

О.М. Місюра, М.Ф. Пічугін, С.В. Алексєєв, В.В. Калачова, О.А. Трублін

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗРОБКИ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ КОМПЛЕКСУ ПРОГРАМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНСТРУЮВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО РОЗКЛАДУ «КАСКАД»

*Актуальною задачею, що стоїть як перед Харківським національним університетом Повітряних Сил (ХНУПС), так і перед іншими вищими військовими навчальними закладами ЗС України, є підготовка висококваліфікованих військових фахівців. Вирішити її можна лише при якісному плануванні навчального процесу. Розклад занять є складовою частиною планування, який пов'язує в єдину систему різноманітні ланки й елементи навчального процесу і регламентує навчальну роботу її учасників. Автоматизація процесу конструювання розкладу дозволяє уникнути багатьох помилок, суб'єктивізму та значно скоротити час, відведений на цю процедуру. В зв'язку з цим в ХНУПС здійснено розробку комплексу програм автоматизованої системи конструювання навчального розкладу «Каскад». Проведення всебічного аналізу особливостей розробки комплексу, оцінка продуктивності і переваг в роботі навчального відділу ХНУПС після втілення в щоденну експлуатацію розробленого продукту, а також дослідження шляхів подальшого розвитку «Каскад» дадуть користувачам та потенційним замовникам комплексу зрозуміти його широкі можливості та потужний внутрішній потенціал, які здатні підвищити ефективність роботи як самого навчального відділу, так і всього вищого військового навчального закладу взагалі.*

**Ключові слова:** розклад навчальних занять, комплекс програм автоматизованої системи, клієнт-серверний додаток, NP-важка задача, генетичний алгоритм.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Чітка організація навчального процесу у вищому військовому навчальному закладі є гарантом успіху підготовки висококваліфікованих військових фахівців та може бути досягнута лише при якісному його плануванні. Одним з найбільш відповідальних, трудомістких і складних завдань планування навчального процесу є складання семестрових розкладів навчальних занять (екзаменів). Трудомісткість завдання складання розкладу зумовлена участю багатьох представників різних ланок управління і забезпечення навчального процесу при підготовці, обробці і використанні великої кількості нормативної, навчальної, методичної документації та іншої інформації [1–3]. Тому великі часові витрати, помилки та суб'єктивізм – є тим не повним переліком недоліків, що змушує звертатися до наукоємних інформаційних технологій, які в змозі звести до мінімуму існуючі проблеми шляхом автоматизації процесу конструювання розкладу занять та створення відповідного комплексу програм.

З метою підвищення оперативності складання розкладу занять та формування звітних документів в

університеті начальником ХУПС було прийнято рішення про виконання НДР «Розробка комплексу програм автоматизованої системи (АС) конструювання розкладу занять в Харківському університеті Повітряних Сил» («Каскад»).

Незважаючи на те, що на ринку програмних засобів вже існував ряд програмних продуктів, які дозволяли вирішувати завдання автоматизації складання навчальних розкладів (наприклад, «1С: Автоматизированное составление расписаний. Университет», «Галактика Управление ВУЗом», «aSc Timetable», «Ника-Люкс» та інші), розробка комплексу програм «Каскад» була дуже вчасною та актуальною, тому що жоден з наведених вище аналогів не відповідав специфіці вищого військового навчального закладу (ВВНЗ): «aSc Timetable» та «Ника-Люкс» розраховані на невеликі навчальні заклади та об'єми інформації і не використовують бази даних; не передбачають варіанту мережевого розгортання та суттєво обмежені у періоді складання розкладу; для «1С: Автоматизированное составление расписаний. Университет» та «Галактика Управление ВУЗом» властиві відносна складність навчання персо-

налу для роботи з програмними модулями та висока вартість) [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомості щодо впровадження новітніх інформаційних технологій у навчальний процес у вищих військових навчальних закладах ЗС України докладно розкрито в [1–3]. Основні методи, що найчастіше застосовуються при складанні розкладів, представлені в [4; 5], а технічний та програмний інструментарій, придатний для вирішення подібних задач, надано в [6–10].

**Формулювання мети статті.** Проведення аналізу особливостей моделювання та реалізації комплексу програм автоматизованої системи конструювання навчального розкладу «Каскад», а також формування переліку переваг для вищого військового закладу після введення його в щоденну експлуатацію ставить

на меті надання користувачам продукту найвичерпнішої інформації щодо можливостей комплексу програм, його внутрішньої структури та ресурсу, закладеному у програмному кодї з точки зору його перспективного удосконалення та модифікації за для розширення функціональних можливостей.

## Виклад основного матеріалу досліджень

Основним призначенням розробленого в ХНУПС програмного комплексу «Каскад» (рис. 1) є автоматизація процесу складання розкладу навчальних занять у ВВНЗ і формування звітних документів.



Рис. 1. Головне вікно програмного комплексу «Каскад»

Етап аналізу предметної області довів, що з огляду на те, що при складанні розкладів необхідно враховувати велику кількість обмежень, подібні завдання мають безліч допустимих рішень, що в тій чи іншій мірі задовольняють деякому критерію ефективності. Причому велика розмірність задачі та її багатопараметричність в більшості випадків не дають можливості вибору раціонального способу оптимізації рішення з метою знаходження глобального оптимуму [4].

Задача складання розкладу навчальних занять є NP-важною, тобто такою, для якої невідомий алгоритм її розв'язку за поліноміальний час в залежності від розмірності. Для розв'язку подібних задач вели-

кої розмірності має сенс застосовувати наближені методи. В умовах невизначеності для задачі складання розкладу навчальних занять ВВНЗ була доведена доцільність застосування генетичного алгоритму, що характеризується стійкістю до потрапляння у локальні оптимуми поверхні можливих рішень і гарантує отримання деякого варіанту рішення за кінцевий час [4; 5].

В результаті проведеного аналізу найбільш відомих програмних комплексів складання розкладів навчальних занять провідних розробників у галузі автоматизації управління навчальним процесом, було прийнято рішення щодо створення клієнт-серверного додатку, функціонуючого у локальній ме-

режі ВВНЗ [6–10].

Для реалізації клієнтської частини додатків комплексу програм складання розкладу навчальних занять було вирішено використати мову програмування C#, а в якості візуального середовища розробки програмного забезпечення – Microsoft Visual Studio, яке включає великий набір інструментальних засобів, зокрема технологію WPF, яка надала розробникам уніфіковану програмну модель для створення насичених та інтелектуальних додатків Windows, об'єднуючих користувальницький інтерфейс, мультимедіа та документи [7; 8].

Аналіз предметної області складання розкладів занять в університеті дозволив зробити висновок, що необхідна база даних повинна мати порівняно малий розмір і буде функціонувати в умовах малої інтенсивності запитів.

Однак критичними стали вимоги до надійності збереження інформації. Тому для реалізації комплексу програм конструювання розкладу навчальних занять університету було обрано безкоштовну СУБД PostgreSQL, що забезпечує організацію баз даних з високим ступенем надійності зберігання інформації та підвищеними вимогами до коректності всіх змін з автоматичним коригуванням великої кількості складно структурованих даних [9].

Було доведено необхідність процесу розподілу ролей та розмежування доступу користувачів автоматизованої системи конструювання розкладу занять, який є невід'ємною складовою життєвого циклу АС, і формується відповідно до принципу низхідного ітераційного проектування. На кожному етапі життєвого циклу породжується певний набір механізмів розподілу ролей та розмежування доступу користувачів і пов'язаних з цим технічних рішень і документів.

Розмежування доступу до інформаційних ресурсів у програмному комплексі «Каскад» реалізовано на основі механізму ролей.

Кожному користувачу комплексу співставлено обліковий профіль, в якому наряду з особистою інформацією зберігаються дані про встановлені права доступу (ролі).

На основі аналізу предметної області виділено 4 ролі: начальник групи конструювання розкладу, оператор, адміністратор, читач.

Аналіз предметної області дослідження дозволив визначити концептуальну задачу складання розкладу навчальних занять у ВВНЗ як процес, у результаті якого на основі наданих кафедрами пропозицій з урахуванням наявних ресурсів і обмежень формується допустимий навчальний розклад (рис. 2).



Рис. 2. Процес складання розкладу навчальних занять

Вихідними даними для планування навчального процесу (рис. 3) виступають апріорно визначені відповідними наказами відомості про перелік дисциплін за спеціальностями підготовки, кількісний склад науково-педагогічних працівників кафедр, наявний аудиторний фонд і його функціональне призначення, а також кількісний склад навчальних груп. Кафедри готують та подають пропозиції щодо структури проходження дисциплін навчальними групами з урахуванням «локальних» обмежень до навчального відділу для узагальнення й формування зведеного розкладу занять.

Задача навчального відділу університету є складною, оскільки при конструюванні зведеного розкладу занять необхідно не тільки врахувати загальні «глобальні» обмеження, але й вирішувати протиріччя, що неодмінно виникають при узагальненні пропозицій від різних кафедр.

При цьому всю сукупність вимог можна умовно розбити на наступні категорії, що мають різний рівень пріоритетності:

А. Мають абсолютний пріоритет, тобто враховуються завжди і не можуть бути порушені ні за яких обставин.

В. Мають високий пріоритет і можуть бути порушені в поодиноких випадках при крайній необхідності.

С. Мають середній пріоритет, можуть бути порушені, хоча їх порушення вкрай небажано.

Д. Мають низький пріоритет, їх порушення не має ніяких серйозних наслідків, проте бажано, по можливості, дотримуватися цих критеріїв.

В зв'язку з цим, процес конструювання розкладу навчальних занять було умовно поділено на три основні складові: формування пропозицій від кафедр, управління інформаційними ресурсами (пере-

ліки кафедр, аудиторій, навчальних груп тощо), формування розкладів навчальних занять як кінцевого документа процесу планування.

Відповідно до модульного принципу, було вирішено, що програмний комплекс буде реалізовувати ці функціональні складові як взаємопов'язані програмні модулі, що взаємодіють у єдиному контексті. При цьому існувала необхідність забезпечення розмежування доступу до даних відповідно до функціональних ролей користувачів. Так, внесення

пропозицій від кафедр є функцією науково-педагогічного складу. Управління інформаційними ресурсами повинно бути обмежено особовим складом навчального відділу університету, що має відповідну компетенцію. Функції безпосередньо формування розкладів навчальних занять реалізуються особовим складом навчальних частин факультетів університету.

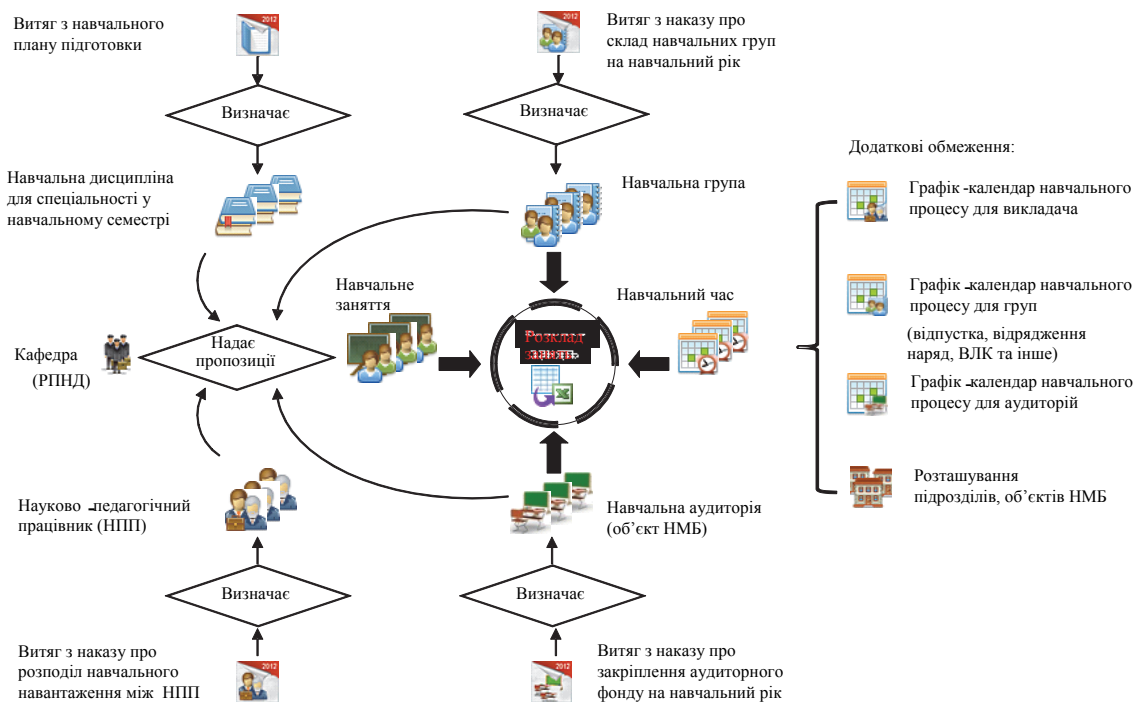


Рис. 3. Задача складання розкладу навчальних занять у ВВНЗ

Тому, наведені вище обмеження, що накладаються на розклад навчальних занять, було реалізовано у програмному модулі конструювання розкладу занять в автоматичному (для критичних обмежень) та напівавтоматичному режимі (для некритичних обмежень) із наданням оператору візуальних повідомлень щодо критичних помилок у розкладі та рекомендацій щодо можливих варіантів розстановки навчальних занять з урахуванням обмежень високих рівнів пріоритету.

Крім базових функцій, в програмний комплекс була закладена можливість також реалізовувати такі основні додаткові функції, як формування звітних електронних документів, та адміністрування (тобто управління обліковими записами користувачів, надання їм прав відповідних функціональних ролей, збір статистичної інформації щодо можливих помилок під час роботи з програмним комплексом, аудит дій користувачів щодо створення та корегування інформаційних ресурсів, резервне копіювання БД).

В результаті досліджень також була доведена доцільність розробки програмного комплексу, який буде складатися лише з трьох основних функціональних модулів (рис. 4): обробки пропозицій від кафедр, конструювання розкладу занять та формування звітності, управління інформаційними ресурсами.

Особливістю є те, що програмні модулі безпосередньо не взаємодіють.

Вони фактично є лише «надбудовою» над інформаційними ресурсами, що зберігаються в БД, які і формуються відповідним програмним модулем у ту чи іншу форму відображення («колесо», розклад тощо).

Кожен з програмних модулів взаємодіє з користувачами комплексу через спеціалізований графічний інтерфейс. Взаємодія модулів з БД здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного інтерфейсу доступу к даним.

Розроблений програмний комплекс має оригінальний графічний дизайн головного вікна, структуровану та ясну систему меню, близькість рішень

реалізації інтерфейсу до інтуїтивно-зрозумілого та природного, до якого звикли користувачі, і дозволяє з легкістю орієнтуватися навіть на початковому етапі освоєння. Комплекс має стилістичну та тематичну

єдність різних вікон та режимів роботи за рахунок вибору колірної гами та поєднання кольору шрифту і фону [10].

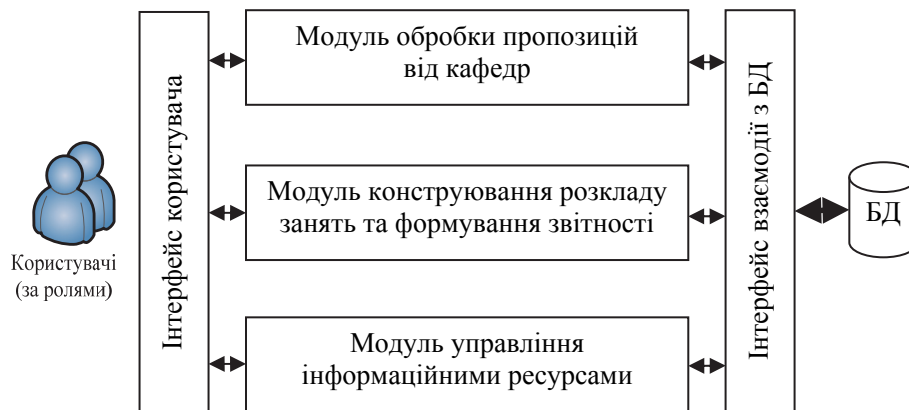


Рис. 4. Загальна структура програмного комплексу «Каскад»

Після розробки макету програмного комплексу автоматизованого конструювання розкладу навчальних занять «Каскад» з метою перевірки вірності його функціонування та виявлення можливих помилок було проведено обчислювальний експеримент.

Для цього ПЕОМ групи розробки та супроводження через наявну локальну мережну інфраструктуру були зв'язані з ПЕОМ навчального відділу університету, навчальних частин факультетів, інформаційно-обчислювального центру (ІОЦ).

Перевірка роботи макету програмного комплексу довела його спроможність працювати в різних підмережах, що мають зв'язок із сервером БД «Каскад».

Проведений обчислювальний експеримент вказав на напрями вдосконалення програмного комплексу «Каскад» та дозволив встановити склад додаткового програмного забезпечення, що необхідно інстальовати на ПЕОМ користувачів для їх найбільш ефективної роботи. З 2015 року комплекс «Каскад» втілено в постійну експлуатацію в ХУПС.

## Висновки

Таким чином, проведений аналіз особливостей розробки та експлуатації комплексу програм автоматизованої системи конструювання навчального розкладу «Каскад» дозволяє зробити висновок, що основними перевагами розробленого програмного комплексу є:

- унікальний програмний продукт, створений в університеті, повністю відповідає змісту всіх етапів планування навчальних занять на семестр;
- використання безкоштовної СУБД підвищеної надійності PostgreSQL;

- автоматичний контроль формуемого розкладу навчальних занять за визначеними критеріями якості планування занять;

- автоматична фіксація всіх дій користувачів щодо зміни даних;

- автоматизоване формування звітних (статистичних) документів щодо спланованого навчального процесу.

Що стосується можливих напрямів подальшого удосконалення комплексу, то до них можна віднести:

- розширення функціональності комплексу за рахунок розробки нових модулів: обліку учасників навчального процесу; обліку успішності та рейтингування курсантів (студентів, слухачів) університету тощо;

- розширення переліку звітних документів;
- розробка процедур автоматичного формування базового оптимізованого розкладу навчальних занять на семестр з урахуванням заданих обмежень (з використанням генетичних алгоритмів);

- створення програмних модулів управління та оперативного корегування навчальних планів безпосередньо під час навчального процесу;

- створення комплексної системи автоматизованого управління ВВНЗ (за інтегрованими складовими: кадри, матеріально-технічне забезпечення, планування та управління навчальним процесом, фінансове забезпечення тощо).

## Список літератури

1. Біла книга 2015. ЗС України. – К. Видання МОУ, 2016. – 78 с.
2. Наказ Міністра освіти України від 02.06.1993 р. №161 "Про затвердження положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах".



3. "Інструкція про організацію освітньої діяльності у вищих військових навчальних закладах Збройних Сил України та військових навчальних підрозділах вищих навчальних закладів України", затверджена наказом Міністра освіти і науки України та Міністра оборони України від 13.04.2005 р. № 221/217.

4. Безгинов А.Н. Обзор существующих методов составления расписаний / А.Н. Безгинов, С.Ю. Трегубов // Информационные технологии и программирование: Межвузовский сборник статей. – М.: МГИУ, 2005. – Вып. 2 (14). – С. 5-18.

5. Рубан І.В. Аналіз та дослідження особливостей програмного забезпечення для автоматизації процесу конструювання розкладу навчальних занять / І.В. Рубан, С.В. Дуденко, Ю.В. Бусигін, М.М. Колмиков. – Х.: ХУПС, 2015. – С. 33-41.

6. Гладков Л.А. Генетические алгоритмы / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик; под ред. В.М. Курейчика. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 320 с.

7. Натан А. WPF 4. Подробное руководство: Пер. с англ. / А. Натан. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 880 с.

8. Рендольф Н. Visual Studio 2010 для профессионалов: Пер. с англ. / Н. Рендольф, Д. Гарднер, М. Минутилло, К. Андерсон. – М.: ООО «Вильямс», 2011. – 1184 с.

9. High Performance MySQL, 3rd Edition – Optimization, Backups, and Replication / Baron Schwartz, Peter Zaitsev, Vadim Tkachenko. – O'Reilly Media, 2012. – 826 p.

10. Фрилинг Г. Человек – цвет – пространство. Прикладная цветопсихология: Пер. с англ. / Г. Фрилинг, К. Ауэр. – М.: Стройиздат, 1973. – 141 с.

Надійшла до редколегії 27.03.2017

**Рецензент:** канд. військ. наук ст. науков. співробітник С.В. Лазебник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРАБОТКИ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ «КАСКАД»

О.Н. Мисюра, М.Ф. Пичугин, С.В. Алексеев, В.В. Калачева, А.А. Трублин

Актуальной задачей, которая стоит как перед Харьковским национальным университетом Воздушных Сил (ХНУВС), так и перед другими высшими военными учебными заведениями ВС Украины, является подготовка высококвалифицированных военных специалистов. Решить ее можно лишь при качественном планировании учебного процесса. Расписание занятий является составной частью процесса планирования, который связывает в единую систему разнообразные звенья и элементы учебного процесса и регламентирует учебную работу ее участников. Автоматизация процесса конструирования расписания позволяет избежать многих ошибок, субъективизма и значительно сократить время, отведенное на эту процедуру. В этой связи в ХНУВС осуществлена разработка комплекса программ автоматизированной системы конструирования учебного расписания «Каскад». Проведение всестороннего анализа особенностей разработки комплекса, оценка производительности и преимуществ в работе учебного отдела ХНУВС после введения в ежедневную эксплуатацию разработанного продукта, а также исследование путей последующего развития «Каскад», позволит пользователям и потенциальным заказчикам комплекса понять его широкие возможности и заложенный в нем мощный потенциал, которые способны повысить эффективность работы как самого учебного отдела, так и всего высшего военного учебного заведения в целом.

**Ключевые слова:** расписание учебных занятий, комплекс программ автоматизированной системы, клиент-серверное приложение, генетический алгоритм.

### ANALYSIS OF DEVELOPMENT FEATURES, EXPLOITATION AND SUBSEQUENT DEVELOPMENT OF PROGRAMS COMPLEX OF THE AUTOMATED SYSTEM OF CONSTRUCTING OF EDUCATIONAL TIME-TABLE «CASCADE»

O. Misyura, M. Pichugin, S. Alekseev, V. Kalachova, O. Trublin

An actual task, which stands both before the Kharkov national Air Force University (KNAFU) and before other higher military educational establishments of MF of Ukraine, is preparation of highly skilled military specialists. Deciding it is possible only at the high-quality planning of educational process. A curriculum of employments is component part of planning, which binds in the unique system various links and elements of educational process and regulates educational work of its participants. Automation of process of constructing of time-table allows to avoid many errors subjective and considerably to shorten time taken on this procedure. In this connection in KNAFU program complex of the automated system of constructing of educational time-table «Cascade». Lead through of comprehensive analysis of features of development of complex, estimation of the productivity and advantages in the work of educational department KNAFU after embodiment in daily exploitation of the developed product, and also researches of ways of subsequent development will give «Cascade» users and target accounts of complex to understand its wide possibilities and powerful internal potential, which are able to promote efficiency work of both educational department and all of higher military educational establishment, in general.

**Keywords:** curriculum of lessons, programs complex of the automated system, client-server addition, genetic algorithm.