

чення; розроблено математичну модель, структуру та алгоритми програмного комплексу автоматизації формування команди розробників програмного забезпечення; проведено аналіз моделей мотивації та розробки функціональної моделі формування та мотивації команди розробників програмного забезпечення; розроблено структурну та функціональну моделі програмного комплексу формування груп розробників; розроблено алгоритми функціональних модулів програмного комплексу; розроблено структурну модель баз даних параметрів відбору розробників; розроблено базу знань для прийняття рішень при формуванні ефективних груп, команд розробників; розроблено програмні заходи автоматизації формування ефективних груп розробників програмного забезпечення; розроблено бази даних, бази знань програмного комплексу; розроблено програмні модулі автоматизованої системи; розроблено інтерфейс користувача програмного забезпечення; сформовані вимоги до промислового програмному проекту; реалізовано систему та сформовано ефективну команду розробників програмного забезпечення. Результати проведеного дослідження можуть використовуватись у галузях важкої, легкої промисловості, фінансовій галузі.

#### Список літератури

1. **Somerville, Ian** Software engineering / Ian Somerville. — 9th ed. - Addison-Wesley. – 2011 – 773 p.
2. **J.D. Meier, Jason Taylor, Alex Mackman, Prashant Bansode, Kevin Jones** Team Development with Visual Studio Team Foundation Server. – Microsoft Corporation, 2007. – 495 p.
3. **Michael A. Cusumano, Stanley Smith** Beyond the Waterfall: Software Development at Microsoft – Working Paper #3844-BPS-95 - Draft: August 16, 1995. – 33 p.
4. **B. W. Boehm** A Spiral Model of Software Development and Enhancement, IEEE Computer, 21 May 1988, pp. 61–72.
5. **Новіков Ф. А., Опалева Е. А., Степанов Е. О.** Науковий посібник/ Управління проектами розробки ПЗ. – СПб:СПБГУ НТМО – 2006 – 256 с.
6. **Winslow F.** The Principles of Scientific Management.-Taylor Harper & Brothers, 1971.–77 p.
7. **Скопин И. Н.** Основы менеджмента программных проектов. Курс лекций. Учебное пособие. / И. Н. Скопин. – М.: Интуит.ру «Интернет-Университет Информационных технологий», 2004. – 336 с.
8. **Степанов С.** В поисках человечности: Абрахам Маслоу (1908 - 1970) // Шкільний психолог. - 2002. - №12 (декабрь). - С. 4-5
9. **Салливан Э.** Время – деньги. Создание команды разработчиков программного обеспечения / Пер. с англ. – М.: ИТД Русская редакция, 2002. – 368 с.
10. **Drucker, Peter F.** The Effective Executive. New York: Harper & Row, 1985 – 178 p.
11. **Архипенков С.** Управління командою розробників програмного забезпечення. – М., 2008 – 80 с.
12. **Maslow A.** New frontiers of human nature / A. Maslow. – М.: Meaning, 1999 – 496 p.
13. **Рубінштейн С.** Основы загалної психології. – Спб: Пітер, 2002 – 720 с.

Рукопис подано до редакції 30.04.15

УДК 519.6:371.214

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., П.В. БУРНАСОВ, ст. викладач.  
Криворізький національний університет

### РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ВИШУ ПРИ СКЛАДАННІ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ

Розроблено структурну схему та алгоритм функціонування системи оперативного управління ресурсами вишу, особливостями якої є динамічне поєднання автоматичного режиму складання розкладу з ручним. При неможливості подальшого автоматичного формування розкладу через жорсткі обмеження, виконується їх автоматичне пом'якшення. За неможливістю автоматичного пом'якшення обмежень, або за інших потреб їх можливо пом'якшити вручну у процесі складання розкладу. В узагальнений критерій врахування інтересів студентів входять чотири часткових критеріїв оптимальності: число "вікон" у розкладі навчальних груп, баланс навантаження в розкладі навчальних груп, виконання правил угруповання занять по дням тижню, виконання правил угруповання занять по порядку занять в один день. До складу критерію врахування інтересів викладачів входять наступні частинні критерії: число "вікон" у розкладі викладачів, виконання обмеження на максимальне число зайнятих днів у тиждень для викладачів, виконання обмеження на мінімальне число занять у довільний день тижня для викладачів, особисті побажання викладачів. Узагальнений критерій оптимальності розкладу викладачів враховує ступінь оптимальності індивідуального розкладу кожного викладача. Для кількісного порівняння та ранжування часткових критеріїв оптимальності вводиться числовий еквівалент ступеня важливості кожного часткового критерію оптимальності.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Серед характеристик, що можна вимірювати і контролювати, які визначають якість керування освітнім процесом, істотно положення займають показники якості управління ресурсами. Стосовно завантаження аудиторного фонду критерії якості мають об'єктивний характер і досить просто визначаються у кількісній мірі. З якістю використання професорсько-викладацького складу ситуація дещо складніша: кожен викладач має своє особисте уявлення до якості складеного для нього розкладу та якості розкладу студентів стосовно його дисципліни. Як відомо [1, 2], розклад занять має досить суттєвий вплив на якість підготовки фахівців взагалі. З метою керування освітнім процесом і виявлення прихованих факторів, що негативно на нього впливають, використовуються математичні моделі, в основі яких лежить апарат класичного регресійного аналізу. Опираючись на ці моделі, будуються прогнози якості розкладу занять які використовуються в процесі складання розкладу, що дозволяє зменшити кількість варіантів розкладів при пошуку оптимального.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Численні дослідження у галузі теорії розкладів доводять, що проблема створення оптимального розкладу за один цикл є дуже складною, оскільки не існує єдиного критерію оптимальності для розкладу занять [3,4,5]. Різні види інтегральних критеріїв оптимальності є компромісними і в більшості випадків вони вступають у протиріччя з локальними критеріями [6]. Задача складання оптимального розкладу розкладається на дві підзадачі: складання повного розкладу і вирішення всіх протиріч та оптимізація складеного розкладу [7]. Задача складання оптимального навчального розкладу в загальному випадку характеризується великою розмірністю, тобто великим числом елементів у векторі невідомих, великою кількістю обмежень і критеріїв оптимальності. У роботах [3,7,8] обґрунтована необхідність декомпозиції цієї складної задачі на підзадачі. Існуючі способи складання навчального розкладу розрізняються кількістю, видом обмежень, що враховуються, і критеріїв оптимальності. До того ж часто ці завдання є NP – важкими [9], тому для їхнього вирішення застосовуються різноманітні підходи й методи.

**Постановка завдання.** Дійсно оптимальний розклад занять можливий лише коли критерій оптимальності один. У цьому випадку розклад буде оптимальним, якщо критерій оптимальності набуває екстремального значення. Чи може розклад занять мати один критерій оптимальності? Ні, не може, оскільки суб'єктами розкладу занять є студенти, викладачі та аудиторії, які мають різні, і подекуди взаємовиключні, критерії оптимальності, задоволення яких одночасно неможливе. Побудова інтегральних критеріїв, що враховують декілька різних часткових критеріїв дозволить створити досить непогані розклади занять, але вони не будуть оптимальними, оскільки сам критерій є компромісним.

Задача складання розкладу занять університету має велику розмірність [4] і при деяких умовах взагалі може не мати рішення. Наприклад при дефіциті ресурсів (деяких лабораторій, викладачів) неможливо спланувати заняття в зазначені часові рамки. У випадку відсутності дефіциту ресурсів, що характерно для потужних університетів, задача складання розкладу занять має рішення і головним стає питання оптимальності розкладу.

Проблема оптимального розкладу занять має дві складові: оптимальність розкладу з точки зору використання ресурсів вишу (назвемо це явище «оптимальність у великому») і оптимальність з точки зору суб'єктів розкладу, в першу чергу студентів і викладачів (назвемо це явище «оптимальність у малому»). Задачу оптимальності у великому можна сформулювати як задачу пошуку чи задачу оптимізації [10-12] і в цьому випадку інтегральний критерій оптимальності доречний. Задача оптимальності у малому це намагання задовольнити численним вимогам і побажанням викладачів та студентів до розкладу.

Враховуючи, що основною задачею складання розкладу занять у виші є забезпечення виконання навчального плану підготовки фахівців у повному обсязі з безумовним виконанням жорстких вимог до розкладу і виконанням за можливістю нежорстких вимог, в роботі була поставлена задача розробки структури та алгоритму функціонування системи управління ресурсами вишу при складанні розкладу занять.

**Викладення матеріалу та результати.** На рис. 1 наведено структурну схему системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень оперативного управління ресурсами вишу [13]. Автоматизована система формування розкладу має чотири режими роботи [14]: ручний, сервісний, автоматичний, інтелектуальний. Сервісний режим (напівавтоматичний) призначений для різного роду перенесення занять або пошуку найбільш прийняттого варіанту розміщення за-

няття. Автоматичний режим передбачає формування розкладу в пакетному режимі без втручання людини з можливістю його коригування диспетчером при потребі. Інтелектуальний режим - багатокритеріальна оптимізація розкладу занять в автоматичному режимі.

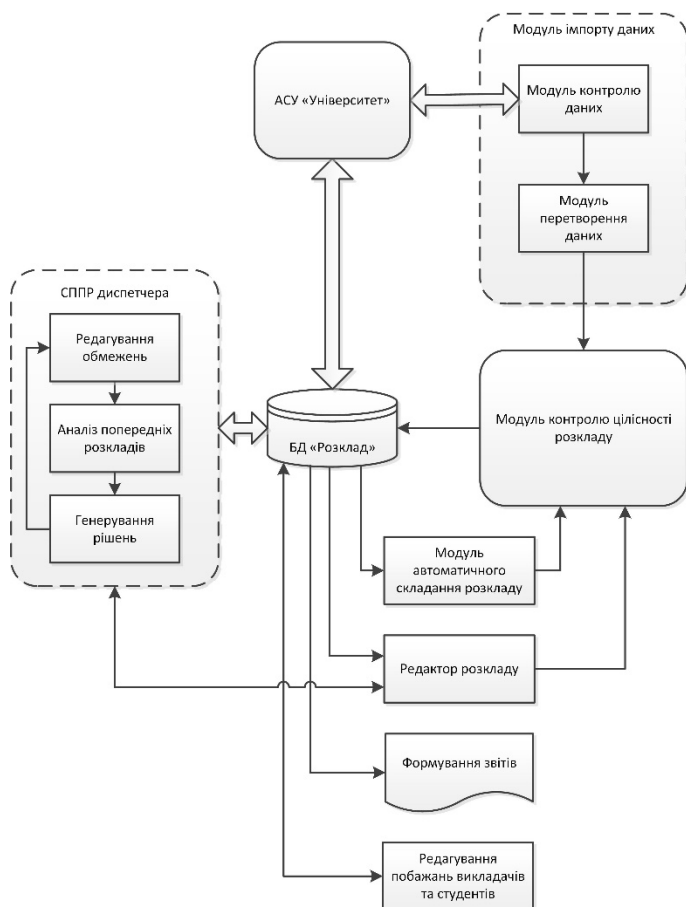


Рис.1. Структурна схема оперативного управління ресурсами ВИШУ

Автоматизований процес формування оптимального розкладу занять ВНЗ можна поділити на два етапи: формування початкового допустимого розкладу занять в автоматичному режимі та коригування створеного розкладу за допомогою інших трьох режимів.

При цьому допускається довільне чередування ручного та автоматичного режиму - тобто можливо, наприклад, спочатку деякі заняття розмістити в розкладі в ручному режимі, потім автоматичний режим, потім знову ручний і т.ін.

В процесі складання розкладу зменшується кількість можливих варіантів для розміщення у розкладу занять, що ще залишилися поза розкладом через те що зменшується кількість вільних ресурсів. Чим більше ресурсів задіяно в занятті (наприклад, потік, що складається з декількох груп), чи більш дефіцитний використовується ресурс (наприклад, заняття повинно бути проведено в унікальній лабораторії) тим менш вірогідною стає можливість запланувати таке заняття. Для вирішення цієї проблеми встановлюється черга (пріоритет) занять на розклад. Спочатку в розклад «йдуть» заняття з більшим пріоритетом.

Автоматичне формування розкладу виконується з дотриманням наступних пріоритетів.

1. Заняття на кожному факультеті плануються, як правило, у відповідному (основному, або єдиному) корпусі. Деякі унікальні лабораторії фізично знаходяться тільки у одному корпусі, тому заняття факультету можуть плануватися у декількох корпусах. Заняття групуються по корпусам і плануються у першу чергу ті групи, що навчаються у поточний день в «чужому» корпусі.

2. Розподілення потокових лекційних занять пропорційне до кількості студентів. Чим більше студентів у потоці, тим вище пріоритет. Більше груп - вище пріоритет.

3. Кількість годин аудиторного навантаження на тиждень. Більше годин - вище пріоритет.

4. Кількість вільних аудиторій відповідного типу. Спершу розподіляться заняття в порядку зменшення дефіцитності у суто спеціалізовані аудиторії (наприклад лабораторії хімії, фізики, автоматизованого електроприводу, мікропроцесорних засобів), потім у спеціалізовані (комп'ютерні класи), і на сам кінець, у аудиторії загального призначення з урахуванням їх місткості.

5. Поважання викладачів.

Ці правила не є безумовними, вони відображають досвід складання розкладу у кожному конкретному закладі і можуть бути іншими.

Модуль імпорту даних призначений для введення необхідної інформації в систему. При цьому необхідно передбачити перевірку структури вхідних даних та її перетворення при необхідності. За це відповідають модуль перевірки структури і контролю даних та модуль перетворення. Цей модуль забезпечує тісне інтегрування з АІСУНН.

Модуль збереження даних представляє собою базу даних, в якій зберігається вхідна інформація у відповідних таблицях, які логічно з'єднані між собою. Логіка зв'язку та взаємодії між даними реалізується за допомогою вбудованих в базу даних функцій, що забезпечує цілісність

даних. Модуль редагування даних призначений для зміни вхідної інформації за необхідністю. Модуль складання розкладу вміщує в себе модуль складання розкладу в автоматичному режимі (передбачає автоматичне складання розкладу за певним алгоритмом і можливість подальшого переходу до модуля редагування розкладу) та модуль складання розкладу в ручному режимі. Модуль складання розкладу в ручному режимі включає в себе:

Модуль виводу даних (передбачає вивід даних з навчального плану та кафедрального навантаження за заданими критеріями); Модуль вибору та перевірки (передбачає автоматичну перевірку зайнятості структурних одиниць).

Модуль редагування розкладу призначений для редагування розкладу в ручному режимі.

Модуль зберігання розкладу передбачає перетворення складеного розкладу в необхідну структуру для збереження в базі даних.

Модуль формування і друку звітів передбачає створення звітів, що відображають: розклад занять для груп, розклад зайнятості аудиторій, розклад занять для викладачів. Більшість звітів створюються у форматі Microsoft Excel, що дозволяє оперативно формувати різні варіанти розкладу.

Результатом роботи системи є розклад у розрізі факультетів, груп, кафедр, викладачів, корпусів та аудиторій у форматі Microsoft Excel.

Система підтримки прийняття рішень (СППР) диспетчера має в своєму складі модуль редагування обмежень, модуль аналізу розкладів попередніх періодів, модуль генерування варіантів рішень. Модуль редагування побажань викладачів забезпечує дружній інтерфейс користувача за допомогою якого диспетчер має змогу маніпулювати побажаннями викладачів стосовно оптимальності розкладу, вмотивовано встановлювати пріоритети побажань та пом'якшувати обмеження у випадках коли у розкладі виникають конфліктні ситуації. Модуль аналізу розкладу попередніх періодів формує базу даних «досвіду» прийнятних розкладів, на базі якої модуль генерування варіантів рішень дає інтелектуальну пораду для модуля редагування побажань викладачів.

На рис. 2 представлено узагальнений алгоритм формування розкладу занять.

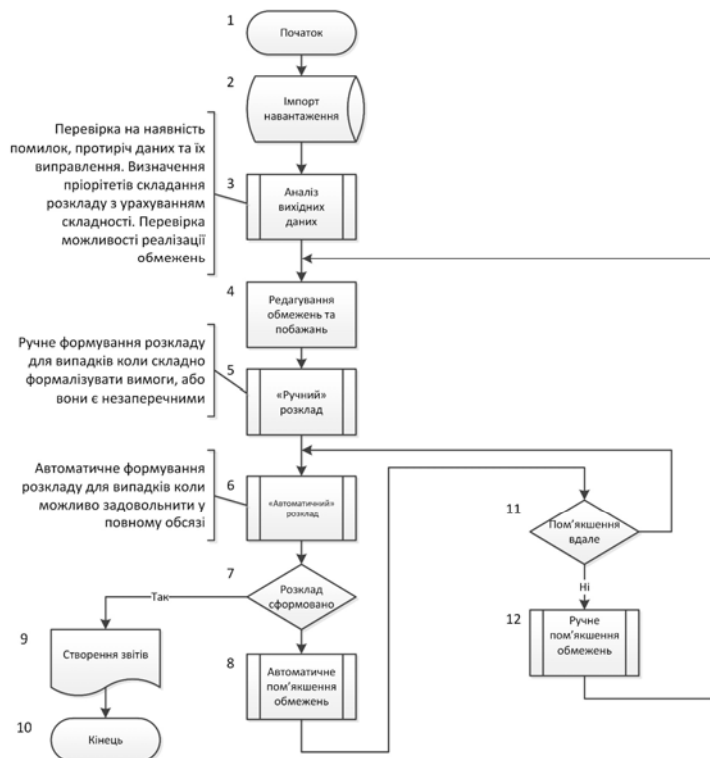


Рис. 2. Узагальнений алгоритм формування розкладу занять

Повністю сформоване навантаження викладачів та студентів імпортується з АРМ «Навантаження» (блок 2). Дані перевіряються (вхідний контроль), конвертуються та аналізуються до початку формування розкладу (блок 3). Далі диспетчер вводить та редагує обмеження до складання розкладу та побажання викладачів (блок 4). Якщо є необхідність, то диспетчер може попередньо, до початку автоматичного складання розкладу (блок 6) вручну розподілити деякі заняття, які в подальшому автоматично змінюватись не будуть (блок 5). В процесі автоматичного складання розкладу будуть встановлені заняття для яких вдалося задовольнити всі обмеження та побажання, включаючи серію перестановок занять.

Якщо розклад вдалося повністю сформувати (блок 7) генеруються звіти (блок 9) - розклад занять груп і викладачів, завантаження аудиторій та експорт даних по розкладу на сайт університету та кафедр. У випадку, коли розклад не сформовано повністю і немає вже можливості завершити його при заданих обмеженнях та побажаннях виконується автоматичне послаблення нежорстких обмежень та врахування менш пріоритетних побажань (блок 8).

Якщо таке автоматичне послаблення вдалося хоча б у одному випадку (блок 11) виконується повторно автоматичне складання розкладу (блок 6), інакше виконується диспетчером ручне пом'якшення обмежень (блок 12). Отже, складання розкладу відбувається в змішаному ручному - автоматичному режимах, покроково і під контролем людини - експерта наближаючи розклад до оптимального стану.

Кінцевий варіант розкладу вважається прийнятним якщо всі заняття заплановані у розкладі. В автоматичному режимі такий результат може бути досягнутим лише при відсутності жорстких обмежень, або наявності необмежених ресурсів, а оскільки обмеження фактично є і ресурси (аудиторний фонд і викладачі) обмежені, то розклад автоматично буде сформовано не повністю, і буде потребувати ручного «пом'якшення» вимог.

АРМ «Розклад ВНЗ» дозволяє враховувати наступні побажання викладачів:

Побажання викладача на день тижня й час проведення занять. Існують наступні форми побажань: перевага конкретного часу, вказівка небажаного часу й відсутність будь яких побажань до конкретного часу.

Небажаний час є жорстким обмеженням при роботі в автоматичному режимі. В автоматизованому режимі призначення оператором заняття на небажаний для викладача час приводить до відповідного попередження з наданням вибору подальших дій.

Кращий час не є жорстким обмеженням.

*Побажання до компактності розкладу.* Є нечіткою вимогою й не піддається жорсткому врахуванню.

*Побажання до максимальної кількості пар у день.* Є жорсткою вимогою на етапі автоматичного розміщення. Може бути зігнороване оператором при ручному коректуванні.

Побажання до максимальної кількості лекційних, практичних та лабораторних занять у день. Є жорсткою вимогою на етапі автоматичного розміщення. Може бути зігнороване оператором при ручному коректуванні.

*Побажання до максимальної кількості зайнятих днів.* Є жорсткою вимогою на етапі автоматичного розміщення. Може бути зігнороване оператором при ручному коректуванні.

Також система дозволяє враховувати наступні вимоги: безумовна відсутність вікон у розкладі груп у день, максимально припустима кількість вікон у розкладі викладачів у день, максимально припустима кількість переходів між корпусами для викладачів у день, максимально припустима кількість переходів між корпусами для груп у день.

Для автоматичного режиму складання розкладу приймемо за показники якості кількісні характеристики виконання найбільш важливих вимог: кількість нерозставлених занять, кількість невиконаних побажань викладачів до небажаного часу проведення занять, кількість невиконаних побажань викладачів до максимальної кількості пар у день, кількість невиконаних побажань до максимальної кількості зайнятих днів, кількість вікон у розкладі викладачів, кількість вікон у розкладі груп, кількість переходів між корпусами для викладачів, кількість переходів між корпусами для груп.

Вимоги, пов'язані із групами (кількість занять у день, кількість зайнятих днів, обмеження на час проведення занять пов'язані з формою навчання), режим роботи аудиторій є жорсткими й повинні дотримуватися неухильно, тому їхні кількісні характеристики не включені в список критеріїв оцінки якості.

Розроблена автоматизована система впроваджена в промислову експлуатацію в ДВНЗ «Криворізький національний університет» і використовується на протязі 8 років.

Потужним поштовхом до впровадження програми складання розкладу занять і активної її підтримки з боку адміністрації вишу було придбання Криворізьким технічним університетом (попередня назва Криворізького національного університету) автоматизованої інформаційної системи управління навчальним навантаженням (АІСУНН) розробленої у Черкаському національному університеті ім. Б. Хмельницького під керівництвом професора Теслі Ю.М.

Ця система забезпечує ведення навчальних планів спеціальностей, розподілення навантаження між кафедрами та між викладачами на кафедрах, планування штатів викладачів, генерує повний комплект документації стосовно навантаження.

Таким чином, АІСУНН забезпечила вхідними даними систему складання розкладу занять, в яку імпортуються довідники факультетів, груп, кафедр, викладачів, дисциплін, навчальні плани, навантаження розподілене по викладачам, тощо.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Практичне використання розробленої системи показало, що якість складеного розкладу в значній мірі залежить від кількості і якості побажань викладачів та обмежень введених в систему.

Маючи базу даних розкладів за попередні роки можливо, до деякої міри, автоматично сформувані та доповнити побажання викладачів, що безумовно підвищить якість розкладу занять.

### *Список літератури*

1. **Луценко Е.В.** Рефлексивная автоматизированная система управления качеством подготовки специалистов / Луценко Е.В., Коржаков В.Е. // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. №4. С.28-36.
2. **Савельев А.Я.** Автоматизация управления вузом. / А.Я. Савельев, Ю.Б. Зубарев В.Е. Коваленко, Т.А. Колоскова — М.: Радио и связь, 1984.
3. **Галузин К.С.** Математическая модель оптимального учебного расписания с учетом нечетких предпочтений. // Автореф. дисс. канд. физ. мат. наук: спец. 05.13.18 "" / К.С. Галузин. - Пермь: Перм, гос.техн. ун-т - 2004.
4. **Ерунов В.П.** Формирование оптимального расписания учебных занятий в вузе / Ерунов В.П., Морковин И.И. // Вестник Оренбургского государственного университета : сб. науч. трудов. – Оренбург. – 2001. № 3. С. 55-63.
5. **Молибог А.Г.** Методика составления расписания занятий на ЦВМ / Молибог А.Г., Медведский М.В., Неверов Г.С. -МВИРТУ, Минск. - 1972.
6. **Бурнасов П.В.** Критерії якості автоматичного складання розкладу занять у ВНЗ [Текст] / П.В. Бурнасов // Вісник Криворізького технічного університету. : зб. наук. праць. - Кривий Ріг. – 2008. - Вип. 22. – С. 136-140.
7. **Morkun V.S.** The management of the resources educational institution / V.S. Morkun, P.V. Burnasov // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №4. – P. 56-61. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/12.2014.pdf>
8. **Клеванский Н.Н.** Разработка математической модели глобальной оптимизации расписания занятий / Клеванский Н.Н., Костин С.А., Пузанов А.А.// Сложные системы. Анализ, моделирование, управление - Саратов: ООО Издательство "Научная книга", 2005. - С.39-42.
9. **Касьянов В.Н.** Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. / В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. - Санкт-Петербург: "БХВ-Петербург", 2003. - 1086с.
10. **Клеванский Н.Н.** Моделирование стратегии формирования расписания занятий ВУЗ'а средствами реляционной алгебры / Н.Н. Клеванский, Е. А. Макарецова, С.А. Костин // Прикладные проблемы образовательной деятельности: Межвуз. сб. научн. тр. – Воронеж: Центр. – Черноземн. книжн. изд-во, 2003. – Вып. 10. – С.71 – 74.
11. **Burke E.** Interactive Timetabling: Concepts, Techniques, and Practical Results in E. Burke, P. / T. Muller, R. Bartak // the 4th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT2002), Gent, 2002, pp. 58-72.
12. **Калашников А. В.** Алгоритмы локальной оптимизации расписаний / А. В. Калашников, В. А. Костенко // Методы и средства обработки информации: Первая всероссийская научная конференция, Москва, 1 – 3 октября 2003 г. – М. МАКС Пресс, 2003.– С. 3 – 10.
13. **Бурнасов П.В.** Проектування підсистеми формування розкладу для автоматизації управління навчальним процесом у ВНЗ. / Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції "Особливості впровадження нових форм навчання у вищих навчальних закладах". Кривий Ріг: 2007. – с. 142-147.
14. **Бурнасов П.В.** Проектування модуля перенесення занять в автоматизованій системі формування розкладу. / Бурнасов П.В., Даниленко Ю.А. // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. Вип.18. Кривий Ріг.: 2007. – с. 161-164.

Рукопис подано до редакції 30.04.15