. В результаті проведених обчислювальних експериментів отримано важливий практичний висновок про те, що виключне використання КФП приводить до технічно необґрунтованих втрат в площі мікросхеми, зокрема, за параметром структурної складності реалізації габаритної площі S_s в середньому близько 40%.

В рамках вдосконалення концепції оптимальної форми представлення логічних функцій для розробки нових форм представлення необхідно сформулювати вимоги до нових потенційних ФП стосовно кількості елементів системи базисних функцій (не більше ніж 2^n) та їх ефективності (не нижчу, ніж традиційної класичної), а також довести технічну доцільність їх застосування в проектуванні дискретних пристроїв та компонентів. Розробка нових форм представлення пов'язана з розробкою нових методів мінімізації логічних функцій в існуючих та нових формах представлення та прове-

денням оцінки ефективності отриманих результатів. Зазначеним вимогам повністю відповідає ортогональна форма представлення ЛФ (ОРФП), яку було запропоновано в [8-10].

Для даної ФП характерною є декомпозиція вхідних аргументів ЛФ на інформативну та базисну під-

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{i=0}^{2^{n-k}-1} Q_i \Phi_i \tag{1}$$

де k – кількість інформативних аргументів підмножини X_Q ; Q_i – інформативні функції, утворені аргументами X_Q ; Φ_i – базисні функції, утворені аргументами потужністю $n-k$.

Інформативні функції виступають в ролі вагових коефіцієнтів для базисних функцій, на які накладається вимога взаємної ортогональності. Для зазначеної ОРФП в частині додавання кон'юнкції програмованої логічної матриці (ПЛМ) достатньо простого логічного елементу типу ОР. Слід відзначити, що ОРФП є багатоваріантною формою, що визначається кількістю інформативних аргументів та розподілом вхідних змінних на підмножини X_Q та X_Φ . Частковий випадок ОРФП при $k=0$ відповідає загальновідомій класичній формі представлення.

дмножини з потужностями k та $n-k$ відповідно. Аргументи утворюють ортогональні базисні функції, серед яких лише одна приймає значення, відмінне від нульового на будь-якому наборі вхідних аргументів. Аналітична форма представлення логічної функції в ОРФП має вигляд

В [1] експериментально встановлено диференціацію повної множини ЛФ $L(n)$ з ростом кількості аргументів на так звані підмножини пріоритетів за вищевказаними критеріями. Елементами підмножини пріоритетів є визначені ЛФ, для яких найбільш доцільною є та чи інша форма представлення або, можливо, їх комбінація. Структуру множин $L(n)$ демонструє діаграма Вена на рис.2. Межі вказаних підмножин обумовлюються обраними критеріями оцінки складності реалізації.

На діаграмі К, А, Р, О означають чисті підмножини пріоритетів ЛФ, для реалізації яких найбільш доцільна тільки одна з зазначених форм – КФП, АФП, РМФП або ОРФП. Проміжні підмножини пріоритетів представлені ЛФ, для яких рівнозначно доцільними з точки зору параметрів структурної складності реалізації є більше ніж одна ФП з множини {КФП, АФП, РМФП та ОРФП}, відповідно КА, КР, АР, КАР, КО, АО, КАРО та інші.

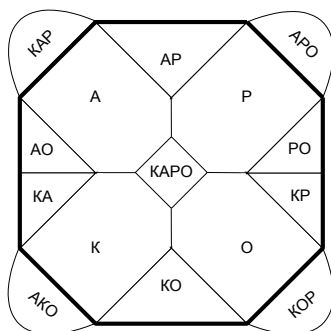


Рис. 2. Структура $L(n)$ за підмножинами пріоритетів

Визначені сумарні потужності підмножин, пов'язаних з відповідними ФП – класичною КФП (CLASSIC (C)), алгебраїчною АФП (ALGEBRAIC (A)), Ріда-Мюллерівською РМФП (RID-MULLER

(R)) та ортогональною ОРФП (ORTOGONAL (O)) наведені в табл.2 та представлені графічно на рис.3-5.

Таблиця 2

Сумарні потужності підмножин в структурі $L(n)$

Підмножини	L(3)	L(4)	L(5)
КФП К (CLASSIC (C))	2,4	0,6	3,34
АФП А (ALGEBRAIC (A))	73,1	60,1	14,84
РМФП Р (RID-MULLER (R))	79,4	66,5	78,2
ОРФП О (ORTOGONAL (O))	4,3	6,9	17,1

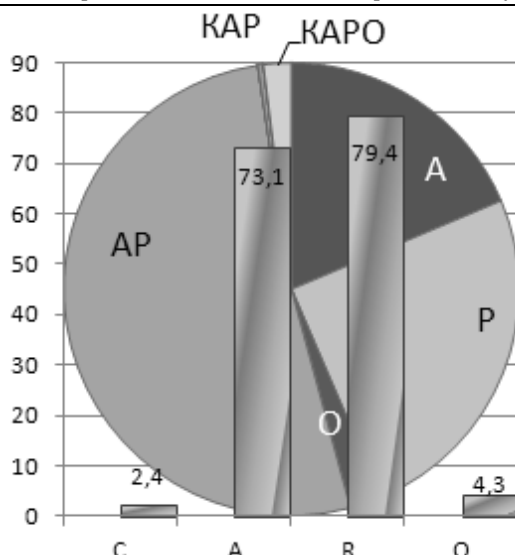


Рис.3. Вміст сумарних підмножин $L(3)$

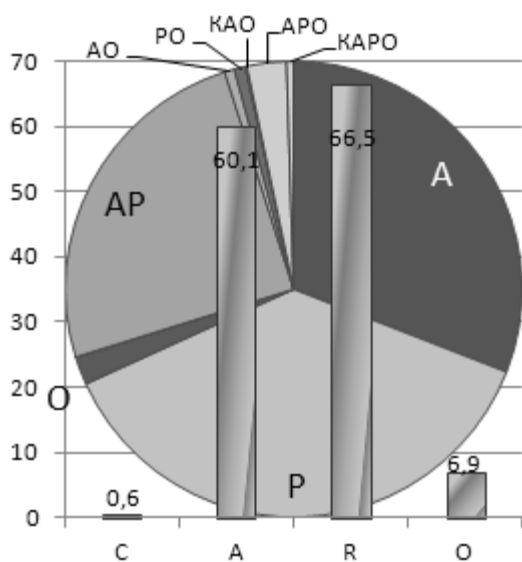


Рис.4. Вміст сумарних підмножин $L(4)$

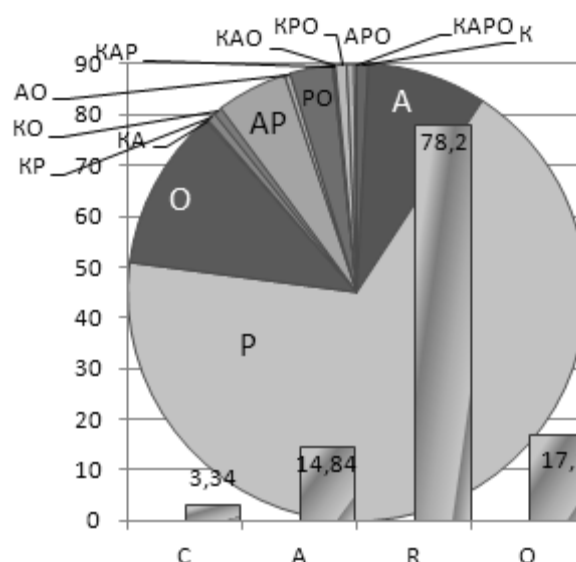


Рис.5. Вміст сумарних підмножин $L(5)$

Висновки. В роботі було представлено можливості та перспективи застосування альтернативних форм представлення логічних функцій в задачах синтезу цифрових пристроїв, розглянуто концепцію оптимальної форми представлення логічних функцій та відзначено можливі шляхи подальшого вдосконалення концепції ОФП, що ґрунтуються на розробці ефективних методів мінімізації ЛФ в альтернативних ФП, розробці ефективних схемотехнічних реалізацій ЛФ в цих ФП, розробці нової організації системи логічного проектування цифрових блоків з урахуванням наявності більш ефективних, ніж КФП, альтернативних ФП, пошуку та оцінці ефективності нових, невідомих на даний момент ФП. Визначено сумарні потужності підмножин пріоритетів ЛФ, пов'язаних з відповідними формами представлення – класичною, алгебраїчною, Ріда-Мюллерівською та ортогональною.

Список літератури

1. Кочкарев, Ю.А. Совершенствование структуры аппаратных средств обработки сигналов на основе мультиформного представления логических функций [Текст] / Ю.А. Кочкарев, Е.Н. Панаско, С.А. Шакун // *Электроника и связь*. – №1. – Киев. – 2006. – С.82 - 86.
2. Кочкарев, Ю.А. Статистическая оценка потерь от неоптимальности формы представления логических функций [Текст] / Ю.А. Кочкарев, Е.Н. Панаско, Н.С. Кучерова // *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. – №32. – Дніпропетровськ. – 2009. – С.171–177.
3. Дьяченко, В.В. Минимизация симметрических булевых функций в классе полиномов Ріда – Маллера [Текст] / В.В. Дьяченко, В.П. Супрун // *Дискретная математика, алгебра и их приложения: тез. докл. Междунар. науч. конф., 14–18 сентября 2015 г.*, – Минск, 2015. – С. 98-100.
4. Алексейчук, А.Н. Алгебраически вырожденные приближения булевых функций [Текст] /

А.Н. Алексейчук, С.Н. Коношук // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – Т. 50, № 6. – С. 3-14.

5. Wang, P. Conversion algorithm for MPRM expansion [Текст] / P.Wang, Z.Wang, R.Xu, Z.Jiang, D.Wang // Journal of Semiconductor, Institute of Circuits and Systems, Ningbo University, Ningbo, China. – 2014. – Vol. 35, No.3. – PP. 150-155.

6. He, Z. A power and area optimization approach of mixed polarity Reed-Muller expression for incompletely specified Boolean functions [Текст] / Z. He, L. Xiao, L. Ruan // Journal of computer science and technology. – 2017. – Vol.32, No.2. – PP. 297 – 311. doi: 10.1007/s11390-017-1723-1.

7. Panasko, E.N., Burmistrov, S.V. Conception of the optimal form of the logical functions presentation and problems of its implementation/Radioelectronic and computer systems (Радиоелектронні і комп'ютерні системи). – 2018. – №1. – С.32 –39.

8. Kochkarev, Y.A. Ortogonal forms of presentation of boolean functions in device blocks [Текст] / Y.A. Kochkarev, I.I. Osipenkova, E.N. Panasko // Датчики, приборы и системы ДПС – 2009: материалы международной научно-технической конференции. – Ялта. – 2009. – С.39-42.

9. Панаско, О.М. Дослідження ефективності ортогональної форми представлення логічних функцій [Текст] / О.М.Панаско // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Вип. 4. – Серія «Комп'ютерні мережі і компоненти, приладобудування». – Черкаси: ЧДТУ, 2013. – № 4. – С. 7 – 13.

10. Панаско, О.М. Пошук однакових фрагментів при мінімізації логічних функцій в ортогональній реалізації [Текст] / О.М.Панаско // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: НАУ «ХАІ», 2014. – № 1. – С. 105 – 111.

Тепляков А.А.

*student of 1 course of Aerospace Institute,
Orenburg State University*

Тепляков А.А.

*студент 1 курса Аэрокосмического Института,
Оренбургский государственный университет*

AUTOMATION AND DISPATCHING OF VENTILATION SYSTEMS

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Summary: Theoretical and practical aspects of development and implementation of an automated ventilation control system using the industrial network Modbus.

Key words: automation, microcontrollers, telecommunications, ventilation control.

Анотация: Исследованы теоретические и практические аспекты разработки и внедрения автоматизированной системы управления вентиляцией с использованием промышленной сети Modbus.

Ключевые слова: автоматика, микроконтроллеры, телекоммуникации, управление вентиляцией.

Постановка проблемы. Система вентиляции является важной инженерной системой жизнеобеспечения здания. В связи с удорожанием оборудования и монтажных работ по системе вентиляции возникает вопрос целесообразности и эффективности использования автоматизированного управления системами вентиляции зданий.

Анализ последних исследований и публикаций. Обзор публикаций по данной теме позволяет сказать, что данная тема актуальна на сегодняшний день. Автоматизация и диспетчеризация зданий должна максимально минимизировать «человеческий фактор» и обеспечить контроль над автономно работающим оборудованием, объединив его в единый инженерный комплекс.[2]

Сегодня в нашей стране проводится масштабная работа по сокращению расходов всех видов энергоресурсов, а постоянный рост цен требует поиска эффективных методов экономии.[5]

Цель статьи. Исследование теоретических и практических аспектов разработки и внедрения ав-

томатизированной системы управления вентиляцией с использованием промышленной сети Modbus.

Изложение основного материала. Сегодня производители систем автоматического управления (САУ) вентиляцией применяют ПЛК и промышленные сети для объединения нескольких систем и диспетчеризации. АСУ вентиляцией обеспечивает необходимый воздухообмен и контроль температуры подаваемого воздуха для комфортной работы персонала.

Основные функции данной системы:

- управления исполнительными механизмами;
- звуковое оповещение при возникновении аварийной ситуации;
- связь систем по сети;
- возможность изменения настроек климата;
- визуализация работы системы на экране диспетчера.