

Керносів М. А.<sup>1</sup>, Михнова А. В.<sup>2</sup>, Имшенецкий Д. А.<sup>3</sup><sup>1</sup>Канд. техн. наук, ведущий инженер, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, E-mail: [iust@list.ru](mailto:iust@list.ru)<sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина<sup>3</sup>Ст. оператор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

## ГИБКАЯ МНОЖЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ УЧЕБНОГО ПЛАНА В ПОДСИСТЕМЕ ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ИАС ВУЗА

В статье рассматривается актуальная проблема эффективной организации учебного процесса ВУЗа, в частности – математическая модель, используемая при автоматизация формирования учебного плана, как вида нормативного документа высшего учебного заведения.

В работе предложена модифицированная модель учебного плана, обеспечивающая его формирование с учетом особенностей бизнес-процессов объекта автоматизации. Полученная гибкая множественная модель обеспечивает математическую основу эффективного процесса разработки учебного плана, формирования его структуры и адаптации к текущим требованиям стандартов образования.

**Ключевые слова:** ВУЗ, планирование, учебный процесс, учебный план, множественная модель, база данных.

### ВВЕДЕНИЕ

Основными проблемами создания и внедрения информационной системы (ИС) в современных ВУЗах Украины являются наличие регулярных изменений в стандартах образования и ограниченное финансирование ВУЗами специализированных IT-подразделений, функциями которых является информатизация и дальнейшая автоматизация «процессов жизнедеятельности» высшего учебного заведения. Разработка такой системы силами соответствующих отделов является задачей трудно-реализуемой, в силу наличия ограничений по выделяемым ресурсам (кадры, финансовые и временные затраты) и сложности реинжиниринга существующих бизнес-процессов. Также периодическое изменение бизнес-процессов в ВУЗе, как результат внедрения новых стандартов «вышей школы», делает невозможным их строгую формализацию на достаточно долгий промежуток времени и, как следствие, усложняет их дальнейшую автоматизацию. Таким образом, для решения существующих проблем автоматизации ВУЗов необходимо создание гибкой информационной системы, которая могла бы адаптироваться под определенную организационную и функциональную структуру конкретного высшего учебного заведения [1].

Одной из базовых задач автоматизации управления ВУЗом является задача формирования учебного плана, которая предоставляет исходные данные для работы деканатов, а также задачи распределения нагрузки, формирования расписания и т. д.

Учебный план (УП) – это документ, который регламентируется стандартами высшего образования. УП

разрабатывается для каждого направления и специальности на основе образовательно-профессиональной программы и структурно-логической схемы подготовки бакалавров, специалистов и магистров, базируясь на установленном графике учебного процесса в ВУЗе, а также указывает порядок изучения учебных дисциплин и форм итоговой аттестации.

Учебный план может быть представлен различными способами (в виде множества дисциплин или совокупности модулей, в виде графа или матрицы и т.п.) [2]. Существующие гибкие ИС, которые предназначены для решения задач автоматизации работы ВУЗа, реализуют данные модели в том или ином виде. Наиболее популярными и коммерчески успешными являются системы «Галактика Управление ВУЗом» (российская компания «Галактика») и «GS-ведомости» (российская компания «Гуру-Софт») [3]. Реализованные в данных системах подходы к формированию учебного плана имеют ряд особенностей, среди которых можно выделить следующие:

– отсутствие многопользовательского режима совместного формирования учебных планов сотрудниками нескольких подразделений ВУЗа;

– график учебного процесса формируется на основании ранее утвержденного плана, тем самым не учитывается влияние различных внешних факторов, возникающие в период времени, охватываемый УП;

– отсутствие гибких средств конфигурации системы под действующие в Украине европейские стандарты образования и, как следствие, сложность адаптации УП к изменениям их структуры (планируемых видов занятий, размеров кредитов ECTS и т. п.).

## 1. АКТУАЛЬНОСТЬ МОДИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ УЧЕБНОГО ПЛАНА

В качестве способа решения существующих проблем и устранения недостатков предшествующих моделей предлагается новая концепция формирования учебного плана, которая основывается на использовании гибкой множественной модели и представлении плана в виде совокупности подмножеств дисциплин для всех существующих направлений, специальностей и уровней подготовки студента.

В терминах информационного обеспечения целевой ИС, учебный план – это совокупность (множество) дисциплин, каждая из которых характеризуется количеством часов по различным видам занятий, включая выраженные в часах аудиторную и самостоятельную работу, а также формы контроля по итогам изучения дисциплин.

Использование гибкой множественной модели в формировании учебного плана позволит получить ряд преимуществ, среди которых:

- поэтапное создание учебного плана работниками подразделений с учетом прав доступа и должностных обязанностей;
- возможность повторного использования ранее внесенных данных для решения требуемых задач разных категорий пользователей и, как следствие существенное сокращение объема хранимых данных;
- возможность формализации задачи создания и сопровождения учебных планов с помощью математического аппарата теории множеств, теории отношений и реляционной алгебры.

Исходя из вышесказанного, создание гибких средств формирования учебных планов, как составляющей автоматизации ряда бизнес-процессов ВУЗа, является на сегодня актуальной задачей как в теоретическом, так и в практическом плане.

## 2. ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существующие математические модели формирования учебного плана предполагают представление УП в виде совокупности взаимосвязанных в той или иной степени дисциплин, упорядоченных определенным образом. Такие модели могут быть формализованы в виде ориентированных графов, таблиц или иметь матричное представление [2]. Существующие модели предоставляют математический аппарат для последующей реализации процесса оптимизации формирования учебного плана (например, минимизации временных разрывов между изучением взаимосвязанных дисциплин) и принятия управленческих решений. Однако существующие модели формирования учебного плана являются идеальными (абстрактными) и не учитывают особенности бизнес-процессов реальных объектов автоматизации, для которых характерно наличие внешних возмущений и воздействий. Полученный оптимальный УП является неприемлемым или становится труднореализуемым на некотором этапе его выполнения в силу влияния различного рода внешних

факторов. Например, в случае возникновения проблем с перемещением дисциплин между семестрами, вызванной корректировками Министерством образования и науки, молодежи и спорта Украины действующих стандартов направлений или специальностей.

Для решения существующих проблем была разработана концепция формирования УП с использованием гибкой множественной модели учебного плана с учетом взаимосвязи между дисциплинами. В основе концепции данной модели лежат следующие утверждения:

1. Учебный план – это множество взаимосвязанных дисциплин ( $P$ ), распределенных по учебным семестрам и характеризующихся набором часов по видам занятий и принадлежностью к циклам, изучение которых необходимо для присвоения студенту определенного уровня квалификации.

2. Множество дисциплин плана, в свою очередь, включает 3 непересекающихся множества:

- множество дисциплин общих для всех направлений и специальностей ВУЗа (подмножество  $A$ );
- множество дисциплин общих для направления (подмножество  $B$ );
- множество дисциплин для профессионального направления и/или специальности (подмножество  $C$ ):

$$P = A \cup B \cup C. \quad (1)$$

3. За формирование части учебного плана, которая соответствует подмножеству  $A$ , отвечает учебный отдел (УО) ВУЗа, для части плана, которая соответствует подмножеству  $B$ , таковым подразделением является деканат, а для части плана, которому соответствует подмножество  $C$ , – кафедра.

Введем понятие базового учебного плана (БУП). БУП – это набор дисциплин, которые являются в рамках заданного уровня квалификации общими для:

- 1) всех направлений и специальностей в ВУЗе;
- 2) для конкретного направления;
- 3) для профессионального направления и/или специальности выпускающей кафедры.

Поскольку УО определяет содержание базового плана общего для всех направлений и специальностей образовательно-квалификационных уровней (ОКУ) подготовки («бакалавр», «специалист» и «магистр»), то величина мощности множества  $|P(A)|$  должна стремиться к величине 1. В то же время УО может формировать различные базовые УП для одного или нескольких факультетов ВУЗа или ОКУ подготовки студентов. Поэтому примем количество планов, сформированных УО, равным  $K$ .

$$|P(A)| \rightarrow K, \quad (2)$$

где  $P(A)$  – это множество базовых планов, содержащее только дисциплины множества  $A$ .

Деканат (реже выпускающая кафедра) определяет содержание базового плана для одного или нескольких направлений ВУЗа. Величина мощности множества  $|P(B)|$  для заданного ОКУ в таком случае должна стремиться к

количеству направлений в ВУЗе –  $M_i$ , по которым ведется подготовка студентов:

$$|P(B)| \rightarrow \sum_i^r M_i, \quad (3)$$

где  $P(B)$  – это множество базовых планов, содержащее только дисциплины множества  $B$ ;  $r$  – количество ОКУ, представленных в ВУЗе.

При этом для каждого ОКУ рациональное количество базовых УП, содержащих дисциплины УО, не должно превышать количество направлений ВУЗа ( $K \leq M * r$ ). Как правило, максимальное значение  $K$  для каждого ОКУ равно количеству факультетов ВУЗа.

Выпускающие кафедры определяют содержание базового плана по профессиональным направлениям и/или специальностям. Величина мощности множества  $|P(C)|$  должна стремиться к количеству профессиональных направлений (ОКУ «бакалавр» –  $N_{BLV}$ ) и специальностей (для ОКУ «специалист» –  $N_{SP}$  и «магистр» –  $N_{MG}$ ) по всем кафедрам ВУЗа –  $N$ :

$$|P(C)| \rightarrow N = \sum_{j=1}^l (N_{BLV} + N_{SP} + N_{MG}), \quad (4)$$

где  $P(C)$  – это базовый план, содержащий только дисциплины множества  $C$ ;  $l$  – количество выпускающих кафедр ВУЗа.

Таким образом, общее количество базовых планов в ВУЗе для определенного года приема должно стремиться к величине  $|P(P)|$  равной:

$$|P(P)| \rightarrow K + M + N, \quad (5)$$

где  $P(P)$  – это множество всех БУП ВУза для заданного года приема студентов.

Следовательно, каждый УП будет представлять собой объединение 3-х базовых УП:

$$P(P_i) = P(A)_k \cup P(B)_m \cup P(C)_n = A_k \cup B_m \cup C_n, \quad (6)$$

где  $P(P_i)$  – конечный итоговый УП;  $P(A)_k$  – базовый УП, сформированный УО, где  $k \in [1, K]$ ;  $P(B)_m$  – базовый УП, сформированный деканатом, где  $m \in [1, M]$ ;  $P(C)_n$  – базовый УП, сформированный кафедрой, где  $n \in [1, N]$ .

4. Дисциплина представляет собой уникальный именованный объект.

Структурно все дисциплины одного плана можно представить в виде кортежей, каждый из которых содержит название и заданные множества, описывающие виды занятий, объем работ и т. п.

Дисциплина ( $d$ ) представляется структурой вида:

$$d = \langle n, S \rangle, \quad (7)$$

где  $n$  – имя дисциплины;  $S = \{S_1..S_x\}$  – множество семестров изучения дисциплин, которые могут быть пред-

ставлены в виде выражения (8):

$$S_i = \langle s, TZ, fk \rangle, \quad (8)$$

где  $s$  – номер семестра изучения дисциплины;  $fk$  – форма контроля для преподавателей в конкретном семестре;  $TZ = \{TZ_1..TZ_y\}$  – множество планируемых в семестре типов занятий, которые могут быть представлены в виде выражения (9):

$$TZ_j = \langle tz, h \rangle, \quad (9)$$

где  $tz$  – тип занятия (лекция, практическое занятие, лабораторная работа, консультация и т. п.);  $h$  – нагрузка по каждому типу занятий, выраженная в часах.

Для описания УП как сети дисциплин будет принята модель семантической сети, показанная в выражении (10) [4]:

$$M = \langle I, \{C_1, C_2, \dots, C_n\}, G \rangle, \quad (10)$$

где  $I = \{i_1..i_z\}$  – множество информационных единиц семантической сети, т. е. множество дисциплин ( $d$ );  $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  – множество типов связей между дисциплинами;  $G$  – отображение, которое задает связи (из заданного множества  $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ , к которым относятся связи-ассоциации, отражающие зависимость дисциплин) между информационными единицами, входящими во множество  $I$ :  $G_i = \langle d_{i1}, d_{i2}, C_i \rangle$ .

Таким образом, модифицированная модель УП может быть представлена в виде выражения (11):

$$P = \langle A, B, C, \{C_1, C_2, \dots, C_n\}, G \rangle. \quad (11)$$

Модель (11) удовлетворяет всем условиям концепции гибкого формирования УП и может быть применена в качестве унифицированной модели бизнес-процесса создания учебного плана. Единоразовое централизованное внесение и модификация данных в определенной части УП обеспечит возможность автоматического формирования полного УП путем объединения связанных с ним подмножеств  $A, B, C$ . Включенные в модель УП связи между дисциплинами позволяют осуществлять анализ взаимосвязей различных дисциплин и исключить возможность наличия в УП нереализованных зависимостей, а также позволяют реализовать в виде набора процедур валидацию внесенных в учебный план дисциплин с целью сокращения количества ошибок и противоречивых данных в УП. Например, дисциплина «Web-технологии» должна изучаться после успешного усвоения материалов дисциплины «Алгоритмизация и программирование» и «Объектно-ориентированное программирование», поэтому она не может быть добавлена в УП раньше обеспечивающих ее дисциплин, кроме того, обеспечивающие дисциплины не могут быть удалены из плана, пока в нем существуют зависимости от них.

Предложенная модель, дополненная процедурами валидации УП, позволяет осуществлять повторное использование корректных проверенных частей УП и минимизировать трудозатраты процесса формирования

нового учебного плана на базе существующего путем повторного использования и модификации проверенных ранее частей УП вместо разработки УП «с нуля».

Например, построение УП ОКУ «бакалавр» по направлению «Компьютерные науки» (КН) в Харьковском национальном университете радиоэлектроники достигается объединением БУП УО для данного конкретного ОКУ подготовки, БУП, содержащего дисциплины общие для направления КН, и БУП одной из выпускающих кафедр (кафедра «Информационных управляющих систем» (ИУС), кафедра «Искусственного интеллекта» или кафедра «Системотехники»).

Анализ взаимосвязи дисциплин при объединении 3-х БУП позволяет поддерживать целостность данных на

уровне системы управления баз данных, отслеживать зависимости между дисциплинами с целью формирования оптимального УП, автоматизировать процесс принятия решений пользователями ИС.

Применение к единой модели учебного плана и стандартизация бизнес-процесса его создания позволят обеспечить регулирование прав доступа пользователей, участвующих в его формировании на уровне множеств дисциплин *A, B, C* одновременно.

Полученная математическая модель УП имеет свое отображение в информационной структуре целевой ИС. Обобщенная логическая схема данных представлена на рис. 1.

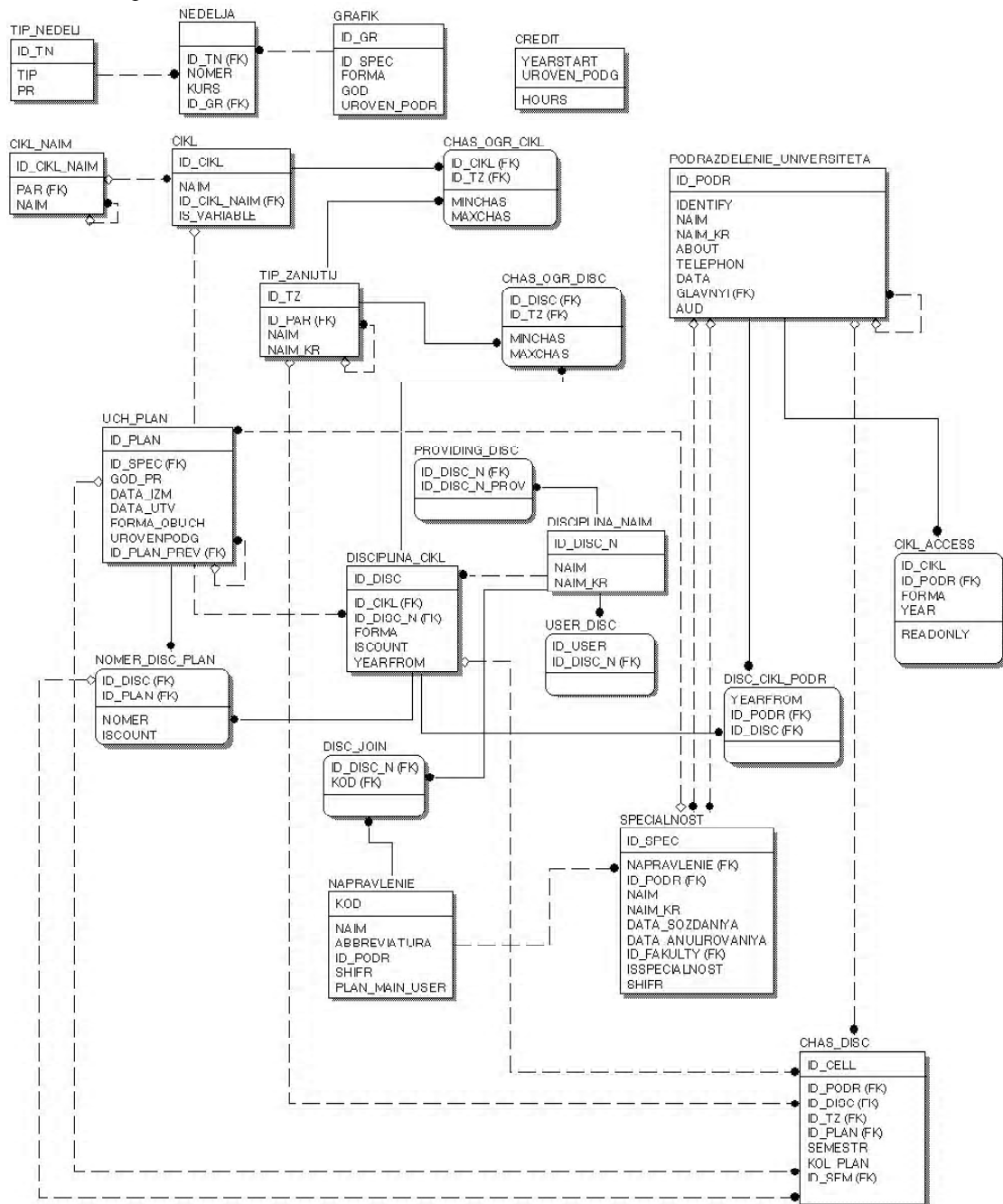


Рис. 1. Обобщенная схема данных функциональной задачи «Учебный план»

Учебный план представляет собой совокупность взаимосвязанных таблиц в соответствии с выражением (11). Формирование одного из базовых УП (2–4), как множества дисциплин, подразумевает предоставления различных прав доступа пользователям нескольких подразделений к данным таблиц, описывающим дисциплины (DISCIPLINA\_CIKL, CHAS\_DISC и др.). За каждым подразделением закрепляется тот или иной цикл дисциплин (таблица CIKL), и назначаются привилегии в соответствии с должностными инструкциями (CIKL\_ACCESS). Базовый учебный план на физическом уровне представлен в виде записей базы данных – таблицы UCH\_PLAN и NOMER\_DISC\_PLAN, при этом атрибут ID\_PLAN\_PREV (связь «один-ко-многим») указывает на предшествующий базовый план, что позволяет реализовать возможность переиспользования и копирования ранее сформированных УП. Структура дисциплины, описанная формулой (7), представлена в виде взаимосвязанных таблиц DISCIPLINA\_CIKL, DISCIPLINA\_NAIM, CHAS\_DISC. Зависимость дисциплин учебного плана между собой, представленная в формуле (11), определяется соответствием внешних ключей в таблице PROVIDING\_DISC (атрибуты ID\_DISC\_N и ID\_DISC\_N\_PROV).

#### ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Автоматизация формирования учебного плана с применением предложенной в работе модели УП позволяет облегчить работу пользователя по созданию и сопровождению учебного плана, контролю нагрузки студентов, формированию учебных планов по направлениям и специальностям и рабочих учебных планов (семетровок), а также обеспечивает создание информационной платформы, которая позволяет инициировать работу

множества других автоматизированных бизнес-процессов ВУЗа (организация и контроль учебного процесса, и его дальнейшее документальное сопровождение в деканате; формирование учебной нагрузки преподавателей кафедр; формирование расписания занятий; ведение электронного журнала и т. д.). Качественная реализация полученной математической модели УП позволяет обеспечить надежную работу всех взаимодействующих модулей и функциональных задач.

Тестирование работы модуля «Учебный план» осуществлялось на реальных данных учебных планов ХНУ-РЭ факультета КН кафедры ИУС 2012/2013 учебного года.

Апробация применения гибкой множественной модели создания учебного плана показала возможность сокращения почти в 2 раза объема хранимых данных; повышения оперативности формирования УП; уменьшения числа аномалий и ошибок в БД, и, как следствие, сокращения работы по мониторингу и обработке данных в ИС при ее администрировании и сопровождении.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высшее образование в Украине [Электронный ресурс] : Режим доступа: [http://society.lb.ua/education/2011/06/11/100814\\_v\\_ukraine\\_na\\_800\\_vuzov\\_bolshem\\_.html/](http://society.lb.ua/education/2011/06/11/100814_v_ukraine_na_800_vuzov_bolshem_.html/). – 11.07.2012. – Загл. с экрана.
2. Формализованные модели учебного плана [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://technomag.edu.ru/doc/506173.html/>. – 16.03.2010.– Загл. с экрана.
3. Системы автоматизации в ВУЗе [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://greenhouse.lotus.com/plugins/plugincatalog.nsf/assetDetails.xsp?action=open\\_Document&documentId=01A813809B2AD1A8852576E8001E76F5/](https://greenhouse.lotus.com/plugins/plugincatalog.nsf/assetDetails.xsp?action=open_Document&documentId=01A813809B2AD1A8852576E8001E76F5/). – 16.03.2010. – загл. с экрана.

Стаття надійшла до редакції 16.01.2013.

Керносів М. А.<sup>1</sup>, Міхнова А. В.<sup>2</sup>, Імшенецький Д. О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, провідний інженер, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

<sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

<sup>3</sup>Ст. оператор, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

#### ГНУЧКА МНОЖИННА МОДЕЛЬ НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ В ПІДСИСТЕМІ ПЛАНУВАННЯ І КОНТРОЛЮ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ІАС ВНЗ

У статті розглядається актуальна проблема ефективної організації навчального процесу ВНЗ, зокрема – математична модель, що використовується для автоматизації формування навчального плану, як виду нормативного документу вищого навчального закладу.

У роботі запропоновано модифіковану модель навчального плану, що забезпечує його формування з урахуванням особливостей бізнес-процесів об'єкта автоматизації. Отримана гнучка множинна модель забезпечує математичну основу ефективного процесу розробки навчального плану, формування його структури та адаптації до поточних вимог стандартів освіти.

**Ключові слова:** ВНЗ, планування, навчальний процес, навчальний план, множинна модель, база даних.

Kernosov M. A.<sup>1</sup>, Mikhnova A. V.<sup>2</sup>, Imshenetsky D. A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. of engineering science, leading engineer, Kharkov National University of Radioelectronics

<sup>2</sup>Ph.D. of engineering science, associate Professor, Kharkov National University of Radioelectronics

<sup>3</sup>Operator, Kharkov National University of Radioelectronics

#### FLEXIBLE SET-THEORETIC MODEL OF CURRICULUM FOR THE PLANNING AND CONTROL SUBSYSTEM OF INFORMATION AND ANALYSIS SYSTEM OF UNIVERSITY

The article is devoted to the problem of the university education advanced management. Authors proposed an alternative mathematical model for the planning of the academic activities and curriculums formation as normative document of higher education.

The paper presents a modified model of the curriculum. As a result, model takes into consideration the specific characteristics of the investigated business processes. The resulting model provides a flexible set-theoretic mathematical basis for the successful development of a curriculums, its structuring and adaptation to the high standards and requirements of the modern university.

**Keywords:** university, planning, educative process, curriculums, multiple model, databases.

#### REFERENCES

1. Vysshee obrazovanie v Ukraine [Elektronnyj resurs], Rezhim dostupa:[http://society.lb.ua/education/2011/06/11/100814\\_v\\_ukraine\\_na\\_800\\_vuzov\\_bolshem\\_.html/](http://society.lb.ua/education/2011/06/11/100814_v_ukraine_na_800_vuzov_bolshem_.html/), 11.07.2012, zagl. s ehkrana
2. Formalizovannye modeli uchebnogo plana [Elektronnij resurs], Rezhim dostupa: <http://technomag.edu.ru/doc/506173.html> /, 16.03.2010, zagl. s ehkrana
3. Sistemy avtomatizatsii v VUZe [Elektronnij resurs], Rezhim dostupa: [https://greenhouse.lotus.com/plugins/plugincatalog.nsf/asset\\_Details.xsp?action=open Document &documentId=0 1A813809B2AD1A8852576E8001E76F5](https://greenhouse.lotus.com/plugins/plugincatalog.nsf/asset_Details.xsp?action=open Document &documentId=0 1A813809B2AD1A8852576E8001E76F5), 16.03.2010, zagl. s ehkrana