

УДК 378.141

**С. В. Бевз, к. т. н., доц.; В. В. Войтко, к. т. н., доц.;**  
**С. М. Бурбело; А. М. Шоботенко**

## **РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ МАГІСТРАТУРИ**

*Розроблено модель автоматизованої системи формування розкладу магістратури. Система реалізує методику складання розкладу, орієнтованого на організацію навчального процесу магістрантів наукового напрямку Вінницького національного технічного університету. Методика враховує специфіку індивідуальних планів магістрантів, адаптованих до вимог Болонського процесу. Дана розробка є структурним модулем автоматизованої системи документообігу Інституту магістратури, аспірантури та докторантури.*

**Ключові слова:** *автоматизована система формування розкладу, розклад занять, математичні моделі розкладу занять, системи документообігу, індивідуальні плани магістрантів.*

### **Вступ**

Сьогодні низка програмних продуктів у сфері освіти репрезентована різними засобами автоматизації документообігу і керування навчальним процесом. Відома [1, 2] програма складання розкладу "Ректор" забезпечує можливості автоматичного, напівавтоматичного та ручного режиму роботи; реалізує процес об'єднання уроків, розділення потоків слухачів на групи, враховує санітарно-епідеміологічні правила і норми навчальних закладів. Набір функцій програми ASC TimeTables є значно ширшим та включає додаткові операції перевірки психологічних і педагогічних норм для викладачів та студентів [3, 4]. Програма "Расписание Про" [2, 5] призначена для складання розкладів в ручному режимі з використанням методу "drag-and-drop" та автоматичному режимі, з можливістю експорту в таблицю Microsoft Excel. В даній програмі реалізована функція вибору інформації окремо для студентів та викладачів. У програмі "Університет" [6] формування розкладу здійснюється з урахуванням можливості проведення занять в аудиторіях різних навчальних корпусів, програма має багатомовний інтерфейс і багатоформатний експорт. Проте існуючі програмні засоби автоматизованого формування розкладу не враховують сучасних підходів до організації системи освіти вищої школи та принципів Болонського процесу.

Актуальність розробки полягає в потребі удосконалення процесу формування розкладу з метою підвищення ефективності документообігу Інституту магістратури, аспірантури та докторантури (ІнМАД) за рахунок використання автоматизованих режимів формування розкладу занять магістрантів Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) з урахуванням сучасних вимог вищої школи до організації навчального процесу. Метою роботи є автоматизація процесу формування розкладу шляхом розробки модуля автоматизованої системи документообігу ІнМАД. Під об'єктом дослідження розуміємо процеси автоматизованого формування розкладу та можливість його оптимізації. Предметом дослідження слугують засоби створення автоматизованих систем реалізації документообігу у вищому навчальному закладі. Головними задачами даної роботи є: розробка програмних засобів автоматизації для формування розкладу дисциплін магістерської підготовки в ІнМАД, розробка бази даних для збереження необхідної службової інформації, розробка методів реалізації автоматизованих процесів.

### **1. Постановка задач дослідження**

Інститутом магістратури, аспірантури та докторантури Вінницького національного технічного університету проводиться розробка автоматизованої системи формування документів документообігу інституту, забезпечуючи локальний та мережевий режими

роботи користувачів. Однією із важливих функцій системи є задача автоматизованого формування розкладу занять для магістрантів наукового напрямку. Серед початкових умов відзначимо необхідність створення модуля автоматизованої системи "Формування розкладів" та супутньої документації, спрямованої на організаційне забезпечення навчального процесу. Важливого значення при цьому має специфіка індивідуальних планів магістрантів, адаптованих до вимог Болонського процесу. Такі плани акумулюють блоки обов'язкових дисциплін, блоки дисциплін вільного вибору студентів, які, у свою чергу, формують модульне забезпечення інтегральних дисциплін відповідних спеціальностей та блоки дисциплін, орієнтованих на підготовку фахівців за напрямками спеціальностей аспірантури. Окремо слід відзначити необхідність взаємоузгодження характерних параметрів розроблюваного модуля з існуючою загальною автоматизованою системою ведення документації ІнМАД, що обумовлює можливість спільного використання загальних баз даних у процесі вибору потрібної інформації та впровадження загальної системи захисту. Реалізація початкових умов створення автоматизованої системи передбачає розробку та використання окремого модуля авторизації користувачів з метою подальшої програмної підтримки роботи в режимі користувача та адміністратора.

Модуль підтримки інтерфейсу користувача повинен забезпечувати, виходячи з отриманих від модуля авторизації прав доступу, можливість введення і редагування інформації, визначення пошукових параметрів інформативних запитів, відображення, зберігання, друк сформованих документів. Інформаційне забезпечення системи зберігається у базі даних MySQL, безпосередній доступ до якої має лише адміністратор. Процедура експорту (імпорту) даних здійснюється шляхом пошуку ідентифікованого коду плану за номером спеціальності, для якої дозволена модифікація. Першочергове завдання полягає в розробці методу автоматизованого формування розкладу та моделей автоматизованої системи його реалізації.

## 2. Аналіз інформаційного забезпечення системи

Розклад занять акумулює інформацію з дисципліни, навчальні групи, викладачів та аудиторії, обумовлюючи створення складної системи взаємозв'язків між інформативними таблицями у процесі формування. Врахування загальних даних завантаженості викладачів та студентів у процесі розробки розкладу з вибором аудиторій, що відповідають за критерієм кількості навчальних місць, потребує використання оптимізаційних методів обробки інформації. А також презентує складність і трудомісткість процесу створення розкладу в вищих навчальних закладах, що, у свою чергу, обумовлює актуальність розробки автоматизованої системи формування розкладу, спрямованої на автоматизацію рутинних процесів обробки інформативних потоків та оптимізацію структури розкладу. У навчальному процесі традиційно використовуються такі типи занять: лекція, практика, семінар, лабораторна робота та самостійна робота студентів, причому останній вид роботи в розклад не включається. Під час формування розкладу кількість занять на тиждень є фіксованою сталою величиною і визначається оптимальним розподілом навантаження.

Важливим завданням є налагодження системи зв'язків між окремими таблицями бази даних. Запис і зчитування інформації реалізується за єдиним для всіх таблиць уніфікованим шаблоном, котрий включає попередній відбір та копіювання даних у робочу таблицю «Розклад» модульної бази даних. Ця таблиця є основним джерелом інформаційного забезпечення процесу формування кінцевих документів, що відображають результати міжкафедрального розподілу навантаження дисциплін магістерської підготовки.

Крім того, важливо забезпечити захист від появи можливих помилок, викликаних неуважністю оператора. Цей принцип є головним для створення автоматизованої системи і реалізується шляхом системного впровадження масивів дозволів на доступ до інформаційного забезпечення бази даних. Так вибір групи системно обумовлює доступ лише до тих дисциплін з навчального плану, які викладаються для обраної групи у поточному

триместрі.

Структурна схема інтерфейсу користувача (рис. 1) презентує забезпеченість програмного середовища функціональними можливостями процесу автоматизації.

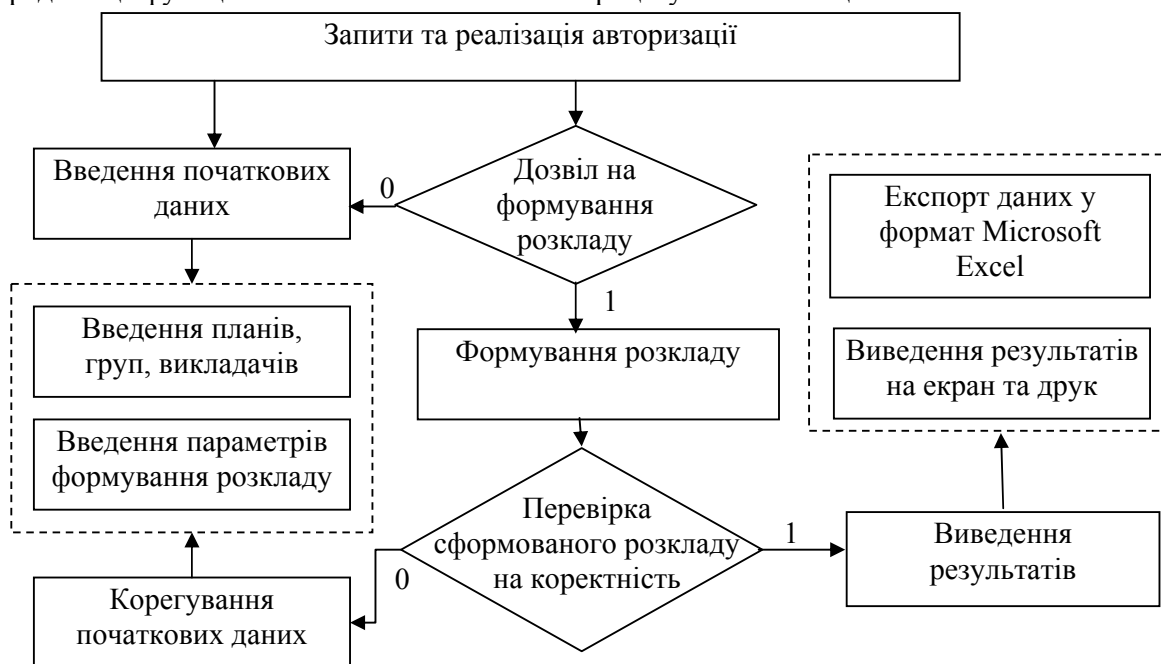


Рис. 1. Структурна схема інтерфейсу користувача

### 3. Математична модель формування індивідуального розкладу занять

Визначення інформаційних показників системи для створення розкладу занять зумовлює введення наступних множин:  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_{m_t}\}$  – множина викладачів;  $M = \{M_1, M_2, \dots, M_{m_m}\}$  – множина магістрантів;  $D = \{D_1, D_2, \dots, D_{m_d}\}$  – множина дисциплін.

Завдяки реалізації індивідуального вибору блоків дисциплін згідно з вимогами Болонського процесу значення параметра  $m_m$  визначається кількістю магістрантів, яким читається вибрана дисципліна у визначений дискретний момент часу, лежить в межах від 1 (заняття за дисципліною блоку індивідуального вибору) до  $m_m$  (наприклад, лекційне заняття дисципліни, що викладається на загальний потік магістрантів).

Дисципліни в розкладі занять розрізняються наступними типами:

$$D_i = \{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{i7}\},$$

де  $L_{i1}$  – лекційні заняття,  $L_{i2}$  – заняття з лабораторного практикуму;  $L_{i3}$  – практичні заняття;  $L_{i4}$  – семінарські заняття;  $L_{i5}$  – самостійна робота студентів;  $L_{i6}$  – курсові роботи;  $L_{i7}$  – курсові проекти.

Кожне заняття  $L_{ij}$  потребує  $p_{ij}$  часу і може читатись викладачем з множини  $\tau_{ij} \subseteq \{T_1, \dots, T_{m_t}\}$  ( $i$  – дисципліна;  $j$  – вид заняття) магістрантам з множини  $\mu_{ij} \subseteq \{M_1, \dots, M_{m_m}\}$ , які вибрали  $i$ -ту дисципліну.

Таким чином, пріоритетними напрямками вирішення задачі є концептуальний аналіз основних характеристик процесу створення розкладів для занять магістрантів, як от:  $\alpha$  – характеристики викладачів;  $\beta$  – характеристики магістрантів;  $\gamma$  – характеристики дисциплін, та реляційне формування цільового функціоналу задачі  $\delta$ .

На підставі досліджень [5] можна стверджувати, що поле  $\alpha$  складається з двох частин  $\alpha = \alpha_1 \cap \alpha_2$ :  $\alpha_1 = P$  – завантаженість викладачів дисциплінами магістерської підготовки.

Загальний час навантаження викладача складає:

$$p_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^7 q_{ij} \left| \begin{array}{l} q_{ij} = p_{ij} \mid (\tau_{ij} = T_k) \cap \left( \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^{m_m} \mu_{il} > 0 \right) ; \\ q_{ij} = 0 \mid (\tau_{ij} \neq T_k) \cup \left( \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^{m_m} \mu_{il} = 0 \right) . \end{array} \right.$$

Другий параметр  $\alpha_2 = W$  – ваговий коефіцієнт рейтингу викладача.

Позначивши множину уроків  $\lambda_{du}$ , де  $TD \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$  – позначення робочих днів тижня,  $TU \in \{7, 8, 9, 10\}$  – номери уроків розкладу занять у магістратурі наукового напрямку, отримаємо множину часових інтервалів:  $TR = TD \times TU$ .

Запишемо приклади можливих обмежень для  $k$ -го викладача:

$$x_{k1} = \lambda_{du} \mid (d \in \{3, 4\}) \cap (7 < u < 10); \quad x_{k2} = \lambda_{du} \mid (d = 5) \cap ((u = 9) \cup (u = 10));$$

$$x_{k3} = \lambda_{du} \mid (d \neq 1) \cap (d \neq 4); \quad x_{k4} = \lambda_{du} \mid ((d = 1) \cap (u = 10)) \cup (d > 1, \forall u).$$

Характеристичні параметри магістрантів у загальній системі створення розкладу подаються у вигляді наступної контамінації:  $\beta = \beta_1 \cap \beta_2$ , де  $\beta_1 = G_i$  – магістранти входять до певних груп, що визначаються спеціальністю базової підготовки і кафедрою фахового спрямування;

$\beta_2 = F_i$  – магістранти формують низку потоків згідно індивідуального плану магістерської підготовки:  $F = \{F_1, F_2, \dots, F_{11}\}$ .

Тут  $F_1$  – загальний потік магістрантів;  $F_2$  – потоки магістрантів для практичних та семінарських занять з циклу гуманітарних та соціально-економічних дисциплін;  $F_3$  – фахові потоки магістрантів для викладання дисциплін теоретичного підґрунтя;  $F_4$  – об'єднані потоки магістрантів для викладання дисципліни "Теорія і практика наукових досліджень";  $F_5$  – потоки магістрантів для викладання дисциплін наукового спрямування;  $F_6$  – потоки магістрантів окремих спеціальностей чи кафедр для викладання прикладних аспектів дисциплін магістерської підготовки;  $F_7$  – потоки суміжних та окремих спеціальностей для викладання інтегральних дисциплін;  $F_8$  – потоки магістрантів для викладання дисциплін іноземної мови;  $F_9$  – потоки магістрантів для викладання дисциплін окремих спеціалізацій;  $F_{10}$  – потоки магістрантів для викладання вибраних дисциплін з циклу гуманітарних та соціально-економічних дисциплін;  $F_{11}$  – потік магістрантів індивідуального вибору дисциплін.

В свою чергу поле  $\gamma$  спрямоване на наступні характеристики:  $\gamma_1 = f_{ij}$  – дисципліна належить плану спеціальності і читається в довільному порядку.

Час занять для  $k$ -ого магістранта за індивідуальним розкладом визначається з виразу:

$$r_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^7 q_{ij} \left| \begin{array}{l} q_{ij} = p_{ij} \mid (\mu_{ik} > 0); \\ q_{ij} = 0 \mid (\mu_{ik} = 0). \end{array} \right.$$

$\gamma_2 = R$  – дисципліни належать до множини дисциплін, вибраних магістрантом. Множина належності дисципліни до індивідуального плану магістранта:

$$R \subseteq D \mid p_i = \sum_{k=1}^{m_m} q_{ik} > 0 \mid \begin{array}{l} q_{ik} = p_{ik} \mid \mu_{ik} > 0 \\ q_{ik} = 0 \mid \mu_{ik} = 0 \end{array} \text{ для } i = \overline{1, m_d}.$$

$\gamma_3 = J$  – певний вид занять дисципліни, що читається одним чи декількома викладачами. Множина належності дисципліни до індивідуального плану роботи викладача визначається

$$\tau_{ijk} \in \{0, 1\}, \text{ де } i = \overline{1, m_d}, j = \overline{1, 7}, k = \overline{1, m_t} : J \subseteq D \mid \sum_{k=1}^{m_t} \tau_{ijk} > 0 \mid p_{ij} > 0, \forall i, \forall j.$$

Отже, при наявному аудиторному навантаженні  $p_{ij}$  будь-якого типу заняття для всіх дисциплін визначаються згідно розподілу один чи декілька викладачів (наприклад, у разі викладання інтегральних дисциплін) для проведення  $ij$ -того заняття.

$\gamma_4 = B = B_1 \cup B_2 \cup B_3$  – розподіл дисциплін за видом занять згідно кратності тижнів, де  $B_1$  – множина щотижневих занять;  $B_2$  – множина занять, що відбуваються один раз на два тижні;  $B_3$  – множина занять дисциплін, кількість яких не кратна половинній кількості тижнів (такі заняття плануються за певними датами).

$\gamma_5 = H$  – розподіл типів занять дисциплін, враховуючи обмеження, що зумовлені психолого-педагогічними особливостями викладання та сприйняття дисциплін магістрантами наукового напрямку:  $h_k \in \{-20, \dots, 20\}$ ,  $k = \overline{1, m_h}$ , тут  $m_h$  – кількість психолого-педагогічних обмежень.

Цільова функція автоматизованого формування розкладу  $\delta$  з врахуванням необхідних умов з максимальною кількістю балів:

$$\delta = \max \left( \sum_{k=1}^{m_t} w_k \sum_{j=1}^{m_x} \frac{v_{kj} \pi_{kj}}{\sum_{i=1}^{m_x} \pi_{ki}} + \sum_{k=1}^{m_h} n_k \cdot h_k \right)$$

тут  $v_{kj} \in \{0, 1\}$ ,  $j = \overline{1, m_x}$  – ознака врахування додаткової умови для викладача відповідної дисципліни,  $\pi_{kj}$  – пріоритет реалізованої умови,  $w_k$  – ваговий коефіцієнт рейтингу викладача,  $\pi_{ki}$  – пріоритети комплексу різних умов для відповідного викладача.

#### 4. Розробка моделей автоматизованої системи формування розкладу

Модель автоматизованої системи (рис. 2) презентує своє структурне підпорядкування загальній автоматизованій системі ведення документообігу ІнМАД, відображає функціональний взаємозв'язок та можливість узгодженого використання загальних ресурсів.

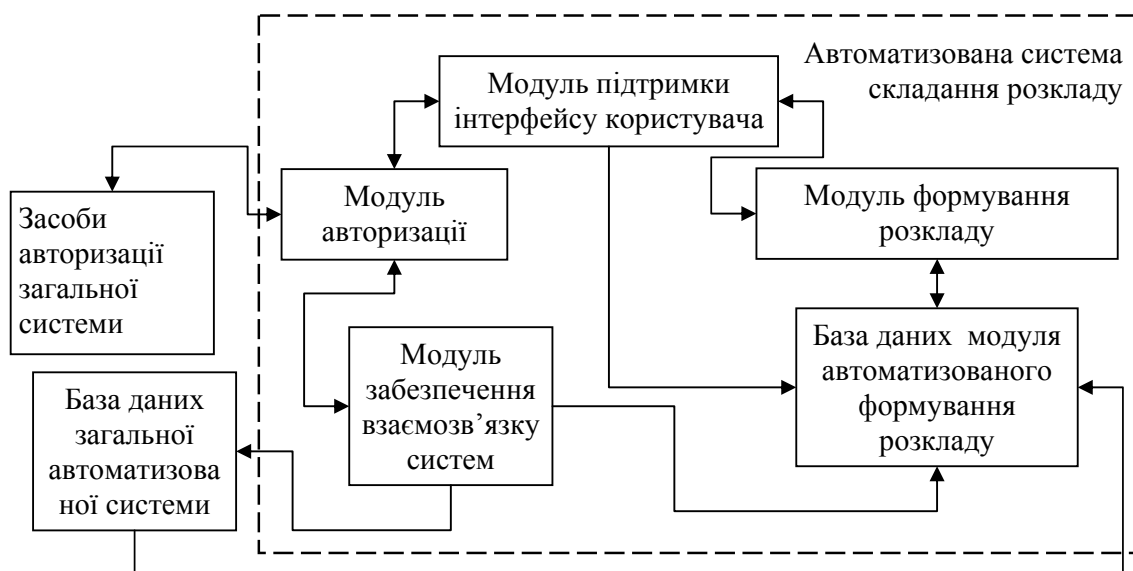


Рис. 2. Узагальнена модель автоматизованої системи формування розкладу

Результатом аналізу предметної області є складання структурної схеми даних, яка відображає основні зв'язки між інформативними таблицями (рис. 3).



Рис. 3. Схема даних та взаємозв'язків між інформативними таблицями

## 5. Розробка програмного забезпечення системи

Реалізація основних вимог до оформлення програмного середовища та забезпечення дружнього інтерфейсу здійснюється з використанням технології каскадних таблиць стилів (Cascading Style Sheets (CSS)), що дозволяє залишити в рамках декларативного характеру розмітки сторінки і надає повний контроль над формою подання елементів HTML-розмітки. Використання каскадних таблиць стилів дозволяє вирішити суперечності між точністю визначення розмірів картинок і додатків з одного боку та точністю визначення розмірів блоків тексту і його зображення з іншого.

Розроблені стилі презентуємо на головній сторінці даного середовища автоматизованої системи формування розкладу (рис. 4).

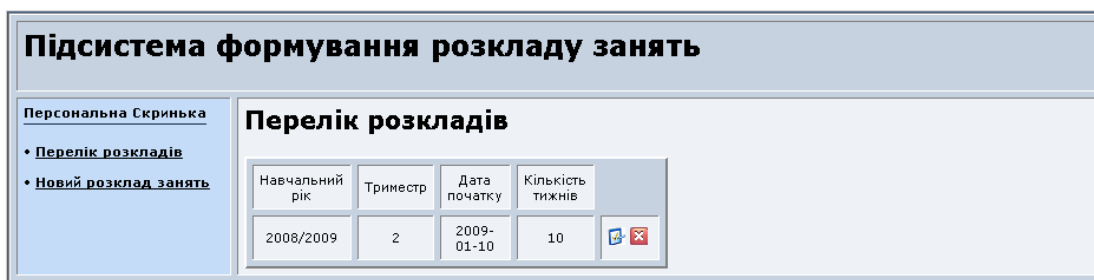


Рис. 4. Головна сторінка середовища системи автоматизованого формування розкладу

Результат створення розкладу засобами автоматизованої системи документообігу є попередньо сформований документ (див. рисунок 5), який в подальшому підлягає оптимізації за визначеними критеріями, редагуванню в системі з можливістю експорту в XLS-формат.

Рис. 5. Ілюстрація частини сформованого розкладу занять магістрів

Алгоритмічну послідовність реалізації методу автоматизованого формування розкладу дисциплін магістерської підготовки ілюструє блок-схема алгоритму роботи системи, що проілюстрована на рисунку 6.

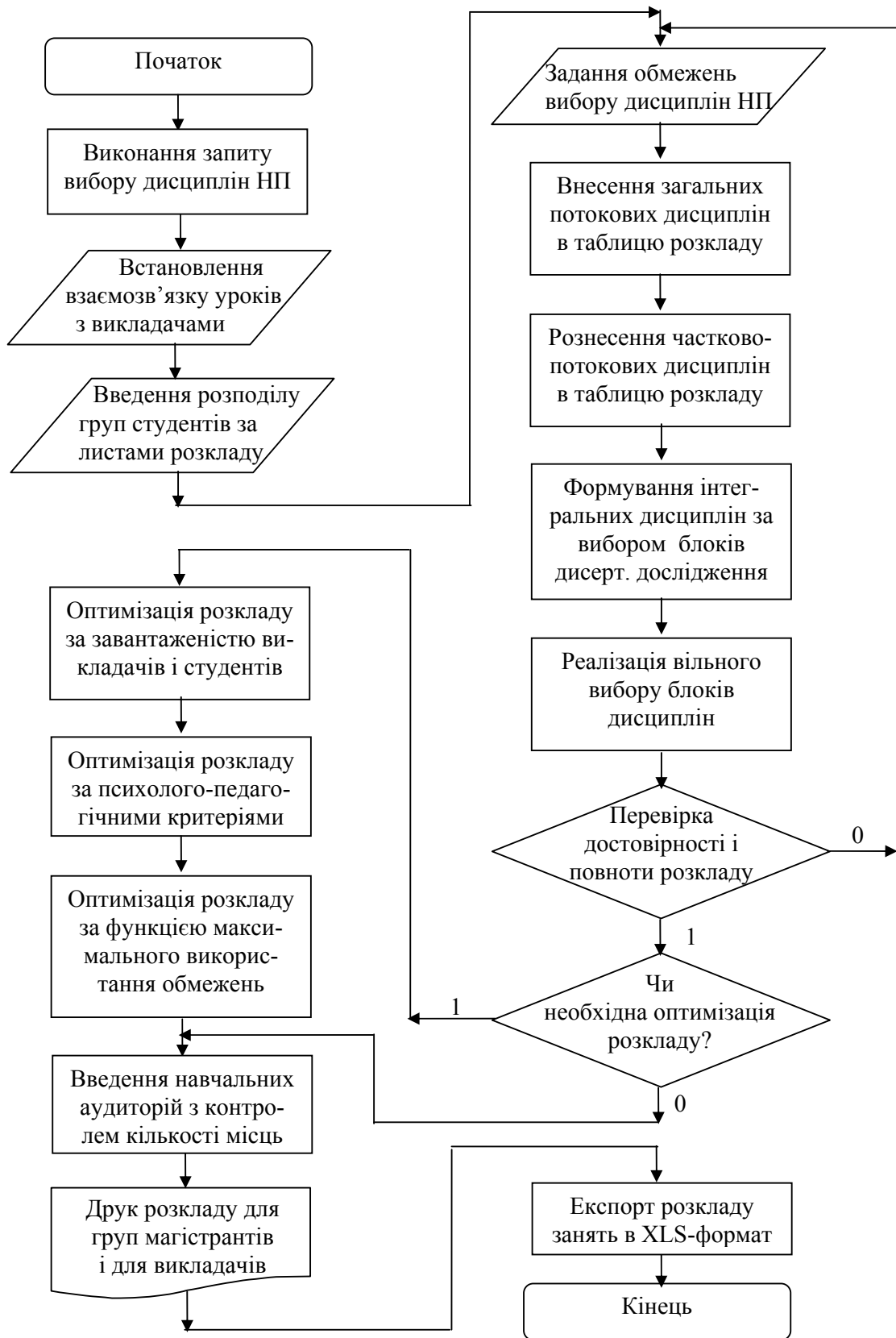


Рис. 6. Алгоритм реалізації методу формування розкладу магістратури



Реалізація розроблених моделей автоматизованої системи та алгоритму роботи методу формування розкладу ІнМАД здійснена засобами об'єктно-орієнтованої мови програмування PHP.

### Висновок

Розроблені моделі автоматизованого формування розкладу магістратури модульно реалізовані в середовищі автоматизованої системи документообігу, управління та моніторингу навчального процесу Інституту магістратури, аспірантури та докторантури Вінницького національного технічного університету. Реалізований метод автоматизованого створення розкладу забезпечує вимоги Болонського процесу щодо складання індивідуальних планів магістрантів, у яких акумульовано блоки обов'язкових дисциплін, блоки дисциплін дисертаційного дослідження, обраних студентами, які формують структуру інтегральних дисциплін відповідних спеціальностей, та блоки потокових дисциплін фахової підготовки за спеціальностями аспірантури.

Модульна реалізація розробленої системи автоматизованого складання розкладу в структурі загальної автоматизованої системи ведення документообігу Інституту магістратури, аспірантури та докторантури забезпечує можливість спільного використання баз даних та впровадження загальної політики захисту інформаційного забезпечення системи.

Розроблена система реалізована засобами сучасних мережевих web-технологій з метою автоматизації організаційних процесів та забезпечення можливості одночасного віддаленого доступу користувачів до інформаційних ресурсів у процесі формування службової документації.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барышников А. В. Ректор – программа для составления расписания уроков // Компьютерные инструменты в образовании. – Санкт-Петербург. – № 5. – 1998. – ([www.aec.neva.ru/journal](http://www.aec.neva.ru/journal)).
2. Барышников А.В. Softkey.ru и информатизация учебного процесса // Softkey.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.softkey.info/reviews/review.php?ID=378>.
3. TimeTables Manual // aScTimeTables [http://www.asctimetables.com/documents/aScTimeTables\\_Manual\\_English.pdf](http://www.asctimetables.com/documents/aScTimeTables_Manual_English.pdf). - 60 pages.
4. aSc Расписания // Справка в Интернете [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://help.asctimetables.com/index.php?lang\\_id=7&id=699](http://help.asctimetables.com/index.php?lang_id=7&id=699)
5. Расписание ПРО // DigSee Ltd [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.digsee.com/rus/timetable/>.
6. Пантелеев В. Л. Университет 3.2.0.711 // PRZONE.RU [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.przone.ru/soft/prog167.html>.
7. Коффман Э. Г. Теория расписаний и вычислительные машины. – М.: Наука, 1984.
8. Пайкерс В. Г. Методика составления расписания в образовательном учреждении. Изд. 3-е испр. и доп. – М.: АРКТИ. 2001.
9. Лагоша Б. А., Петропавловская А. В. Комплекс моделей и методов оптимизации расписания занятий в вузе // Экономика и мат. методы. 1993. Т. 29. Вып. 4.
10. Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Федоров В. В. Курс методов оптимизации. – М.: Наука, 1986.
11. Мельников А. Ю., Сусяк Н. М. Автоматизация процесса составления расписания занятий в высшем учебном заведении // Комп'ютерне моделювання в освіті: Матеріали Всеукраїнського науково-методичного семінару, Кривий Ріг, 29 березня 2005 р. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – С. 52-53.
12. Верёвкин В. И., Исмагилова О. М., Атавин Т. А. Автоматизированное составление расписания учебных занятий вуза с учётом трудности дисциплин и утомляемости студентов // Доклады ТУСУРа, №1 (19), часть 1, 2009 с.221-225.
13. Мокін В. Б., Бевз С. В., Бурбело С. М. Розробка та впровадження систем документообігу і менеджменту навчального процесу магістерської підготовки // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2006.— № 2. — С. 5–12.
14. Мокін В. Б., Бевз С. В., Мацко Л. А. Застосування інноваційних та інформаційних технологій у навчанні магістрантів у ВНТУ (з досвіду роботи) / Зб. матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції “Гуманізм та освіта”. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — С. 22-25.
15. Юхимчук С. В., Бевз С. В., Бурбело С. М., Дмитришин О. В., Чернова І. О. Розробка локальної автоматизованої системи розподілу навантаження в процесі ведення документообігу // Вісник Вінницького Наукового праці ВНТУ, 2009, № 4

політехнічного інституту. – Вінниця. – № 1. – 2009. – С. 107-111.

16. Юхимчук С. В., Бевз С. В., Бурбело С. М., Кузьміна Н. Ф., Хрущак С. В. Комп'ютеризована система управління індивідуальними навчальними планами магістратури // Міжнародний науково-технічний журнал Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – №2(16). – С.5-8.

17. Юхимчук С. В., Бевз С. В., Бурбело С. М., Крещенецька М. В., Богатчук С. М. Розробка автоматизованої системи формування розподілу навантаження дисциплін магістерської підготовки // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – № 4. – Режим доступу до журн.: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-4/2008-4.files/uk/08svymts\\_uk.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-4/2008-4.files/uk/08svymts_uk.pdf).

**Бевз Світлана Володимирівна** – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій і систем,

**Войтко Вікторія Володимирівна** – к. т. н., доцент кафедри програмного забезпечення,

**Бурбело Сергій Михайлович** – аспірант кафедри інтелектуальних систем

**Шоботенко Андрій Миколайович** – магістрант кафедри програмного забезпечення  
Вінницький національний технічний університет.