

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
(наименование института полностью)

Кафедра «Прикладная математика и информатика»
(наименование)

09.04.03 Прикладная информатика
(код и наименование направления подготовки)

Информационные системы и технологии корпоративного управления
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Модели и алгоритмы оптимизации формирования учебной нагрузки ВУЗа»

Студент

В.Н. Юшкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н, О.В. Аникина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Теоретико-методологические основы процесса формирования учебной нагрузки ВУЗа	7
1.1 Исследование проблемы в литературе	7
1.2 Степень изученности проблемы.....	10
1.2.1 Существующие информационные системы распределения учебной нагрузки.....	13
1.2.2 Требования к системе распределения нагрузки	18
1.3 Многокритериальность задачи формирования нагрузки ВУЗа ...	20
1.4 Постановка задач исследования	22
Выводы по главе 1	31
2 Организация образовательной деятельности и формирование учебной нагрузки ВУЗа	33
2.1 Принципы распределения учебной нагрузки ВУЗа	33
2.2 Существующие проблемы формирования учебной нагрузки ВУЗа	38
2.3 Математическая модель нормирования и распределения учебной нагрузки ВУЗа	45
2.3.1 Математическая модель распределения учебной нагрузки преподавателей.....	45
2.3.2 Алгоритм распределения учебной нагрузки	47
2.4 Приложение модели междисциплинарного баланса при построении учебного плана	51
Выводы по главе 2	55
3 Математические модели формирования и оптимизации учебной нагрузки ВУЗа	56
3.1 Модель оптимального формирования штатов профессорско-преподавательского состава кафедр по критерию прибыли факультетов и отделов.....	59

3.1.1	Порядок расчёта количества ставок профессорско-преподавательского состава кафедр.....	59
3.1.2	Модель оптимального набора количества студентов, обучающихся по направлениям (специальностям) подготовки.....	61
3.1.3	Преимущества и недостатки математической модели.....	63
3.2	Модель оптимального формирования штатов ППС кафедр по критерию прибыли факультетов.....	63
3.2.1	Распределение внебюджетных средств по структурным подразделениям	63
3.2.2	Модель оптимизации учебной нагрузки, в зависимости от бюджетной и контрактной составляющей	65
3.2.3	Преимущества и недостатки математической модели.....	66
3.3	Пример применения модели	67
	Выводы по главе 3	74
4	Разработка моделей и алгоритмов оптимизации формирования учебной нагрузки ВУЗа	75
4.1	Алгоритмическое обеспечение программных комплексов	75
4.2	Информационная система планирования и управления распределением учебной нагрузкой.....	79
	Выводы по главе 4	92
	Заключение	93
	Список используемой литературы	95

Введение

Развитие высшего образования России предусматривает решение многих экономических и организационных вопросов: оптимизации сети высших учебных заведений (ВУЗ) [6], создание мощных региональных образовательных комплексов, разработка и внедрение научно обоснованных методов определения объема и структуры государственного заказа на подготовку специалистов, внедрение кредитно-модульной системы организации учебного процесса, модернизацию и развитие материально-технической базы.

Проблема исследования определяется противоречием между возрастающим объемом учебной нагрузки, составом преподавателей, оптимизацией учебного процесса, восприятием студентами учебного материала.

Актуальность исследования. В организационной системе ВУЗа наиболее трудоемкими являются сбор, преобразование, отображение, хранение, передача и обработка информации. Автоматизированная система управления значительно снижает трудоемкость обработки информации. Актуальность работы объясняется постоянным ростом количества студентов, следовательно, и количества потока информации в учебном заведении. Перераспределение нагрузки кафедры связано с появлением новых специальностей, специализаций и направлений.

Непосредственной потребностью данных программных продуктов является возможность самостоятельной оперативной доработки алгоритмов формирования учебной нагрузки, штатного расписания и распределением этой нагрузки по структурным подразделениям образовательной организации.

Нахождение собственного оптимального технологического решения с помощью новых алгоритмов расчета и формирования учебной нагрузки, удовлетворяющего поставленным требованиям постоянно меняющегося

законодательства, является актуальной задачей по причине востребованности такого автоматизированного программного решения и составляет суть данной исследовательской работы.

Цель исследования. Анализ всех доступных технологий, процессов, технологической совместимости и комбинированных вариантов, разработка технического решения, позволяющего автоматизировать, упростить и улучшить процесс расчета и формирования штатного расписания и учебной нагрузки для образовательной организации. Определить инновационный процесс оптимизации работы и создание инструмента, позволяющего решить данную задачу.

Целью работы является проектирование средства формирования нагрузки в ВУЗе на основе оптимальных алгоритмов и анализа математического аппарата, разработка модели оптимального формирования нагрузки.

Область исследования. Прикладные технологии и алгоритмы расчет учебной нагрузки для образовательной организации с последующим формированием штатного расписания и распределением полученной нагрузки между структурными подразделениями. Программное обеспечение для автоматизации учебного процесса образовательной организации, библиотеки (API).

Гипотеза. Система организации образовательного процесса в ВУЗе будет более эффективной при оптимальном формировании учебной нагрузки.

Задачи исследования. Проанализировать существующие модели и алгоритмы, установить признаки их несоответствия потребностям образовательных организаций. Создать модели и алгоритмы расчетов учебной нагрузки.

Методы исследования. Моделирование на основе экспериментальных данных.

Практическая значимость исследования заключается в разработке

информационной системы оптимального формирования учебной нагрузки ВУЗа с последующим распределением ее между кафедрами, что способствует повышению эффективности организации учебного процесса в образовательном учреждении.

Научная новизна – разработка оптимальной технологии расчета учебной нагрузки.

На защиту выносятся:

1. Методика распределения учебной нагрузки между кафедрами, обеспечивающая повышение эффективности расходования средств, при организации образовательного процесса в ВУЗе.

2. Принципы распределения учебной нагрузки ВУЗа.

3. Математическая модель формирования учебной нагрузки ВУЗа, которая является эффективным средством оптимизации расходов при организации образовательного процесса.

4. Результаты апробации информационной системы формирования и распределения учебной нагрузки ВУЗа.

Работа представляет собой модель разработки информационной системы распределения учебной нагрузки в ВУЗе, используемой для повышения качества образовательного процесса и оптимизации расходов, связанных с образовательной деятельностью.

Объем и структура диссертации: диссертационное исследование состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии (32 наименований). Работа изложена на 98 страницах, содержит 29 рисунков и 7 таблиц.

1 Теоретико-методологические основы процесса формирования учебной нагрузки ВУЗа

1.1 Исследование проблемы в литературе

Современная методика расчета нормативного количества ставок ППС вузов появилась в 2002 г. Количество преподавателей рассчитывается по нормативам на каждую отдельную специальность (направление подготовки). Также указанная методика определяет нормативы для образовательно-квалификационных уровней бакалавра, специалиста, магистра, в отношении 1: 0,9: 0,5 - соответственно. Кроме того, для вечерней формы обучения норма студентов на ставку ППС увеличивается в 2, а для заочной и дистанционной – в 4 раза. Дневная форма обучения для иностранных студентов уменьшается на 15%. Действие постановления не распространяется на вузы, имеющие статус исследовательских и могут самостоятельно устанавливать нормы количества студентов на ставку ППС.

Для реализации стадии управления [24] и организации образовательной деятельности определяют цель и ключевые задачи, планируют необходимые для их выполнения решения [18].

Распределение учебной нагрузки (УН) между преподавателями с периодичностью решают кафедры каждого учебного подразделения ВУЗа для организации и управления учебным процессом. К входным данным одной из наиболее динамичных, сложных задач по распределения УН, требующих автоматизации, можно отнести:

- нестабильность кадрового состава на кафедрах;
- распределение множества учебных дисциплин;
- многообразия форм обучения;
- разнотипные входные данные от различных подразделений;
- ежегодная нестабильность состава студентов;
- поиск оптимального распределения учебной нагрузки кафедры

между преподавателями.

Цель достигается периодическим, не чаще 1 раза за семестр, перераспределением нагрузки между преподавателями кафедры.

Вопросами автоматизации распределения нагрузки преподавателей занимались многие известные исследователи [21, 23]. Милевской М.М. предложен [20] алгоритм расчета нагрузки по распределению необходимого количества часов на выполнение профессиональных задач, стоящих перед преподавателем, где критериями выступают:

1. «Утвержденный план работы кафедры, служащий для вычисления общего объема нагрузки, и индивидуальные планы преподавателей, разработанные на основании плана кафедры»;

2. «Путем перерасчета базовой научной нагрузки, получаем коэффициент соотношения научной и учебной нагрузки кафедры»;

3. «Индивидуальный объем учебной нагрузки по размеру ставки и должностной категории с учетом минимального и максимального уровня»;

4. «Коэффициент соотношения научной и учебной нагрузки кафедры на основе пересчета базовой научной нагрузки».

Григораш О.В. в своих работах [9, 10] описывает распределение нагрузки преподавателя по решению заведующего кафедрой. Им предложен алгоритм прогнозирования и расчета нагрузки на основе суммирования итогов выполнения индивидуальных планов за истекший период.

Варламова С.А. [4] утверждает, что проблему оптимального распределения нагрузки можно свести к решению задачи по распределению ресурсов с составлением целевой функции при определенных показателях:

- компетентность преподавателя при выборе учебной дисциплины;
- нагрузка распределяется между преподавателями равномерно, занятия проводятся без объединения групп.

Работы [1, 4, 11, 16, 21] решают проблему распределения нагрузки между преподавателями кафедры без учета количественного состава и объемов часов на преподаваемые дисциплины от общей нагрузки.

В работе [20] основным параметром распределения является квалификационный уровень преподавателя, с закреплением за ним дисциплины на одном потоке. При расчете нагрузки с большим штатом преподавателей и значительным количеством часов метод не эффективен.

Работа [11] предлагает рассматривать нагрузку для преподавателя по двум критериям: максимально-допустимая и усредненная. Вся нагрузка между преподавателями распределяется произвольно, игнорируется трудоемкость и равномерность распределения нагрузки по видам работ.

В работе [21] учебная нагрузка при распределении принимается равной для всех преподавателей. Выполнение нагрузки определяется показателем эффективности научной работы преподавателей. Итоговый научный результат получают сложным подсчетом всех видов нагрузок.

Проблематично распределять учебную нагрузку на многопрофильных кафедрах с ненормированным объемом учебной нагрузки, разнотипным составом студентов, объединенных в большие потоки. Приходится утверждать много незначительных допущений и отклонений от норм.

В работе [23] подробно рассмотрена модель распределения учебной нагрузки с автоматизированным принятием решений системой поддержки «Учебная нагрузка ППС» с описанием выполняемых функций. Модель строится в нотации SADT.

В работе [23] изучен алгоритм работы автоматизированной системы распределения учебной нагрузки. Алгоритм подробно описывает взаимодействие различных структур участвующих в образовательном процессе.

1.2 Степень изученности проблемы

За последнее время было проведено много исследований по вопросам совершенствования учебного процесса, в том числе, и по созданию автоматизированных систем обучения и контроля знаний [1-4, 7-12, 15, 16], систем контроля качества учебного процесса [11, 15, 20], развития высшего учебного заведения (ВУЗ) [12].

Значительное внимание уделяется определению особенностей управления вузом, анализа условий его функционирования, определению управленческих функций и тому подобное. В публикациях недостаточно освещены некоторые аспекты реализации управленческих процессов, в частности, те, что касаются вопросов планирования и оптимизации объемов учебной работы.

В связи с вышеизложенным, можно сделать вывод, что существует потребность в проектировании и разработке информационных систем, поиске математической модели и алгоритма работы данных систем, которые бы позволили наиболее эффективно адаптировать образовательные планы для реализации учебного процесса в ВУЗах.

Однако некоторые аспекты планирования объемов учебной работы, в частности, обеспечения равномерной нагрузки студентов и уравнивания объемов учебной нагрузки преподавателей через оптимизацию и межкафедральные согласования учебных планов различных специальностей освещены недостаточно [25].

Недостаточным является и исследованность проблемы, с точки зрения изучения и выявления конкретных потребностей в разработке и внедрении новых методов и средств управления автоматизированными системами планирования учебной работы в высших учебных заведениях России.

В организации работы сложной системы по принятию управленческого решения существует прямая связь между обработкой большого количества разнотипной информации, требующей анализа ситуации с привлечением

различных методов из разных областей знаний, и развитием новых информационных технологий, которые инициируют увеличение нагрузки с одной стороны и предоставляют технологии для ее эффективного распределения с другой. Поэтому создание математических моделей управления сложными системами в современном системном анализе направлены на реализацию возможностей, которые бы позволили разрабатывать соответствующие информационно-компьютерные технологии и автоматизированные системы для минимизации участия человека в процессах организации и управления высшим учебным заведением.

Управление активной информационно-аналитической системой организации, с точки зрения системного анализа, предусматривает проектирование имитационной модели поведения системы в заданных внешних и внутренних условиях во времени, в зависимости от реализуемого управляющего воздействия, называемого управлением. Выбор управления осуществляется на основе анализа заданных критериев оптимальности, который направлен на оценку качественного уровня принятого управленческого решения.

Повышение уровня эффективности в процессе управления учебным процессом в вузе требует перехода на качественно новые технологии обработки данных, относящихся к организации, планированию, проведению, учебного процесса, базирующиеся на использовании компьютерных технологий, в частности – сетевых технологий и технологий использования баз данных.

В качестве возможности совершенствования организационной и учебной деятельности вуза можно рассматривать процесс автоматизации процесса управления учебным заведением, а также его подразделений.

Процесс распределения учебной нагрузки может носить, а чаще всего и носит циклический характер. Однако, отсутствие автоматизации в расчете показателей учебной нагрузки приводит к снижению эффективности повторного распределения и перераспределения учебной нагрузки при

изменяющихся условиях. Низкие темпы перерасчета приводят к тому, что, через некоторое время учебная нагрузка перестает соответствовать реальной нагрузке преподавателя. Поэтому возникает потребность в автоматизации процесса планирования нагрузки преподавателя.

Организация работы сложной системы, анализ и обработка большого потока информации требует оперативного принятия решения этой проблемы. Математические модели, современные технологии, мощные серверы, приложение системного анализа, компьютерных сети – создали предпосылки для разработки процессов управления сложными системами.

При построении модели управления системой закладываются параметры внешних и внутренних воздействий для выбора оптимальных показателей управления и их оценки.

Достижения прогресса заставляют принимать вызовы во всех сферах деятельности. Эффективная автоматизация процесса управления учебным заведением и его подразделениями значительно улучшит организационную и учебную работу, облегчит труд всех служб ВУЗа.

Автоматизация расчета учебной нагрузки кафедры стала возможной благодаря достижениям науки в области компьютерных технологий. Внедрение автоматической обработки данных будет определяющим для учебных отделов вузов при формировании и расчете штатного расписания профессорско-преподавательского состава кафедр, мониторинга по выполнению учебных поручений преподавателями, комплекса по составлению и корректировке расписаний учебных занятий и сессий.

При обычных способах расчета учебной нагрузки в течение учебного года возможны ошибки из-за трудоемкости внесения изменений. Конечный итог перестает соответствовать реальной учебной нагрузке. При автоматизации процесс ввода информации виден результат расчета и исключается дублирование.

1.2.1 Существующие информационные системы распределения учебной нагрузки

Многие вузы занимаются разработкой информационных систем для распределения нагрузки на кафедрах самостоятельно.

АС «Нагрузка вузов» [17] – комплекс программного обеспечения для автоматизации административной работы подразделений вузов разработан ММИС Лабораторией. Программа создана для формирования учебных планов, расчета штатного расписания, ввода сведений о контингенте студентов по приказу о зачислении, формирования списков учебных групп, распределения учебной нагрузки кафедры с закреплением норм контроля при приеме зачетов и экзаменов.

Администратор системы, заведующие кафедрами и преподаватели имеют три степени уровня доступа, с наивысшим у администратора.

Программа помогает деканатам объединять группы в потоки и разбивать на подгруппы при необходимости. Заведующим кафедрами распределять учебную нагрузку за преподавателями, учитывая опыт предыдущих лет.

Преподаватели получают информацию по учебной нагрузке кафедры для формирования индивидуальных планов с заполнением необходимого количества часов, дополняя учебную нагрузку научной, организационно-методической, учебно-методической, воспитательной работой, вносят пожелания по расписанию занятий и экзаменационных сессий.

Модуль «Учебная нагрузка» информационной системы «Планы ВПО» автоматизирован и адаптирован для расчета учебной нагрузки ВУЗа и сопутствующих документов. В систему заложены все данные для точного, быстрого и эффективного расчета. Предусмотрен вывод на печать конечного результата расчета для последующего согласования всеми структурами ВУЗа.

Электронный документооборот обеспечивает разработку всех необходимых данных для успешной работы вузов и подразделений, таких

как: штатное расписание; базу учебных планов; учебную нагрузку кафедр и распределение ее между преподавателями; списки групп с распределением по потокам, направлениям и специализациям; нормы контроля по видам дисциплин; нормы времени на руководство дипломными, курсовыми, диссертационными работами; заполнение индивидуального плана.

Утверждение учебных планов проводится после предварительного согласования заинтересованными сторонами, участвующими в разработке и перекрестном контроле при формировании УП (учебно-методическое управление, деканаты, кафедры). рисунок 1.1 и 1.2.

Считать в плане	Наименование	Блок/часть	ЗЕТ	Зачет с/од	КР	Экстер-ное	Факт	Курс 1																						
								Сем. 1 [10 нед]			Сем. 2 [10 нед]			Сем. 3 [10 нед]			Итого													
								ЗЕТ	Итого	Лек	Пр	СР	Часы	ЗЕТ	Итого	Лек	Пр	СР	Часы	ЗЕТ	Итого	Лек	Пр	СР	Часы					
- Часть: базовая								79	79	27	972	162	252	450	108	25	900	36	72	756	36	3	108	54	18					
- Часть: вариативная								47	47	9	324	90	90	144	20	720		720												
Итого ЗЕТ/Часы (без факультативов)								141	141	28	1062	180	306	468	108	32	1206	54	126	990	36	30	1134	108	864	6				
Недельная нагрузка в семестрах (час/нед)											53		36		53		54		54											
Объем контактной работы в семестрах (час/нед)											24				7		3													
ЗЕТ на курсах (без факультативов)															60															

Рисунок 1.1 – Экран Модуля «Учебная нагрузка» информационной системы «Планы»

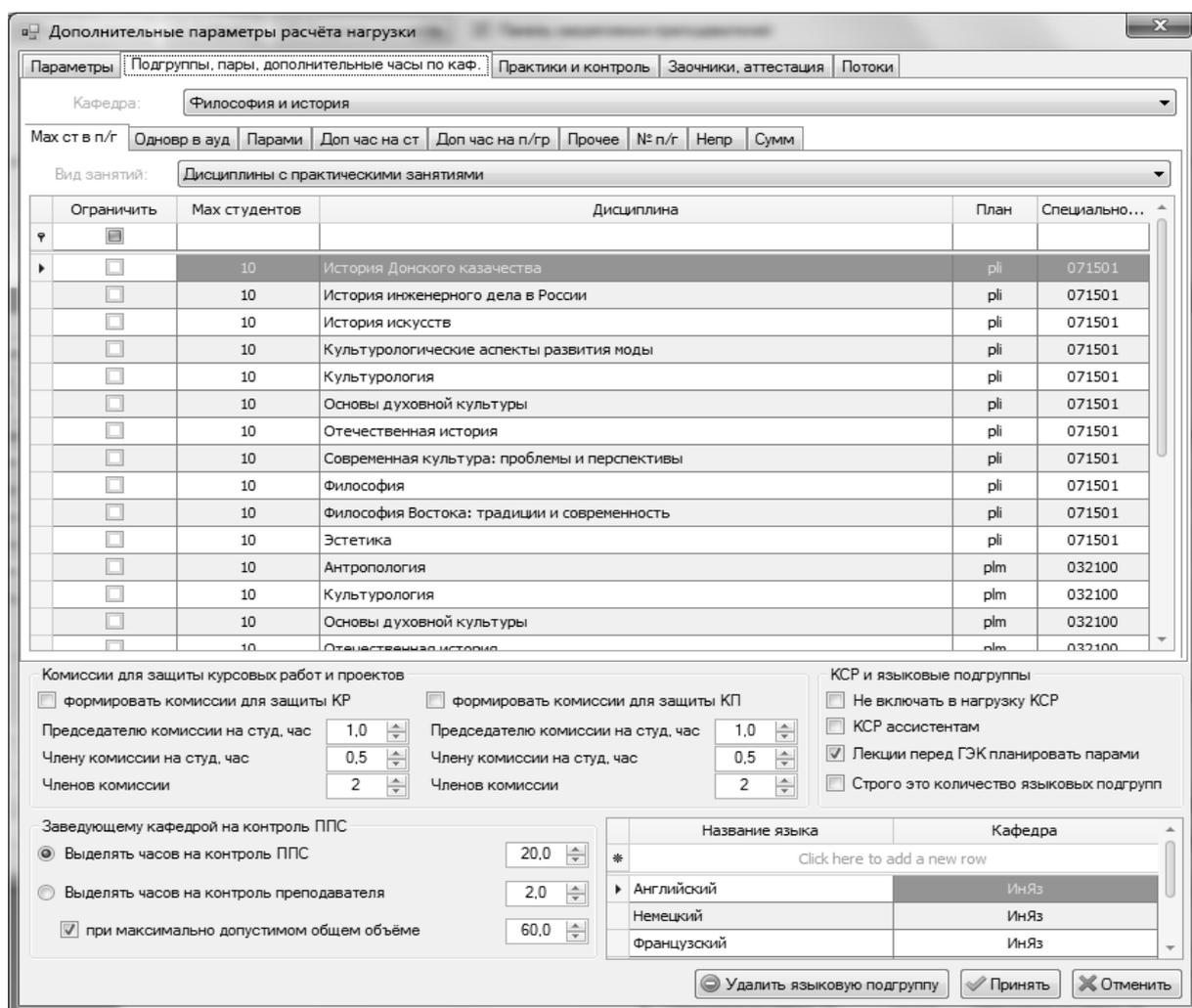


Рисунок 1.3 – Дополнительные параметры расчета нагрузки

Установив SQL Server, подключаем базу данных «Деканат», при поддержке программы Management Studio. После запуска появляется приведенное на рисунке 1.4 окно с указанием имени вашего сервера. При использовании значения по умолчанию имя сервера зависит от версии:

- «.» или «(local)» - универсальное имя локального компьютера, допуск для входа на сервере;
- «Имя компьютера в сети» – сетевое имя компьютера, в контекстном меню «Мой компьютер». Осуществляется вход с сервера и с любого компьютера-клиента (версия 2000);
- «Имя компьютера в сети / SQL EXPRESS» - аналогично предыдущему названию, характерно для версий 2005, 2008.

Планы	Курсы																								
	1		2		3		4		5		6		1		2		3		4		5		6		
	По плану	Факт																							
	Конт	Групп																							
03050101-11-4-рп_r.pli															8	1			1						
03050101-11-5-рп_r.pli																			23	1			1		
03050102-11-5-рп_r.plz																			52	1			1		
03050102-11-6-рп_r.plz																							33	1	
03050103-11-5-рп_r.plz																			62	1			1		
03050103-11-6-рп_r.plz																							32	1	
03050104-11-4-рп_r.pli														12	1			1							
03050104-11-5-рп_r.pli																		29	1			1			
030501-11-2-кор_r.pli					37	2		4																	
030501-11-2-кор_r.plz					92	2		2																	
030501-11-3-кор_r.pli									21	1		1													
030501-11-3-кор_r.plz									94	2		2													
030501-11-4-кор_r.plz													118	2			2								
032401-11-23 рп_r.pli					3	1		1	7	1		1													
032401-11-45 рп_r.pli															10	1		1	14	1		1			
040101-11-23 ср_r.pli					20	1		1	16	1		1													
040101-11-24 ср_r.plz					30	1		1	32	1		1	40	2			2								
040101-11-4 ср_r.pli													23	1			1								
040101-11-5 ср_r.pli																		22	1			1			
Всего: 1280 учебных планов	1784	288	0	296	2012	340	0	343	1814	303	0	303	1925	332	0	332	2099	227	0	227	157	19			

Рисунок 1.4 – Формирование нагрузки в системе

В программе АС «Нагрузка вузов» v1.0 учитываются дополнительные параметры:

«Часов на консультации перед экзаменом». Строка учебной нагрузки, содержащая форму контроля «экзамен», разбивается на две строки: первая – «Дисциплина», вторая строка «консультации перед экзаменом». Суммарное значение соответствует аудиторной нагрузки.

«Часов на рецензирование диссертаций магистров», «Часов на руководство педпрактики аспирантов», «Научное руководство аспирантом». При отсутствии в плане часов на эти виды работ принимается целочисленное значение данного параметра в строке «Другая нагрузка», соответствующей учебной нагрузки.

«Предельное количество студентов в подгруппе (лабораторные занятия)». Если строка содержит лабораторные занятия с превышением количества студентов заданному целочисленному параметру, то данная строка будет разбита на несколько равномерно распределенных по подстрокам (в зависимости от общего числа студентов).

Все параметры можно найти в источнике [5].

Алгоритм формирования нагрузки работает в двух режимах. В первом режиме обрабатываются планы, имеющие статус: «Утвержден», «Редактировать контингент», «Рассчитанный». Второй редактирует планы со статусами «Утвержден» и «Редактировать контингент». Рекомендуется использовать второй режим работы алгоритма при повторном расчете и внесении изменения по нескольким планам, для существенного сокращения времени расчета.

Вариант ответа «Да» производит расчет нагрузки в первом режиме, «Нет» - во втором.

При расчете отображается диалоговое окно, в котором выводится информация о текущем состоянии плана, в нижней части окна расположена строка, отражающая текущий прогресс обработанных планов, по которому определяется время окончания расчета.

1.2.2 Требования к системе распределения нагрузки

На основании изученных материалов исследований и существующих автоматических систем распределения нагрузки определяются общие положения распределения нагрузки преподавателя.

Сотрудникам кафедры обеспечен персональный доступ по закрепленному за ними логину и паролю к базе данных и инструкции по обработке документов по форме «Расчет учебной нагрузки на кафедре». Интерфейс разработан с учетом всех мер безопасности и надежности хранения, с максимально понятными и доступными диалоговыми окнами абсолютно всем пользователям подсистемы. Вход в систему, ввод данных, вывод основных документов на печать – защищен ограничением прав доступа.

Подсистема помогает распределить учебную нагрузку на кафедре:

1) Плановмерно закреплять, учитывая индивидуальные особенности и компетентность преподавателя, дисциплины и часы по видам учебной нагрузки между профессорско-преподавательским составом кафедры;

2) Время на проведение консультаций и количество ставок выделяемых на кафедры рассчитывается согласно коэффициентам расчета количества часов консультаций и объемов ставок с учетом требований образовательных стандартов;

3) Формирование и закрепление потоков, групп, подгрупп ведется в автоматическом режиме, с учетом всех норм и ограничений;

4) Разработаны формуляры по занятости аудиторий: лекционных и для проведения практических и лабораторных занятий;

5) Проводить текущий контроль по выполнению календарных планов и учебной нагрузки в целом, с указанием количества часов по дисциплинам;

6) Просматривать и печатать формы для кафедры: Штатное расписание ППС, Расчет учебной нагрузки, План научной работы, Отчет о выполнении учебной нагрузки, Отчет о выполнении научной работы, Отчет о прохождении курсов повышения квалификации;

7) Все значимые документы предыдущих лет доступны для ознакомления в рабочем режиме.

Сервер с установленной программой подключен к сети Internet, важные для подсистемы данные защищены, информационная безопасность обеспечивается шифрованием по ГОСТ 28147-89.

Программа обеспечена полностью локализованным русскоязычным интерфейсом, для общесистемных программных компонент возможна версия англоязычного интерфейса. Для удобства и скорости ввода данных предусмотрены «горячие» клавиши.

Организация и тщательная разработка графического интерфейса способствует безошибочной работе всех служб, имеющих доступ к базе. База данных разработана с учетом возможного проникновения пользователей, не имеющих допуска. Списки допустимых значений автоматически срабатывают при вводе некорректных данных. Информация об ошибочных данных выводится на экран монитора с рекомендациями по ее устранению.

1.3 Многокритериальность задачи формирования нагрузки ВУЗа

Проведенный анализ научных работ в области организации учебного процесса в ВУЗе показал, что в большинстве научных исследований сделан акцент на описание механизма распределения учебной нагрузки преподавателя, но при этом мало внимания уделяется описанию подбора оптимального решения с точки зрения математической и алгоритмической модели автоматизированной системы распределения учебной нагрузки преподавателя.

В данной работе предлагается произвести генерализацию изученных методик проектирования и моделирования автоматизированных систем распределения учебной нагрузки преподавателя. Предложен свой обобщенный алгоритм планирования учебной и внеучебной нагрузки преподавателя, оптимально осуществляющий распределение нагрузки для решения стоящих перед преподавателем задач. Научная и методическая работа состоит из работы над статьями с последующей публикацией, подача заявок на грант с отчетом о выполнении запланированных разработок, докладов на конференциях, подготовка методических пособий, подготовка к проведению лекций, лабораторных, практических, семинарских занятий, привлечение студентов к занятиям научной работой, участиям в олимпиадах, волонтерском движении, в спартакиадах здоровья.

Алгоритм распределения учебной и внеучебной нагрузки представлен в виде схемы на рисунке 1.5. Обработка большого потока информации требует постоянного анализа и использования методов искусственного интеллекта, применение программных средств, планирования учебной и внеучебной нагрузки преподавателей для принятия решения по управлению и организации работ.

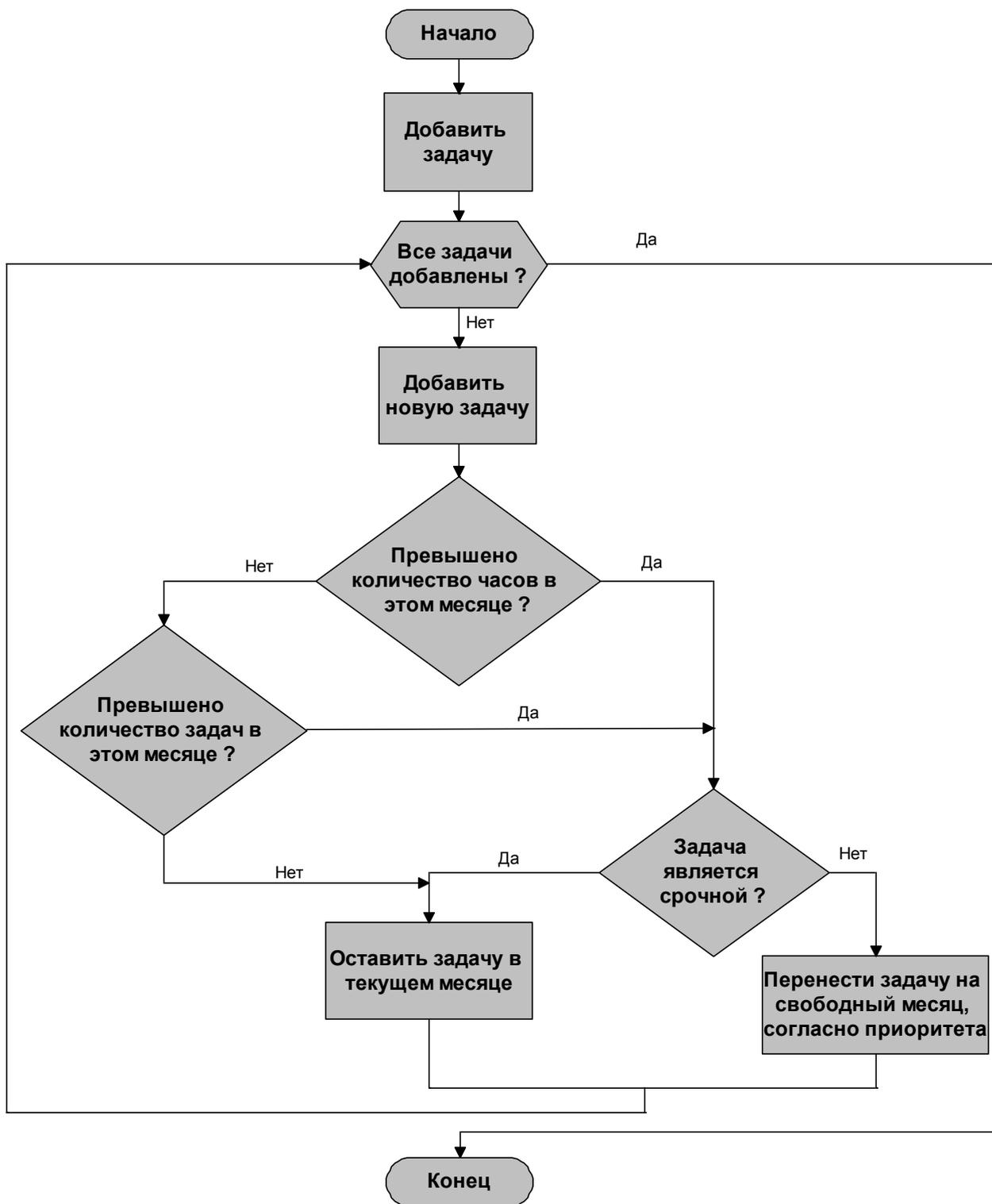


Рисунок 1.5 – Алгоритм распределения учебной и внеучебной нагрузки

На первом этапе предлагается следующий алгоритм:

1. Производится первичная расстановка задач с выделением приоритетов, поставленных заведующим кафедрой и требующих

первоочередного исполнения.

2. Осуществляется проверка всех ограничений: объем задач и максимально допустимое количество часов в месяц; указанные сроки выполнения и важность задачи; определение приоритетов и последовательность выполнения задач.
3. Выполняется привязка задач к заранее определенному сроку исполнения.
4. В зависимости от заданных приоритетов осуществляется перераспределение задач на более поздние сроки исполнения.

Необходимо учитывать общий объем выполняемой нагрузки кафедрой.

Вся нагрузка суммируется и равномерно распределяется между преподавателями автоматически [23]. Обобщенный метод планирования процесса автоматизации учебной и внеучебной нагрузки преподавателя направлен на упрощение подходов к разработке и подключению информационной системы. Регулирование основных процессов и действий зависит от поставленных задач.

1.4 Постановка задач исследования

В качестве критерия распределения учебной работы принимают равномерность загрузки преподавателей, учитывая должностные коэффициенты по учебной и внеаудиторной нагрузке. Такой подход к распределению учебной нагрузки обеспечивает заведующему кафедрой многофункциональное использование профессорско-преподавательского состава для успешной работы кафедры.

В условиях научно-технического прогресса повышаются требования к специалистам, качеству их знаний, навыкам и умениям. В этих условиях непрерывно увеличивается объем информации, который необходимо усваивать студенту при неизменных сроках обучения. Поэтому особенно важным является обеспечение стабильной работы высших учебных

заведений и развития новых образовательных программ. Прогрессивные изменения, которые происходят в области образования России, требуют решения важных задач обеспечения продуктивной работы высших учебных заведений, развития новых образовательных программ, повышения качества образования.

Поскольку повышение качества образования является определяющей задачей Болонского процесса, необходимо говорить о срочном совершенствовании учебного процесса, который будет базироваться на улучшении и эффективности информационного обеспечения систем управления учебным процессом.

Каждое высшее учебное заведение представляет достаточно сложную организационно-техническую систему, в процессе своего функционирования готовит высококвалифицированных специалистов для экономики России. Одна из главных задач в повышении качества подготовки специалистов – рациональная организация учебного процесса, в первую очередь, его эффективное планирование. Прежде чем определить структуру информационной технологии планирования объемов учебной работы, рассмотрим определенную нормативными документами Министерство науки и высшего образования Российской Федерации схему формирования учебной нагрузки студентов и преподавателей вузов. Для того, чтобы отразить эту схему в информационной технологии, необходимо решить следующие основные задачи:

1. Определиться со структурой информационного ресурса систем управления учебным процессом, который может быть получен в ходе планирования учебной нагрузки преподавателей и студентов.
2. Разработать структуру информационной базы, которая бы отражала структуру входных данных (учебный план, контингент студентов, структура учебных подразделений вузов, нормативы нагрузки и др.).

3. Разработать методы и средства наполнения информационной базы.
4. Разработать методы и средства расчета учебной нагрузки.
5. Разработать методы и средства оптимизации учебной нагрузки.
6. Разработать эффективную систему управления процессом формирования учебной нагрузки преподавателей и студентов.

Исходным документом по планированию учебной нагрузки является учебный план. Учебный план специальности является нормативным документом, который определяет перечень и объем нормативных и выборочных учебных дисциплин, а также последовательность их изучения. Исходя из учебного плана, контингента студентов, структуры учебных подразделений, аудиторного фонда и нормативов на расчет учебной нагрузки формируется сначала план учебной работы преподавателей и студентов, а затем реализуется и сам учебный процесс.

Качество плана учебной работы преподавателей и студентов зависит как от качества исходной информации, так и от эффективности ее использования. От эффективности управления информацией в процессе ее преобразования от информационного ресурса системы управления учебным процессом в информационный продукт системы зависит качество, как учебного процесса, так и уровня подготовки выпускников вузов.

Управление учебным процессом базируется на реализации действий, обеспечивающих формирование планов проведения занятий, расчета и распределения штатного количества преподавателей высшего учебного заведения, проектирования оптимального расписания и оперативного управления и мониторинга занятий. Функциональная и структурная организация управления учебным процессом зависит от следующих основных факторов:

- нормативы на организацию учебного процесса;
- контингент студентов;
- перечень специальностей, по которым ведется подготовка в вузе;

- организационная структура вуза;
- контингент профессорско-преподавательского состава;
- аудиторный фонд вузов;
- связь с министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

В свою очередь процесс расчета учебной нагрузки преподавателей и студентов зависит в первую очередь от:

- нормативов на организацию учебного процесса;
- контингента студентов;
- учебных планов специальностей, по которым ведется подготовка в вузе;
- контингента профессорско-преподавательского состава;
- аудиторного фонда вуза.

На сегодняшний день нормативная составляющая учебной нагрузки содержит следующие основные ограничения, которые влияют на план учебной нагрузки преподавателей и студентов:

- нагрузка на преподавателя не может превышать 900 часов в учебный год;
- аудиторная нагрузка на студента не может превышать для образовательно-квалификационного уровня (ОКР) «бакалавр» - 30, для ОКУ «специалист» - 24 для ОКР «магистр» - 18 часов в неделю;
- соотношение между количеством преподавателей и студентов для специальности составляет 1:Кп (на заочной форме обучения это соотношение составляет 1:10Кп). Кп – задается министерством науки и высшего образования Российской Федерации;
- соотношение между объемом аудиторной нагрузка на заочной и дневной форме обучения равен 1:10.

Все эти ограничения, как и стандарты образования по специальностям,

должны быть учтены в информационной технологии планирования учебной нагрузки преподавателей и студентов.

Для реализации приведенной технологии предлагается создать целостную систему управления учебным процессом вузов, состоящей из 4-х подсистем:

1. Подсистемы оптимизации планов обучения студентов путем отражения структурно-логических схем специальностей, нормативной и вариативной части учебных планов в информационной базе системы.
2. Подсистемы проектирования рабочих учебных планов на основе вычисления оптимальных объемов аудиторной нагрузки исходя из фактического контингента студентов университета.
3. Подсистемы расчета учебной нагрузки по кафедрам университета.
4. Подсистемы проектирования расписания.

Функциональная структура системы управления учебной нагрузкой показана на рисунке 1.6.

Что даст внедрение такой системы в высшем учебном заведении:

1. Подсистема расчета учебного плана. Построение плана преподавания модулей дисциплин согласно структурно-логическим схемам. Равномерная учебная нагрузка студентов.
2. Подсистема формирования плана учебной работы. Автоматическое проектирование рабочих учебных планов в соответствии с нормативами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и объемом средней нагрузки на преподавателей.
3. Подсистема расчета учебной нагрузки. Автоматический расчет нормативной штатной численности и учебной нагрузки преподавателей по кафедрам университета.
4. Подсистема расчета расписания. Формирования расписания занятий, максимально удобного для преподавателей и студентов.

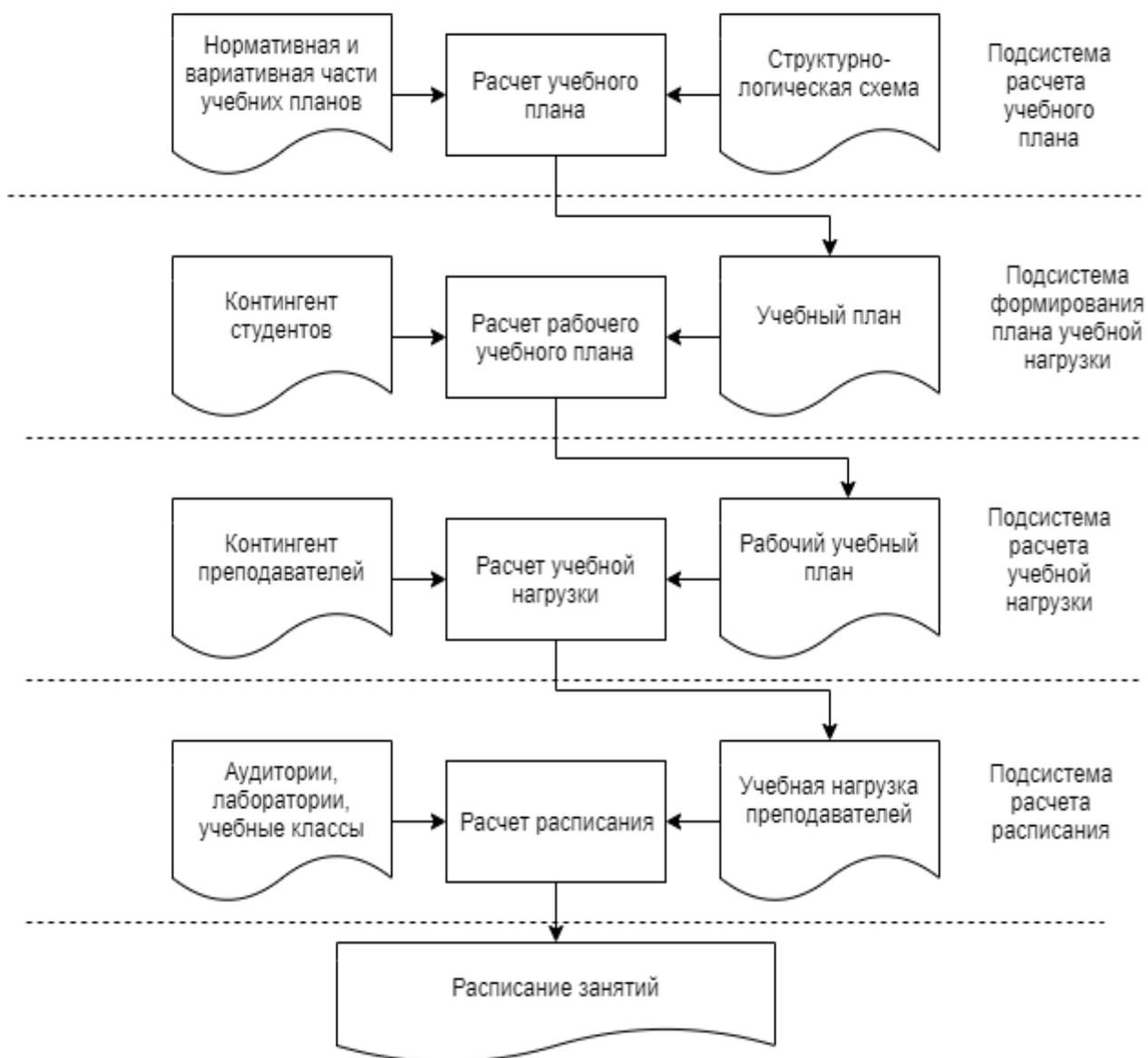


Рисунок 1.6 – Функциональная структура система управления учебной нагрузки

Структурная организация системы управления учебной нагрузкой, которая реализует информационную технологию планирования объемов учебной работы преподавателей и студентов, показана на рисунке 1.7.

Система создается для реализации следующих задач, таких как: учет преподавателей университета; учет контингента студентов; автоматизация компьютерного представления учебных планов (с выделением модулей дисциплины или без выделения); автоматизация расчета учебных планов; автоматизация распределения дисциплин (модулей) между кафедрами с использованием интеллектуального блока; расчет учебной нагрузки по

кафедрам; расчет штатной численности преподавателей по кафедрам университета (с учетом соотношения между количеством студентов и преподавателей); распределение учебной нагрузки по преподавателям кафедр; формирование различных необходимых для организации учебного процесса отчетов; проектирование учебных планов под заданную среднюю нагрузку на преподавателя (при фактическом или прогнозируемом количестве студентов).

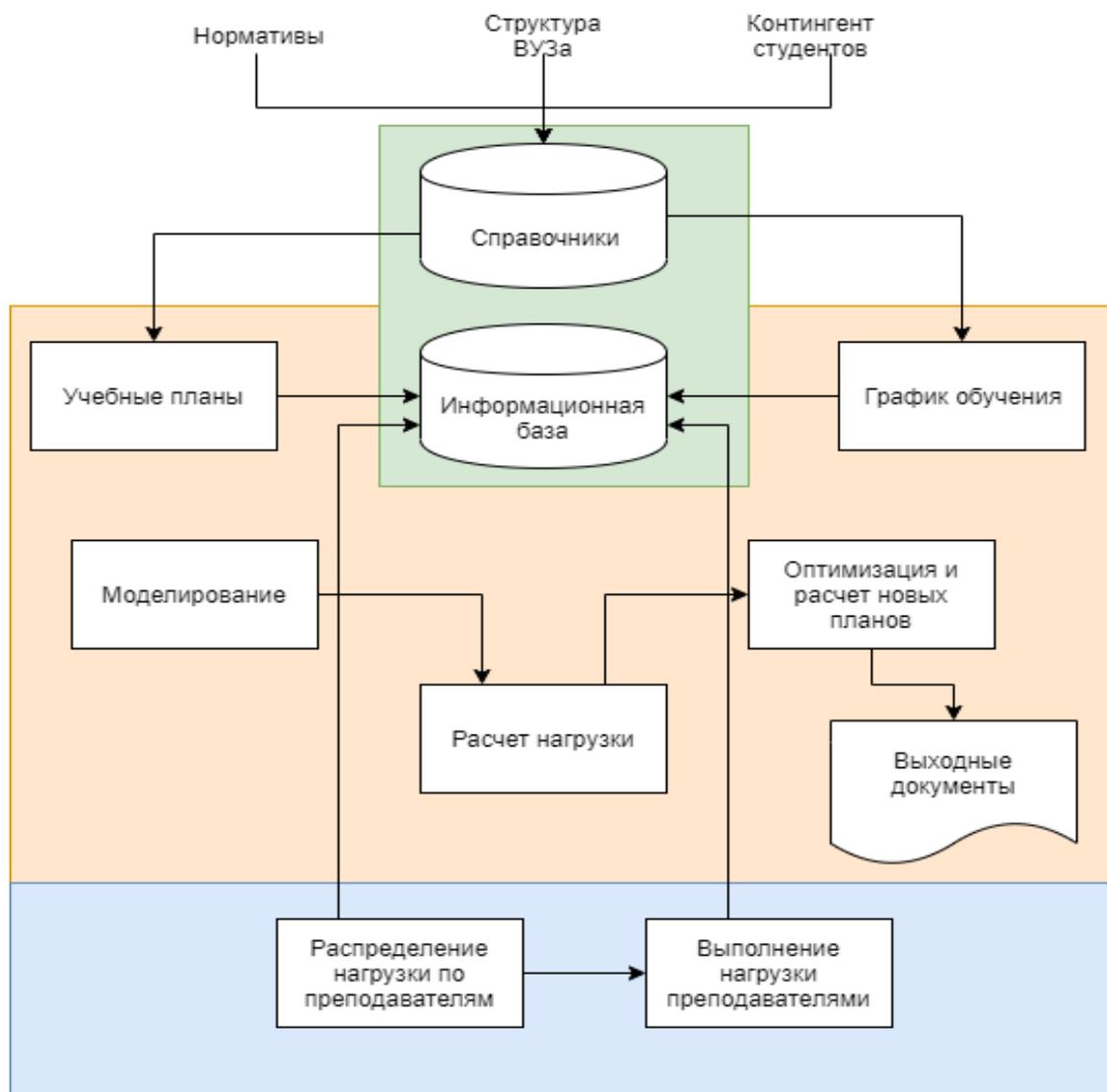


Рисунок 1.7 – Структурная организация системы управления учебной нагрузкой

Система должна быть мобильной, модульной, легко адаптироваться к изменению условий эксплуатации.

Пользователь должен иметь возможность легко изменить: закон расчета учебной нагрузки; настройку на конкретный вуз; контингент студентов; контингент преподавателей; учебные планы; распределение видов нагрузки по дисциплинам, которые преподаются на многих специальностях; потоки.

Основная задача системы – породить новую разностороннюю информацию по учебной нагрузке в учебном заведении на основе формирования документальной базы данных, которая состоит из учебных планов, описания академических групп студентов, справочника преподавателей вузов, нормативов на расчет нагрузки. Включая практически все возможные расчетные операции над приведенными данными, система должна формировать разносторонние выходные документы. А также создавать новые документы, учитывающие особенности каждого вуза.

Создание и внедрение такой системы позволит подойти дифференцированно к проектированию рабочих учебных планов специальностей и определять, исходя из стандарта специальностей и существующего или прогнозируемого контингента студентов их оптимальные параметры. Кроме того, система будет удобным инструментом расчета штатного состава преподавателей вузов, их средней нагрузки и распределения учебной нагрузки по кафедрам.

Использование информационных технологий планирования учебной работы и автоматизированной информационной системы в управлении учебным процессом позволяет оперативно реагировать на изменения в контингенте студентов, на расширение перечня специальностей, пересчитывать, при первой необходимости, учебную нагрузку по ВУЗу, факультету, кафедре, специальности, преподавателю, это позволит быстро получить всю информацию, необходимую для организации качественного учебного процесса. И наконец, в заключительной части система позволит строить рациональные расписания занятий, как по отношению к студентам, так и к преподавателям вузов.

За главный критерий при распределении учебной нагрузки между преподавателями принимается утвержденная управлением образовательных программ учебная нагрузка кафедры, согласованная с заинтересованными сторонами. При расчете учебной нагрузки учитывается плановое штатное расписание, фактический штат преподавателей структурного подразделения с совместителями и почасовиками, нормы времени на аудиторную и внеаудиторную нагрузку, критерии и ограничения (рисунок 1.8).

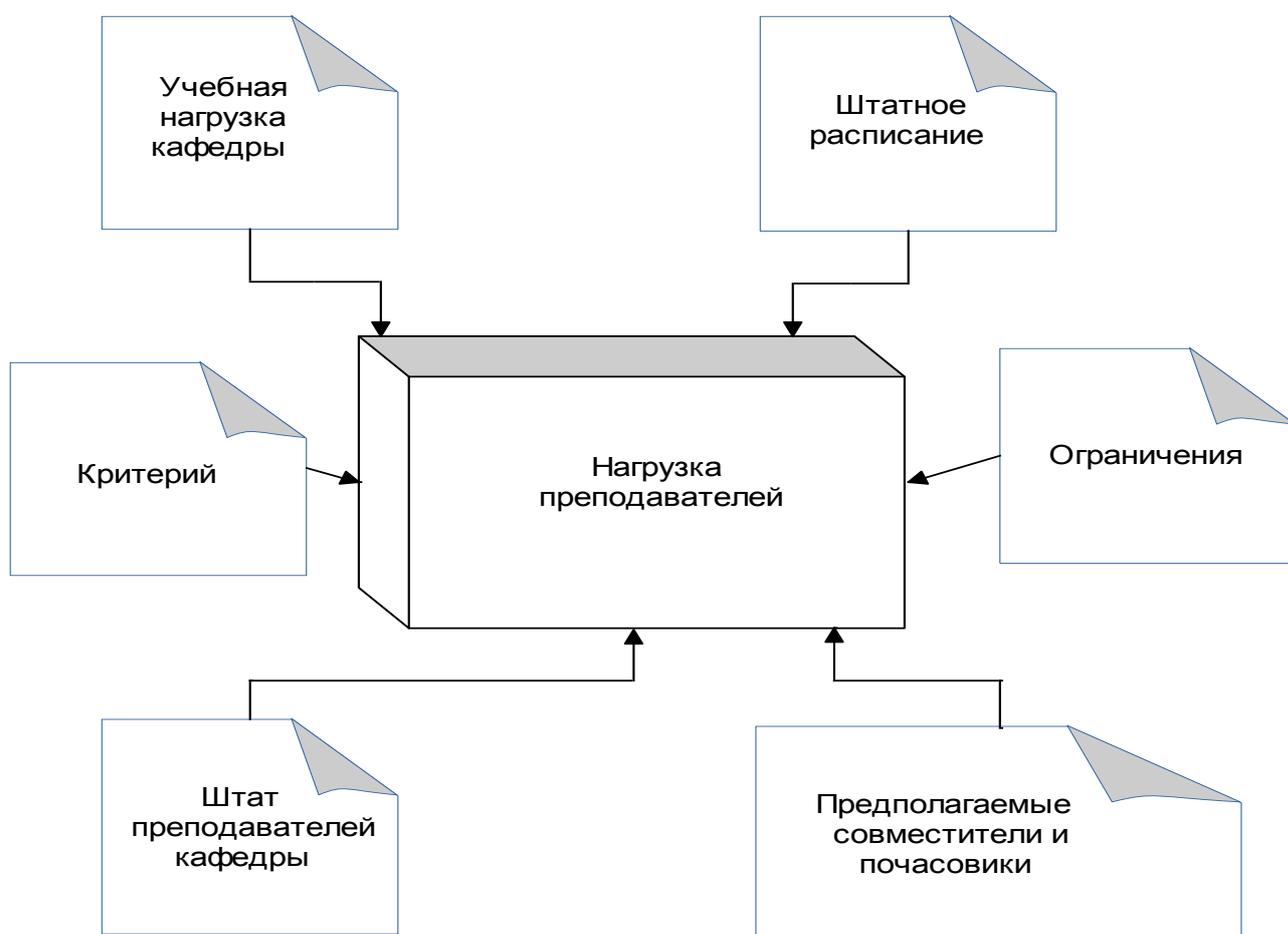


Рисунок 1.8 – Данные распределения учебной нагрузки

Оптимальная модель распределения учебной нагрузки кафедры учитывает нормы времени, критерии и ограничения.

Управление и организация учебного процесса основана на планировании учебной нагрузки кафедры (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Учебная нагрузка кафедры в общей системе управления

Выбор алгоритма, позволяющего в автоматическом или полуавтоматическом режиме распределять учебную нагрузку, с доработкой и корректировкой заведующим кафедрой или ответственным по учебной работе.

Выводы по главе 1

Сравнения существующих моделей организации образовательной деятельности ВУЗа, выявили характерные особенности, достоинства и недостатки этих моделей. Рассмотрев процессы организации образовательной деятельности ВУЗов, выявили основные виды организационных структур. Изучая существующие, разработанные ранее в других вузах, информационные системы для автоматизации организации образовательного процесса и анализируя опыт по внедрению на базе

имеющегося компьютерного парка, определили направления развития и круг проблем, требующих скорейшего решения.

В результате исследования и проведенного тщательного анализа организации образовательной деятельности образовательных учреждений были намечены основные задачи по автоматизации процесса, требующие инновационного подхода.

Оптимальное распределение учебной нагрузкой между кафедрами и подразделениями ВУЗа явилось определяющим аргументом для поиска и разработки новых алгоритмов. Комплекс существующих программных решений помогает решить частично поставленные вызовы. Создать эффективную организацию образовательной деятельности, способную решить глобальную проблему автоматизации, – вот основное безальтернативное направление развития ВУЗа.

2 Организация образовательной деятельности и формирование учебной нагрузки ВУЗа

2.1 Принципы распределения учебной нагрузки ВУЗа

Концептуальная модель системы

Модель системы можно построить с помощью CASE-средств. Существует два направления построения модели:

1. Моделирование процессов;
2. Моделирование потоков данных.

Для моделирования информационных систем вообще и структурного анализа в частности используют три группы средств, отображающие бизнес-процессы системы:

- функции, которые система должна реализовывать;
- отношение между данными;
- временную зависимость поведения системы.

Среди всего множества средств в методологиях структурного анализа наиболее часто применяют следующие:

- DFD (DataFlowDiagrams) – диаграммы и словари потоков данных, спецификации и мини-спецификации процессов;
- ERD (Entity-Relationship Diagrams) – диаграммы «сущность-связь».

Вид концептуальной диаграммы приведен на рисунке 2.1. После изучения и анализа процесса разработки учебного плана можно выделить внешние сущности, с которыми взаимодействует система (рисунок 2.2).

Это «Министерство науки и высшего образования РФ», «Методический совет вуза», «Учебно-методическое управление ВУЗом» и «кафедра вуза» – они будут входами системы. Выходом системы будет результат ее работы, то есть «учебный план». Самой системой будет процесс «Учебный план», который взаимодействует с внешними сущностями.

Рассмотрим упрощенную Модель распределения нагрузки

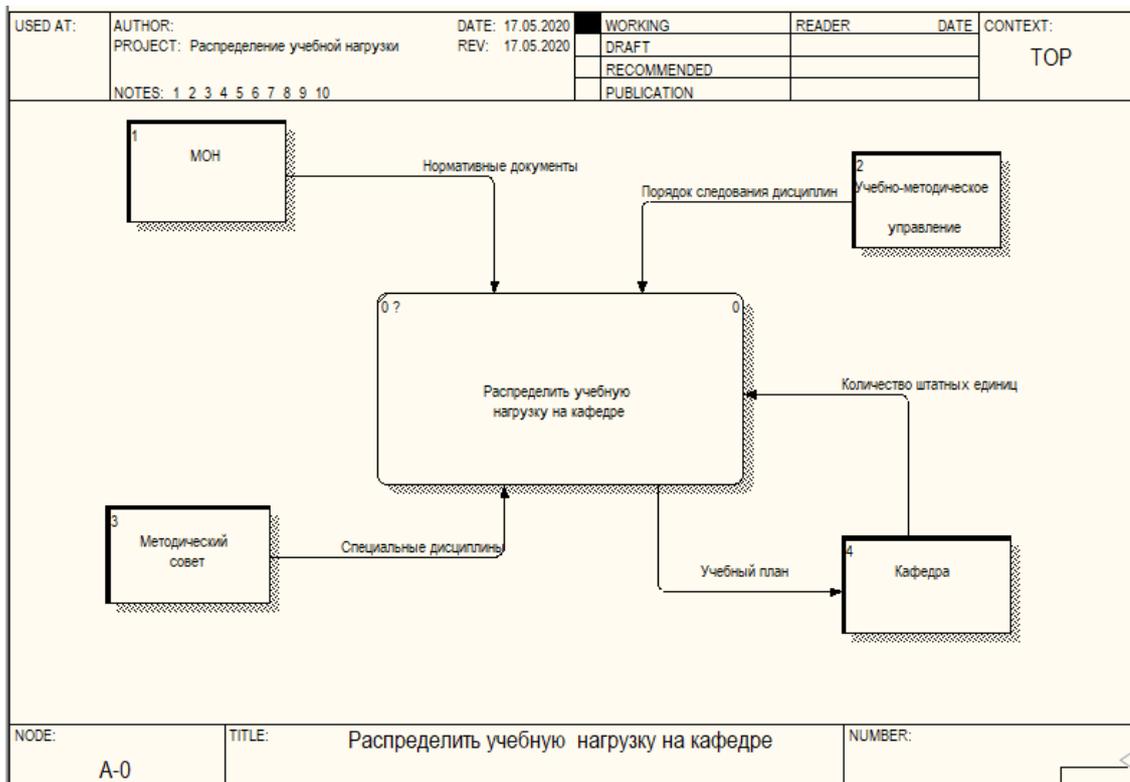


Рисунок 2.1 – Концептуальная диаграмма упрощенной схемы распределения нагрузки

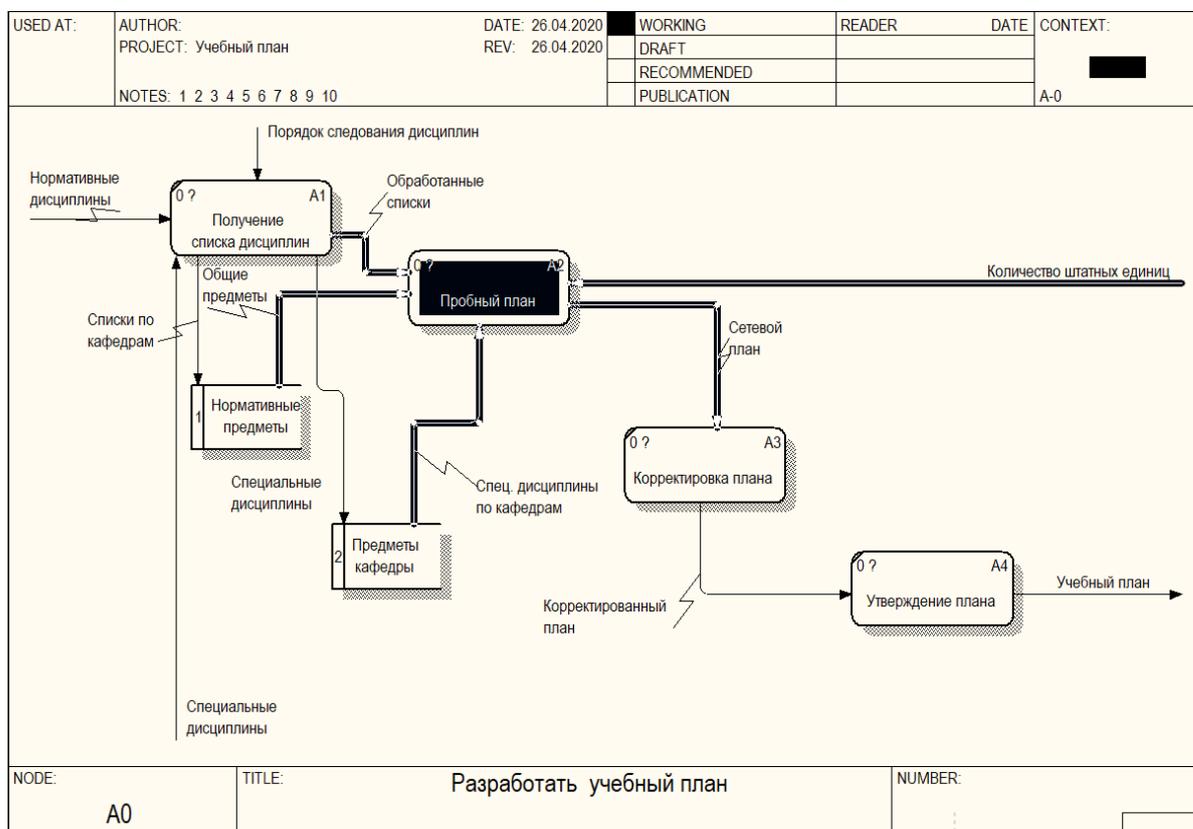


Рисунок 2.2 – Распределение учебной нагрузки на кафедре

Выходом системы будет результат ее работы, то есть «учебный план». Самой системой будет процесс «Учебный план», который взаимодействует с внешними сущностями (рисунок 2.3).

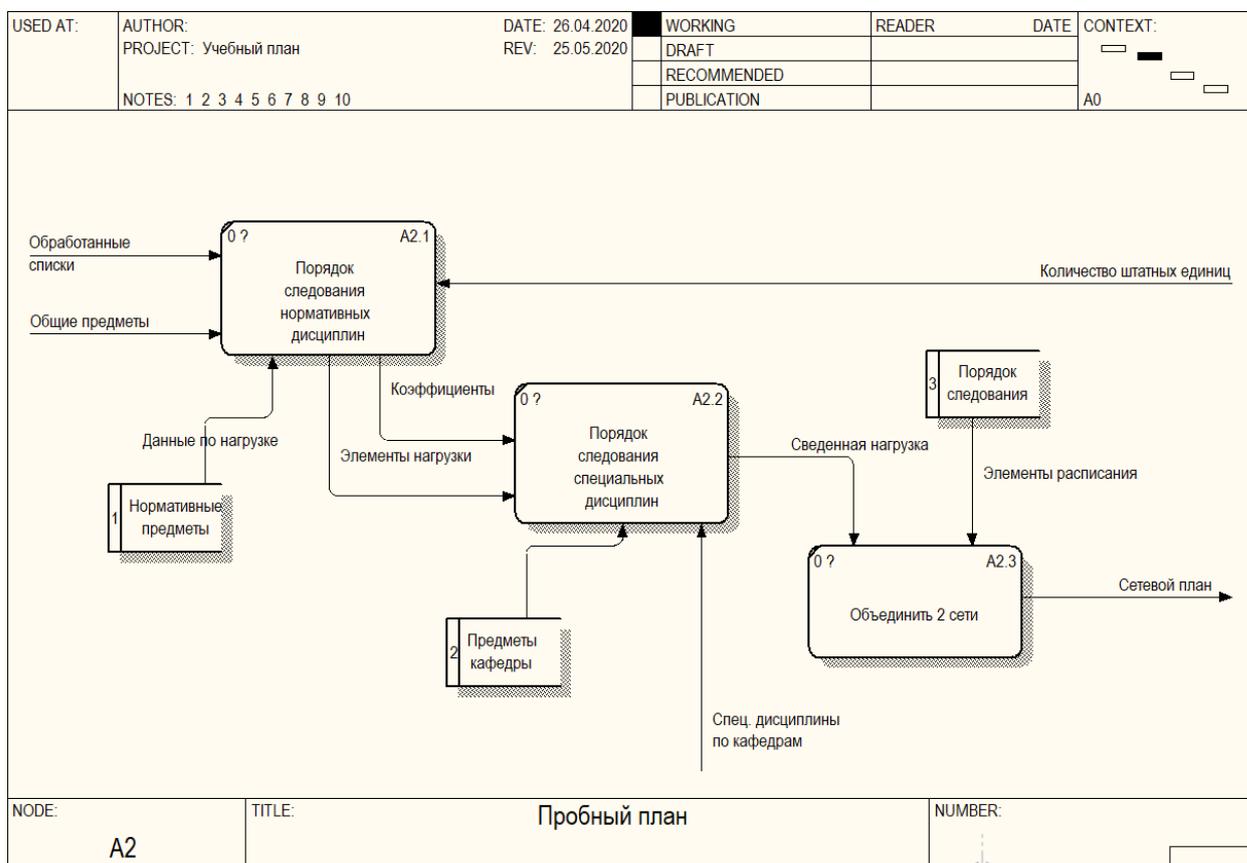


Рисунок 2.3 – DFD первого уровня

Список словарей представлен на диаграмме потоков данных второго уровня.

Для каждого из хранилищ, которые содержат данные о предметах, изучаемых на кафедре, определяем следующую информацию:

- Название предмета;
- Количество часов, в течение которых читается предмет;
- Вид контроля;
- Кафедра, которая читает предмет;
- Группы, для которых читают предмет.

Хранилище, в котором есть данные о порядке следования, которые накладываются на учебный план, содержит следующую информацию:

- Суммарное количество кредитов на протяжении всего обучения не должна превышать заданного значения (120 -130 кредитов);
- Суммарная нагрузка за семестр не может быть бесконечно большим (если принять, что есть 5 пар в день и на неделю – 6 учебных дней, то суммарная нагрузка в семестр – 30 кредитов);
- Ограничения на количество промежуточных аттестаций – это 5 зачетов, 5 экзаменов, 2 курсовые работы в семестр;
- Ограничения на отношение аудиторной и самостоятельной работы [28].

Рассмотрим контекстную диаграмму автоматизированной системы распределения учебной нагрузки (рисунок 2.4).

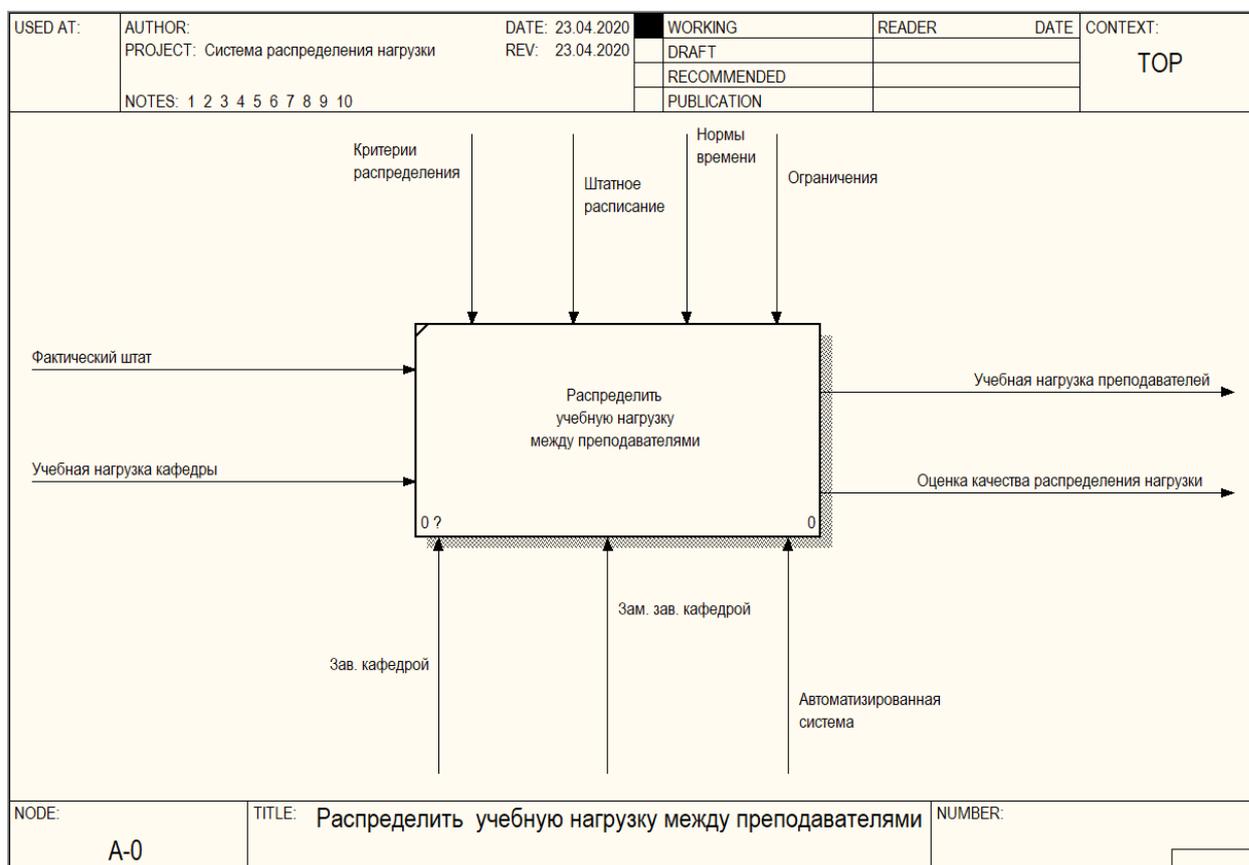


Рисунок 2.4 – Диаграмма распределения нагрузки между преподавателями

Диаграмма «Процесс распределения учебной нагрузки» состоит из трех блоков (рисунок 2.5), включающих подготовку и редактирование входных данных, закрепление учебной нагрузки, контроль качества распределения.

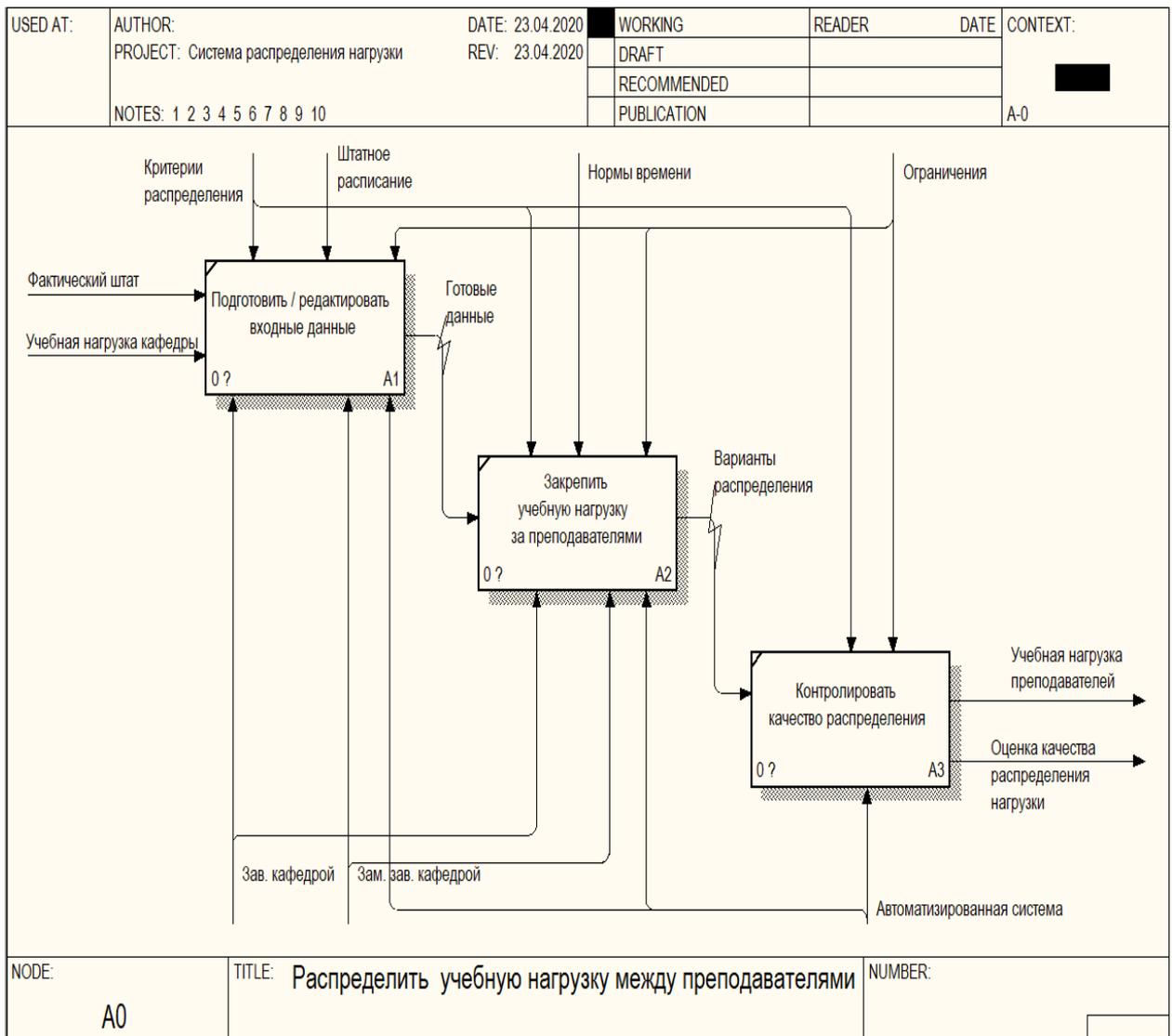


Рисунок 2.5 – Диаграмма процесса распределения учебной нагрузки

Степень абстракции автоматизированной системы уменьшается с каждым уровнем для поэтапной реализации элементов, процессов и функций системы. Подготовка, редактирование и распределение исходных данных функционально детализирована и проработана для распределения учебной нагрузки между преподавателями кафедры. Процесс распределения разделен на блоки:

- лекционная нагрузка, лабораторные и практические занятия, дипломное и курсовое проектирование, практики, экзамены;
- сформировать несколько вариантов распределения;
- контроль и оценка распределения нагрузки (рисунок 2.6).

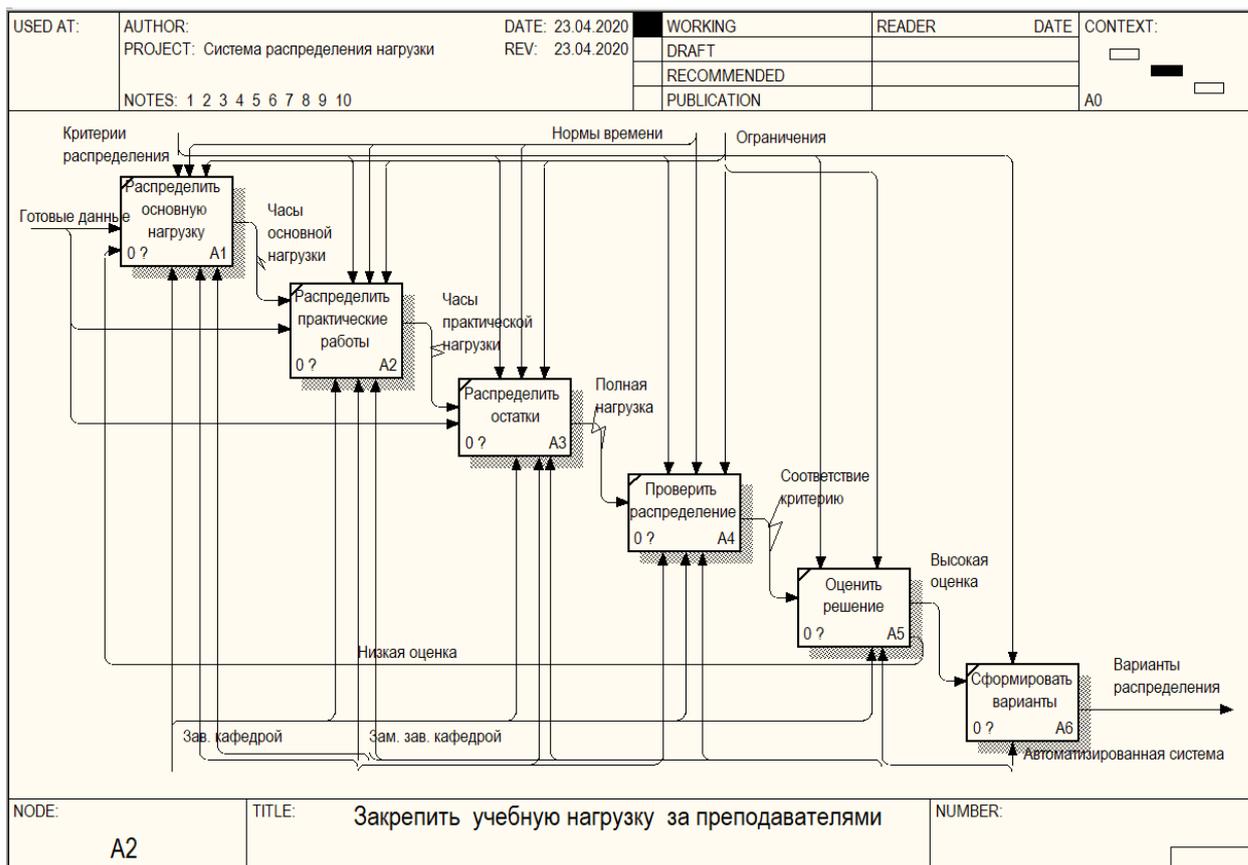


Рисунок 2.6 – Декомпозиция модуля распределения учебной нагрузки

В Блоке А3 модель отражает основные наборы данных, подключает функции контроля качества и проводит оценку нескольких вариантов распределения, используя алгоритмы оценки эффективности качества. Выбирает наилучший вариант распределения, формируя показатели распределения в виде диаграмм и графиков.

2.2 Существующие проблемы формирования учебной нагрузки ВУЗа

Приказом Министерства образования и науки РФ от 22 декабря 2014 г. № 1601 пункт 7.1.2 «О продолжительности рабочего времени (нормах часов педагогической работы за ставку заработной платы) педагогических работников и о порядке определения учебной нагрузки педагогических работников, оговариваемой в трудовом договоре» установлен верхний предел учебной нагрузки в ВУЗах. Нагрузка определена в размере не более

900 часов за учебный год на одного преподавателя [1, 2, 3].

Ни данный приказ, ни другие нормативные акты не конкретизируют нормы контактной аудиторной и удаленной внеаудиторной учебной нагрузки. Неточности в формулировке приказа негативно сказываются на распределении учебной нагрузки преподавателей вуза и создают много нежелательных проблем, влекущих за собой снижение уровня и качества образования в российских вузах.

1. Неопределенность и недосказанность в планировании нормативной базы приводит к неравномерному распределению учебной и внеаудиторной нагрузки между профессорско-преподавательским составом, уменьшает время на подготовку к занятиям, лекциям, разработку программ. Большинство преподавателей получают перегрузку в часах на аудиторские занятия. У молодых преподавателей более 600 часов могут оказаться аудиторными при норме в 900 часов в год. Вследствие этого существенно снижается уровень и качество подготовки учебного материала.

2. Перегрузка аудиторными часами преподавателей приводит к недостатку времени для научных и научно-практических исследований и снижению квалификации преподавания.

3. Превышение уровня учебной нагрузки преподавателя приводит к снижению качества подготовки дипломников, магистрантов и аспирантов.

4. Внедрение вузом в практику одновременно двух методик определения количества штатных ставок профессорско-преподавательского состава, различающихся по предельному объему учебной нагрузки и по нормативному количеству студентов на одну ставку ППС, приводит к расхождению в распределении нагрузки.

5. Отсутствие нормативной базы распределения часов внеаудиторной нагрузки приводит к бессистемному нормированию времени «второй половины дня».

6. Возникают сложности по контролю норм времени и за качеством выполнения ППС внеаудиторной (неконтактной) учебной нагрузки.

7. Проблемы в организации системы оплаты труда ППС вузов в стимулировании преподавателей только до того как они займут должность с максимальной ставкой заработной платы. После этого мотивация снижается.

Решением проблем может быть следующее: план нагрузки штатного преподавателя «первой и второй половины дня» формируется, согласуется и утверждается заведующим кафедрой на учебный год с учетом нормативов и возможности корректировки в начале каждого семестра.

Приняв объем учебной работы менее 900 часов от общей годовой нагрузки, рассчитаем планируемые интервалы объемов других видов работ от общего объема нагрузки:

- Учебно-методическая и научно-исследовательская работа в интервалах от 10 % до 50%;
- Организационно-методическая работа от 5 % до 25 % ;
- Воспитательная работа от 5 % до 15 %.

Для расчета объема учебной работы ППС вуз руководствуется первичными документами: действующие государственные образовательные стандарты высшего образования; письмо Министерства образования РФ № 14-55-784 ин/15 от 26.06.2003 [22]; разработанные и рекомендованные учебные планы по специальностям, направлениям и профилям обучения, утвержденные в установленном порядке; аргументированные требования на выполнение учебной нагрузки; «Нормы времени для расчета объема учебной работы, планирования основных видов учебно-методической, научно-исследовательской и других работ, выполняемых профессорско-преподавательским составом вуза», согласованные с управлением образовательных программ и утвержденные приказом ректора вуза.

Преподаватель обязан разработать, согласно учебному поручению и на основании возложенной на него учебной нагрузки, индивидуальный план, являющийся основным определяющим документом для дальнейшей работы.

Рассмотрим проблемы, связанные с автоматизированными системами распределения учебной нагрузки.

Анализ показывает, что в больших, средних и даже в небольших вузах используются внутренние вузовские информационные системы (ИС) с различными функциональными возможностями, которые в основном ориентированы на информационную поддержку, обходя стороной экономическую составляющую организации учебного процесса.

Проведенный анализ показал, что большинство исследований в данной области носят теоретический характер и рассматривают только отдельные варианты решения проблемы, без применения комплексных механизмов. Недостаточно освещен вопрос формализации и автоматизации процессов определения количества ставок ППС, фактически необходимой для выполнения учебной нагрузки, и экономического обоснования их распределения. Также отсутствуют готовые инструменты, которые давали бы возможность оценить в режиме реального времени последствия принятия тех или иных управленческих решений.

В свою очередь, вузы определяют фактически необходимое количество преподавателей, как сумму ставок по каждой кафедре. Количество ставок ППС кафедры зависит от объема распределенной на кафедру учебной работы, и норм для расчета учебной нагрузки. После определения объема учебной нагрузки кафедры и необходимой для его выполнения количества преподавателей, эти данные подаются в учебную часть, и проходят процесс согласования у проректора по учебной работе.

Обычно сумма ставок преподавателей, определенная заведующими кафедрами, является большей, чем количество ставок, выделенная нормативами МОН и соответственно профинансирована в бюджете вуза. Поэтому проректор по учебной работе ищет пути уменьшения объема нагрузки и количества ставок ППС кафедр, а также пытается сделать распределение максимально эффективным. Данный процесс в большинстве случаев интуитивный и базируется на опыте проректора и работников управления образовательных программ. Именно на этом этапе чрезвычайно важна обоснованная оценка ситуации и просчет последствий принятия

решений с максимально возможной оперативностью.

Нами предлагаются два подхода для управления процессом согласования и распределения ставок преподавателей.

Первый заключается в управлении нагрузкой, через регулирование объемов отдельных видов учебной работы, интерактивный подбор рациональной структуры и норм учебной нагрузки вузов и отдельных кафедр с учетом текущих или прогнозных финансовых ресурсов.

Второй подход заключается в определении показателей, предоставляющих характеристику окупаемости, то есть вноса и использования финансовых ресурсов в разрезе кафедр и специальностей с учетом минимального экономически обоснованного количества и структуры контингента студентов по каждой специальности и направлению подготовки.

Реализация этих подходов позволит более эффективно управлять распределением ставок преподавателей – через учебную нагрузку. Также появится возможность оценить каждое направление подготовки и конкретный учебный план с экономической стороны, и спрогнозировать объем бюджета вуза при изменениях контингента и его структуры. Это даст возможность более эффективно управлять университетом, как сложной организационной системой. Фактически предложенные подходы позволят заложить базис для внедрения автоматизированной системы контроллинга [18, 19], что позволит планировать и оценивать деятельность вузов и отдельных его подразделений с точки зрения эффективности использования ресурсов.

Можно рассматривать использование следующих механизмов для повышения эффективности управления учебной нагрузкой ВУЗа:

1. Механизмы планирования:

- a) распределение нагрузки между отдельными направлениями подготовки специалистов, а также кафедрами вузов;
- b) расчет учебной нагрузки при различных значениях норм расчета;
- c) расчет количества ставок преподавателей с учетом планового,

фактического или произвольно заданного контингента студентов отдельной специальности или вуза в целом;

- d) оценка нагрузки кафедры в трудозатратах преподавателей, которые обеспечиваются преподаванием распределенных на кафедру дисциплин и других видов учебной работы;
- e) экономическое обоснование минимального количества студентов различных форм и видов обучения;
- f) расчет плановой суммы финансовых поступлений от студентов-контрактников отдельных направлений и специальностей с учетом фактического или заданного количества студентов.

2. Механизмы организации:

- a) механизмы смешанного финансирования – наравне с бюджетным финансированием учебного процесса привлечения средств за контрактное обучение;
- b) механизмы согласия, основанные на принятии компромиссных решений;
- c) рационализация структуры учебной нагрузки;
- d) определение наиболее целесообразных внутренних норм, для расчета, учебной нагрузки.

3. Рычаги стимулирования:

- e) механизмы унифицированного стимулирования, основанные на единых принципах поощрения деятельности всех участников учебного процесса через прозрачность принятия решений;
- f) механизм обоснованного распределения нагрузки и ставок ППС.

4. Системы контроля:

- a) контроль соответствия внутренних норм университета министерским положением и приказам;
- b) отслеживание корректности расчета учебной нагрузки и количества ставок отдельных подразделений и вузов в целом;
- c) расчет оперативной оценки уменьшения количества ставок

преподавателей и финансовых потерь вследствие отчислений студентов или недобора из числа абитуриентов.

5. Элементы контроллинга:

- d) четкие и достоверные критерии оценки результатов деятельности вуза, его подразделений, отдельных направлений подготовки – как по основным показателям учебного процесса (часы нагрузки ППС, количество подготовленных специалистов и т.д.), так и по неосновным (финансовым);
- e) выявление узких мест и причин отклонения запланированных показателей от фактически достигнутых, корректировки планов работы для устранения этих отклонений.

Использование данных механизмов управления требует обработки больших объемов слабо структурированной информации, практика показывает невозможность обеспечить принципиально новые условия для работы на всех уровнях управления и организации деятельности вуза, не используя современные информационные технологии [20].

Внедрение предложенных подходов является длительным и трудоемким процессом, поскольку предполагает, прежде всего, создание и поддержание в актуальном состоянии единой централизованной базы данных, и интеграцию существующих информационных систем вузов в единую корпоративную информационную систему учебного заведения [17].

На современном этапе развития необходимый инструмент, который позволил бы оперативно оценить результаты принятия управленческих решений по распределению ресурсов, и тем самым повысить эффективность деятельности учебного заведения и его руководства – отсутствует. Возникает необходимость создания моделей, практическая реализация которых позволила бы в реальном времени отработать определенные аспекты организации и управления вузов, и позволила бы его руководству более эффективно формировать дальнейшую стратегию развития учебного заведения [20].

Проведенные исследования данной проблемы показали, что возможно формализовать, автоматизировать и сделать наиболее экономически обоснованными и оперативными процессы принятия значительного количества управленческих решений – на стадии определения количества ставок ППС и коррекции учебной нагрузки.

Перспективы дальнейших исследований. Принимая во внимание вышесказанное, авторами предлагаются дальнейшие исследования в направлении:

1. Доработка элементов моделирования деятельности вуза и его структурных подразделений;
2. Разработка моделей для поддержки процесса уточнения бюджета и количества ставок ППС учебного заведения;
3. Построение модели функционирования вузов в различных условиях;
4. Создание инструментария для определения множества допустимых стратегий развития вуза;
5. Проведение апробации разработанных методов, моделей, алгоритмов, путем создания и внедрения системы поддержки принятия управленческих решений.

2.3 Математическая модель нормирования и распределения учебной нагрузки ВУЗа

2.3.1 Математическая модель распределения учебной нагрузки преподавателей

Внимательно рассмотрев и проанализировав аналитический обзор всевозможных методов составления расписания, пришли к выводу: все методы разработаны по определенной методике, имеют положительные и отрицательные моменты. Рассмотрим систему, состоящую из управляемого элемента как программного средства и n -дисциплин. Задача программы состоит в распределении имеющегося ресурса N между n элементами с

максимально возможным заполнением ячеек и с минимальным количеством «окон» в учебном расписании.

Примем, что

n – количество дисциплин в расписании;

N – количество выделенных на дисциплину ячеек i , $i = \overline{1, n}$;

$f_i(x_i)$ – функция зависимости режима потребления ячеек от дисциплин;

z_i – коэффициент эффективности использования ячейки i -ой дисциплиной;

$z_i \cdot f_i(x_i)$ – значимость от использования ячейки i -й дисциплины в количестве x_i ;

s_i – оценка оптимальности распределения z_i данными i -ой дисциплины на этапе формирования расписания.

Стратегия программа строится на поиске направления вычисления методом перебора в интервале допустимых значений оценки $s_i \cdot [s_{\min}, s_{\max}]$. В целях получения оптимально допустимого распределения расписания каждой дисциплине придается ресурс

$$x_i = \frac{z_i^2}{4\lambda^2}. \quad (2.1)$$

Случай избыточности и дефицита ресурса можно описать выражением

$$Q \times \max_i \frac{z_i^2}{4\lambda^2} < N \text{ – избыток ресурса,} \quad (2.2)$$

$$Q \times \max_i \frac{z_i^2}{4\lambda^2} > N \text{ – дефицит ресурса.} \quad (2.3)$$

Назначается величина z_i , задаются границы оценок $s_i \in [s_{\min}, s_{\max}]$, назначаются величины λ .

Пользователь на этапе планирования задает начальное значение для распределения и сообщает оценки оптимальности решения s_i . В зависимости

от поступившей информации программа решает следующую задачу

$$F = \left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N s_i \cdot f(x_i) \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^N x_i \leq N \end{array} \right\}. \quad (2.4)$$

Формально целевая функция i -ой дисциплины записывается в виде

$$\varphi_i = z_i \cdot f(x_i) - \lambda \cdot x_i. \quad (2.5)$$

где λ – коэффициент приведения количества ресурса к эффекту за счет использования принципа согласованного распределения с учетом условий согласования и (2.5). Полученное соотношение записываем в виде

$$s_i \cdot f(x_i) - \lambda \cdot x_i = \max_{0 < u_i < \infty} [s_i \cdot f(u_i) - \lambda \cdot u_i]. \quad (2.6)$$

Программа обеспечивает выбор временных значений по заложенным дисциплинам и сообщает полученные значения x_i и соответственно, целевую функцию (2.5). Далее решается задача согласованного распределения ресурсов.

Значение λ определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n s_j^2}{N}}. \quad (2.7)$$

На следующий этап формирования учебного расписания сообщается значение s_i . В процессе реализации задействованы выделенные ресурсы и учитываются истинные коэффициенты.

2.3.2 Алгоритм распределения учебной нагрузки

На рисунке 2.7 изображена главная диаграмма прецедентов для модели автоматизированной системы распределения учебной нагрузки начального уровня (т.е. без интеллектуальной составляющей).

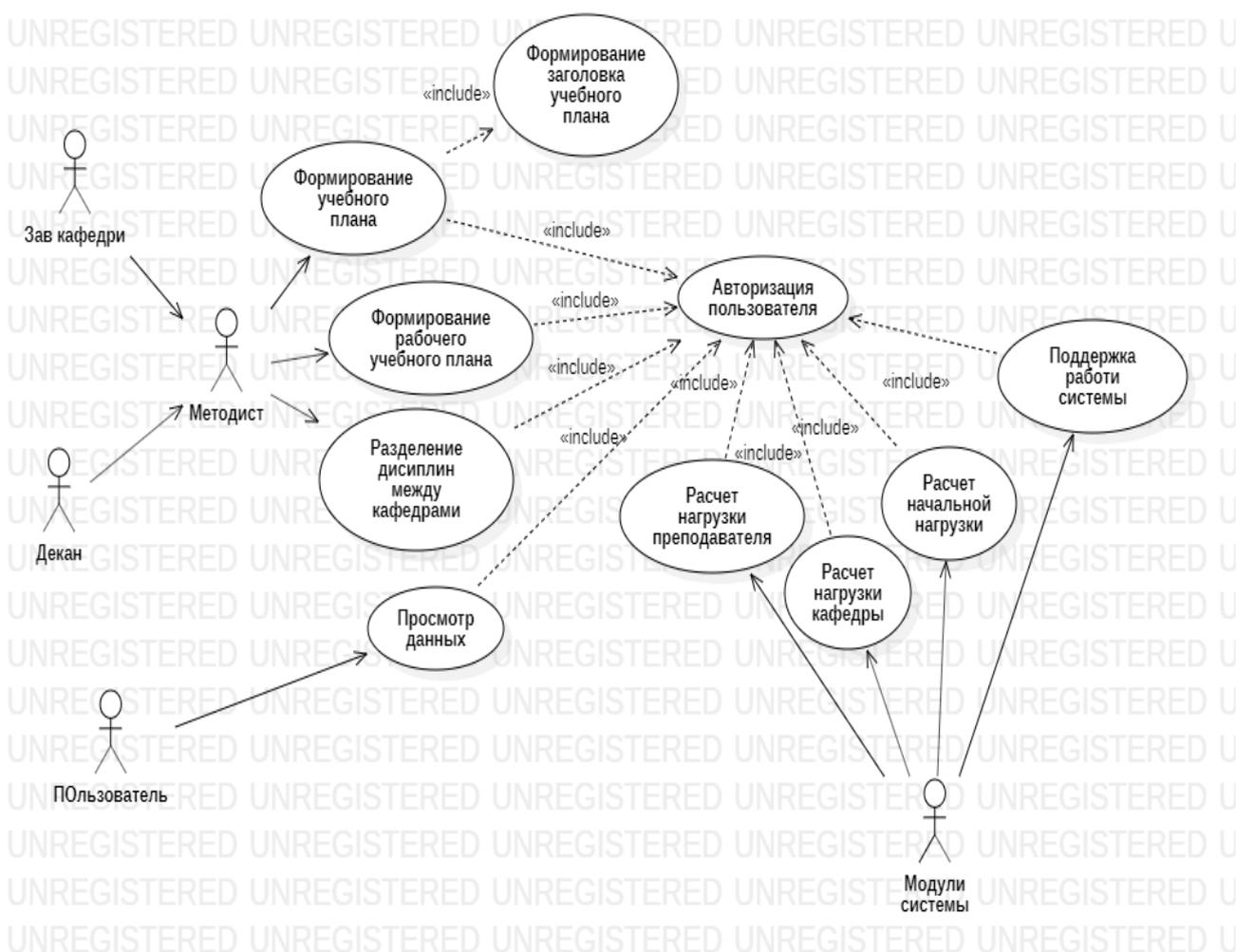


Рисунок 2.7 – Диаграммы прецедентов

Общей операцией для всех является – авторизация.

Далее следует формирование потока событий – последовательность обеспечения необходимого поведения. При описании потока главным является «Что» система должна делать, а не «как» она должна это реализовать. Рассмотрим для примера потока событий прецедент «Формирование учебного плана». Обязательным условием при формировании потока событий является определение предпосылок, при которых поток может возникнуть, условий ветвления и результатов выполнения тех или иных действий [19].

Поток событий для прецедента «Формирование заголовка учебного плана»:

1. Предпосылки

Подпоток создания массивов с разными типами базовых образовательно-квалификационных уровней, квалификацией, специализацией, форме обучения, сроками обучения, подчинением, специальности система должна выполнить ранее. Методист использует соответствующие данные из этих массивов для формирования заголовка учебного плана;

2. Главный поток

Специалист приступает к работе, подсоединяясь к системе регистрации и вводя свой логин и пароль. Прецедент начинает выполняться. После проверки системой корректности введенного пароля (E-1), на экране появляется запрос на выбор подразделения (E-2) и нужной операции: создать новый учебный план (Add), удалить (Delete), редактировать (Change), напечатать (Print) или выйти (Quit). При выборе Специалистом определенной операции выполняется поток: добавить (Add), S-1 – добавить учебный план; удалить (Delete), S-2 – удалить учебный план; редактировать (Change), S-3 – редактировать учебный план; напечатать (Print), S-4 – напечатать учебный план; выход (Quit) S-5 – выйти;

3. Подпоток

S-1: добавить учебный план.

Открывается диалоговое окно, содержащее поля для ввода подчинения, формы обучения, специальности, специализации, направления подготовки, базового ОКР, срока обучения и квалификации. После подтверждения всех условий специалист выбирает варианты (E-3) и (E-4). Затем прецедент начинается сначала.

S-2: Удалить учебный план.

Система отображает диалоговое окно с перечнем учебных планов. специалист выбирает нужный учебный план (E-5) и удаляет его (E-6). Затем прецедент начинается сначала.

S-3: Изменить учебный план.

Диалоговое окно содержит поля с перечнем учебных планов. Специалист выбирает нужный учебный план, открывает меню с параметрами учебного плана, выбирает необходимые параметры (Е-7) и сохраняет внесенные изменения. Прецедент начинается сначала.

S-4: Напечатать учебный план.

Система получает учебный план и печатает его (Е-8). Прецедент начинается сначала;

4. Альтернативные потоки

При работе Специалист может получить отказ по выполнению запроса:

Е-1: введен неверный пароль; Е-2: введено неверное подразделение;
Е-3: остались незаполненные поля или формат данных не соответствует предусмотренному системой формату данных; Е-4: заголовок учебного плана не может быть отображен; Е-5: выбранный план невозможно изменить; Е-6 учебный план невозможно удалить в данный момент, объект сохраняется. Е-7: система не может выполнить печать данных. Методисту сообщают, что опция на данный момент недоступна. Прецедент начинается снова. Документы с описанием потока действий формируются и сохраняются отдельно от данных программы, но они повязаны с прецедентами.

Тогда следует повторить ввод, отредактировать данные, изменить команду, завершить прецедент или начать сначала.

На рисунке 2.8. представлена диаграмма деятельности для действий по созданию учебного плана. Диаграмма содержит действия и переходы между ними. Также на диаграмме деятельности можно указать условные переходы, которые определяют действия системы во время выполнения или невыполнения определенного условия. С помощью секций, которые разделяют диаграмму на несколько дорожек, можно установить, кто отвечает за выполнение действий на каждой дорожке.

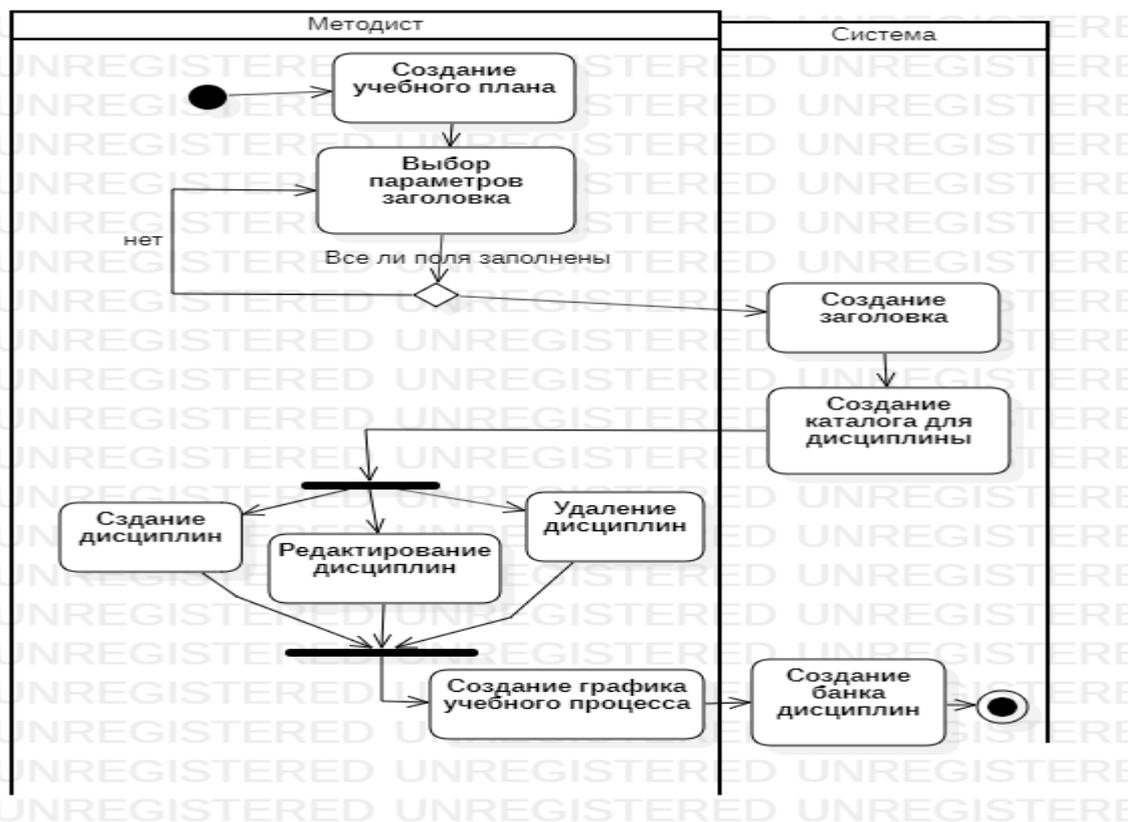


Рисунок 2.8 – Диаграмма деятельности по созданию учебного плана

2.4 Приложение модели междисциплинарного баланса при построении учебного плана

Целью создания системы является формирование в современных компьютерных средствах релевантной информационной среды высшего учебного заведения, в частности той его части, что относится к организации и проведению учебного процесса.

Для автоматического составления учебного плана выбрано ограничение на отношение предшествующего предмета и на семестровую нагрузку.

Автоматическое формирование учебного плана состоит в построении сети следования предметов. Поскольку фиксированные предметы (определены обязательными параметрами) также расположены в последовательности определенного изучения, то задача построения графика

назначение предметов и будет главной в процессе автоматического формирования учебного плана.

Для реализации распределения выбран алгоритм топологической сортировки, который был модифицирован и расширен в задачу.

Топологическая сортировка (Topologicalsort) – один из основных алгоритмов на графах, который применяется для решения множества более сложных задач.

Один из этих алгоритмов работает, выбирая вершины в том же порядке, что и случайная топологическая сортировка. Сначала находит набор «начальных вершин», которые не имеют входящих ребер, и вставляет их в набор S ; по меньшей мере, одна такая вершина должна существовать, если граф ациклический.

Тогда:

$L \leftarrow$ Пустой список, который будет содержать отсортированные элементы

$S \leftarrow$ Набор вершин без входящих ребер.

Алгоритм на псевдоязыке

пока S не пустое **выполнить**

удалить вершину n из S

вставить n в L

для каждой вершины m с ребром e от n до m **выполнять**

удалить ребро e из графа

если m не имеет больше ребер, входящих **тогда**

вставить m в S

если граф имеет ребра **тогда**

 вывести сообщение об ошибке (у графа есть как минимум один цикл)

иначе

 вывести сообщение (предлагаемая топологическая сортировка: L)

Если имеем дело с ориентированным ациклическим графом, то

алгоритм выдаст решение (не уникальное).

Альтернативный метод базируется на поиске в глубину. Для этого алгоритма ребра указываются в обратном направлении. То есть, если ребро идет с x до y , то это означает, что работа x зависит от работы y (то есть работа y должна быть завершена перед тем, как x сможет стартовать). Алгоритм проходит каждую вершину в графе в произвольном порядке, учреждая поиск «в глубину», заканчивается, когда достигает вершины, которую уже посетили с начала сортировки:

В этом случае

$L \leftarrow$ Прежний список, будет содержать отсортированный набор вершин

$S \leftarrow$ Набор всех вершин

функция посетить (вершина n)

если n еще не была посещена **тогда**

 пометить n как посещенную

для каждой вершины m с ребром от n до m **выполнить**

 посетить (m)

 добавить n до L

для каждой вершины n в S **выполнить**

 посетить (n)

Сортируются элементы, для которых определен частичный порядок, то есть упорядочение задано не на всех, а только на некоторых элементах (отношение предшествующего предмета заданные попарно).

Задачи, которые решаются с помощью этого метода, можно сформулировать так:

1. В словаре одни слова определяются с помощью других слов, при этом, если слово v определяется с помощью другого слова w , то ($v < w$). Топологическая сортировка слов в словаре означает, что они расположатся в такой последовательности, что все слова, принимающие участие в определении некоторого слова, должны находиться перед определяемым

словом в словаре;

2. Задача разбивается на ряд подзадач. Одни подзадачи должны выполняться прежде, чем выполняться другие подзадачи. В данном случае топологическая сортировка будет означать, что для выполнения некоторой задачи необходимо выполнить все предшествующие подзадачи;

3. В университетской программе одни предметы изучают на основе материала других, поэтому некоторые курсы студенты должны прослушать раньше других. Топологическая сортировка означает чтение курсов в такой последовательности, чтобы ни один курс не читали раньше того, на материале которого он основан.

Структуру классов можно представить следующим образом (рисунок 2.9):

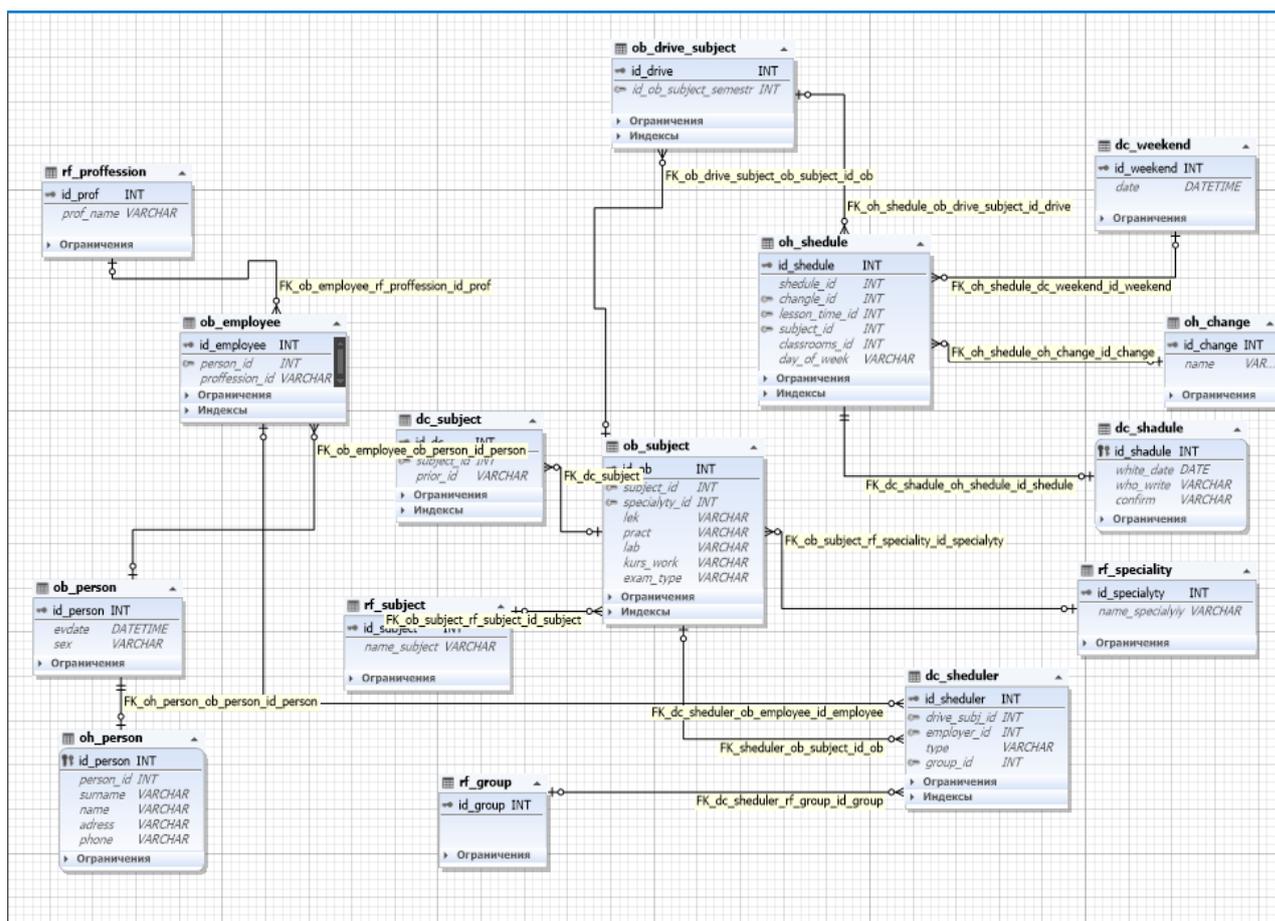


Рисунок 2.9 – Концептуальная диаграмма классов, модели системы распределения нагрузки

Выводы по главе 2

Для моделирования математической модели были рассмотрены основные принципы деятельности высшего учебного заведения в сфере планирования учебного процесса.

Изучение существующих методик распределения учебной нагрузки помогло в обобщение разработанных и внедренных методов для оптимизации распределения нагрузки. Анализ накопленного опыта способствовал определению слабо изученных проблем в практике распределения учебной нагрузки с применением весовых коэффициентов.

Результат данного обобщения принят за основу для разработки математической модели представленной методики распределения учебной нагрузки.

3 Математические модели формирования и оптимизации учебной нагрузки ВУЗа

Для успешного функционирования современных математических моделей разработан и утвержден целый ряд принципов и основных обозначений (таблица 3.1). Базисные принципы в структуре ВУЗа базируются на выделении ресурсов: в виде выделенных ставок, рассчитанных по утвержденным в ВУЗе нормативам; на направления и специальности по контингенту обучающихся, получающих высшее образование и закрепленных за направлениями и специальностями. Распределяются бюджетные и внебюджетные составляющие пропорционально нагрузке на кафедрах и структурных подразделениях, по различным методикам.

Таблица 3.1 – Основные обозначения, используемые при моделировании

№	Название	Обозначение
1.	Контингент студентов	<p>$K_{f,i,j,k}$ – количество студентов f-ой категории, обучающихся на i-ом направлении (специальности), на j-ой кафедре k-ого факультета. Учитывая типы обучаемых студентов, формы обучения, направления, специализации.</p> <p>$K_{f,i,j,k} = K_{f,i,j,k}^{\delta} + K_{f,i,j,k}^{\kappa}$, где</p> <p>$K_{f,i,j,k}^{\delta}, K_{f,i,j,k}^{\kappa}$ – студенты, обучающиеся на бюджетной и контрактной основе.</p>
2.	Профессорско-преподавательский состав структурных подразделений	<p>$ППС_{q,j}$ – количество преподавателей в q-ых званиях, работающих на j-ых структурных подразделениях.</p>

Продолжение таблицы 3.1

3.	Нормативная численность ППС	<p>$НЧ_k^{\bar{b},под}$ и $НЧ_k^{\kappa,под}$ – нормативная численность κ-го подразделения и количество выделяемых бюджетных и контрактных ставок κ-му подразделению.</p> <p>Обозначим выделяемые ставки на направление (специальность): $НЧ_{i_j,k}^{\bar{b},спец}$ и $НЧ_{i_j,k}^{\kappa,спец}$.</p> <p>$НЧ_j^{\bar{b},каф}$ и $НЧ_j^{\kappa,каф}$ – нормативная численность j-ой кафедры или количество переданных бюджетных и контрактных ставок.</p> <p>$НЧ_{k,j}^{\bar{b}}$ и $НЧ_{k,j}^{\kappa}$ – число бюджетных и внебюджетных ставок, передаваемых κ-ым подразделением j-ой кафедре.</p>
4.	Учебная нагрузка профессорско-преподавательского состава	<p>$Q_{k,j}$ – учебная нагрузка, поручаемая κ-ым подразделением j-ой кафедре.</p> <p>$Q_{i_{jk},j}^p$ – учебная нагрузка p-го вида, поручаемая j_k-ой кафедрой κ-ого подразделения по i_{jk}-ой специальности j-ой кафедре.</p> <p>$Q_{i_{jk},j} = \sum_{p=1}^P Q_{i_{jk},j}^p$ – учебная нагрузка, поручаемая j_k-ой кафедрой κ-ого подразделения по i_{jk}-ой специальности j-ой кафедре.</p>
5.	Трудоемкость дисциплин учебного плана	<p>$O_{l_{j1},i_{jk}}^p$ – трудоемкость l_{j1}-ой дисциплины, преподаваемой j_1-ой кафедрой на i_{jk}-ой специальности или другой вид нагрузки по этой дисциплине.</p>
6.	Нормативный коэффициент	<p>$r_{f,k}$ – число обучающихся студентов f-ой категории на κ-ом подразделении, приходящихся на одного преподавателя университета. При выделении ставок на направление специальность нормативный коэффициент обозначается так: $r_{f,i_{jk}}$.</p>

Продолжение таблицы 3.1

7.	Резервный коэффициент	<p>$g^{\bar{b}, \text{вуз}}$ и $g^{\kappa, \text{вуз}}$ – коэффициенты для расчета доли от общего числа ставок в вузе бюджетных и контрактных соответственно, используемые для вспомогательных нужд вуза.</p> <p>$g_k^{\bar{b}, \text{под}}$ и $g_k^{\kappa, \text{под}}$ – коэффициенты для расчета резерва декана от бюджетных и контрактных ставок κ-ого подразделения.</p> <p>$g_j^{\bar{b}, \text{каф}}$ и $g_j^{\kappa, \text{каф}}$ – коэффициенты для расчета резерва заведующего кафедрой от бюджетных и контрактных ставок j-ой кафедры.</p> <p>Резервный коэффициент имеет область определения $[0,1]$. При резервном фонде вуза 14% от общего числа бюджетных ставок, коэффициент $g^{\bar{b}, \text{вуз}}$ примет значение 0,86.</p>
8.	Контрактная база за обучение студентов	<p>$B_{f, i_{jk}}^{\kappa}$ – сумма денег, начисляемая за одного контрактного учащегося f-ой категории в заработную плату преподавателей по i_{jk}-ой специальности в год.</p> <p>$B_{i_{jk}}^{\kappa}$ – контрактная база по студентам дневной формы обучения, в соответствии с направлениями и специальностями подготовки.</p>

Контингент студентов различается по составу и типу обучающихся: студенты бакалавры, магистранты, специалисты, аспиранты, иностранные студенты.

В разработанных методиках профессорско-преподавательский состав разделяется по уровням квалификации. Согласно штатному расписанию должностей в вузах для ППС их шесть: преподаватель, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор, академик. Квалификацию преподавателя объективно можно оценить на основе занимаемой им должности, его степени и звания. Ученых степеней, присваиваемых преподавателям и ученым, существует всего две: кандидат наук и доктор наук. Все возможные комбинации – ученое звание, ученая степень и должность служат для

определения квалификации и компетентности преподавателя при закреплении за ним нагрузки, соответствующей его статусу.

Ответственность за распределение учебной нагрузки $Q_{k,j}$ и $Q_{i_{jk},j}$ лежит на заведующем кафедрой, расчет ведется на основе учебных планов подготовки специалистов, бакалавров и магистров на учебный год. В приведенных методиках учебная нагрузка принимается за константу.

3.1 Модель оптимального формирования штатов профессорско-преподавательского состава кафедр по критерию прибыли факультетов и отделов

3.1.1 Порядок расчёта количества ставок профессорско-преподавательского состава кафедр

Институты, факультеты, подготовительное отделение производят набор студентов самостоятельно. Принятый контингент студентов является определяющим при расчете нагрузки. Выпускающие кафедры могут иметь не одну специальность и специализацию. Специальности и специализации принимаются за наименьшее звено в иерархии, с закрепленным контингентом студентов, обучающимся по i -ой специальности или специализации ($K_{f,i_{j,k}}^{\bar{\sigma}}, K_{f,i_{j,k}}^{\kappa}$).

Для расчета выделяемых для подразделений средств определяется количество бюджетных и контрактных ставок. С этой целью рассчитывается контингент бюджетных и контрактных студентов подразделений по следующим формулам:

$$K_{f,k}^{\bar{\sigma}} = \sum_{j_k=1}^{L_k} \sum_{i_{jk}=1}^{N_{jk}} K_{f,i_{jk}}^{\bar{\sigma}}, k = \overline{1, S}, f = \overline{1, F}; \quad (3.1)$$

$$K_{f,k}^{\kappa} = \sum_{j_k=1}^{L_k} \sum_{i_{jk}=1}^{N_{jk}} K_{f,i_{jk}}^{\kappa}, k = \overline{1, S}, f = \overline{1, F}, \quad (3.2)$$

где N_{jk} – количество специальностей на j -ой кафедре k -ого факультета;
 L_k – количество кафедр на k -ом факультете, S – количество подразделений
в вузе и F – количество категорий обучающихся.

Используя нормативный коэффициент ($r_{f,k}$), рассчитывается базовая нормативная численность ППС подразделений или число выделенных подразделению ставок ($БНЧ_k^{\bar{\sigma},nod}$ и $БНЧ_k^{\kappa,nod}$) пропорционально обучающимся студентам. Бюджетные и контрактные ставки рассчитываются как сумма отношений контингента студентов обучающихся по категориям и нормативного коэффициента:

$$БНЧ_k^{\bar{\sigma},nod} = \sum_{f=1}^F \frac{K_{f,k}^{\bar{\sigma}}}{r_{f,k}}, k = \overline{1, S}; \quad (3.3)$$

$$БНЧ_k^{\kappa,nod} = \sum_{f=1}^F \frac{K_{f,k}^{\kappa}}{r_{f,k}}, k = \overline{1, S}. \quad (3.4)$$

Нормативная численность ППС или число ставок за вычетом резерва для k -го подразделения определяется по формулам:

$$НЧ_k^{\bar{\sigma},nod} = (g_k^{\bar{\sigma},\epsilon yz} + g_k^{\bar{\sigma},nod} - 1) \cdot БНЧ_k^{\bar{\sigma},nod}, k = \overline{1, S}; \quad (3.5)$$

$$НЧ_k^{\kappa,nod} = (g_k^{\bar{\sigma},\epsilon yz} + g_k^{\bar{\sigma},nod} - 1) \cdot БНЧ_k^{\kappa,nod}, k = \overline{1, S}. \quad (3.6)$$

Руководителем подразделения разрабатываются поручения на кафедры по выполнению учебной нагрузки. Рассчитывается средняя для подразделения учебная нагрузка преподавателя (Q_k^{cp}), которая ограничивается нормативным значением ($Q_k^{cp} < Q^{norm}$):

$$Q_k^{cp} = \frac{\sum_{j=1}^L Q_{k,j}}{НЧ_k^{\bar{\sigma},nod} + НЧ_k^{\kappa,nod}}, k = \overline{1, S}. \quad (3.7)$$

Число бюджетных и контрактных ставок, передаваемых k -ым подразделением на j -ую кафедру, пропорционально поручаемой нагрузке:

$$НЧ_{k,j}^{\bar{\delta}} = \frac{Q_{k,j}}{\sum_{j=1}^L Q_{k,j}} НЧ_k^{\bar{\delta},nod}, k = \overline{1, S}; \quad (3.8)$$

$$НЧ_{k,j}^{\kappa} = \frac{Q_{k,j}}{\sum_{j=1}^L Q_{k,j}} НЧ_k^{\kappa,nod}, k = \overline{1, S}. \quad (3.9)$$

Получим нормативную численность ППС j -ой кафедры или число бюджетных и контрактных ставок соответственно:

$$НЧ_j^{\bar{\delta},каф} = g_j^{\bar{\delta},каф} \cdot \sum_{k=1}^S НЧ_{k,j}^{\bar{\delta},nod}, j = \overline{1, L}; \quad (3.10)$$

$$НЧ_j^{\kappa,каф} = g_j^{\kappa,каф} \cdot \sum_{k=1}^S НЧ_{k,j}^{\kappa,nod}, j = \overline{1, L}. \quad (3.11)$$

3.1.2 Модель оптимального набора количества студентов, обучающихся по направлениям (специальностям) подготовки

Цель работы заключается в оптимизации доходов подразделений и кафедр [26]. На первом этапе ресурсы выделяются подразделениям по контингенту студентов, с последующей передачей штатов на кафедры с закрепленной нагрузкой, не зависимо от ее принадлежности. Рисунок 3.1 наглядно показывает передачу подразделением штатов вместе с поручаемой нагрузкой кафедрам других факультетов. Доход подразделения зависит от числа студентов и от совокупного дохода кафедр этого подразделения. Максимальный доход на кафедрах не может быть решен автоматически. Делаем вывод, что максимизация доходов подразделений кафедр должны решаться в совокупности.

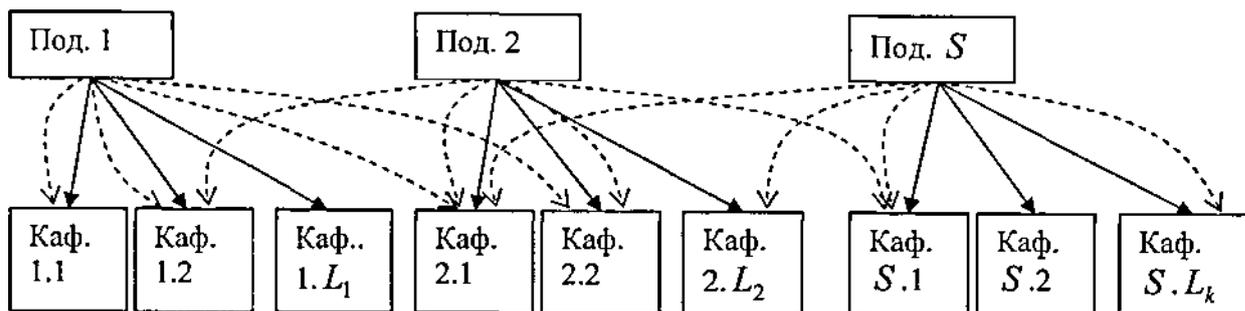


Рисунок 3.1 – Схема передачи ставок по поручениям подразделений:

показывает совокупность кафедр, выполняющие учебную нагрузку в подразделениях

Целевые функции для подразделений и кафедр суммируют их доходы из всех источников:

$$f_k^{nod \text{ вар}} = D_k^{\bar{\sigma}, nod} + D_k^{\kappa, nod}, k = \overline{1, S}; \quad (3.12)$$

$$f_k^{каф \text{ вар}} = D_k^{\bar{\sigma}, каф} + D_k^{\kappa, каф}, j = \overline{1, L}. \quad (3.13)$$

Доход в данной модели будет измеряться в количестве ставок:

$$D_k^{\bar{\sigma}, nod} = (2 - g^{\bar{\sigma}, вуз} - g_k^{\bar{\sigma}, nod}) \cdot БНЧ_k^{\bar{\sigma}, nod}, k = \overline{1, S}; \quad (3.14)$$

$$D_k^{\kappa, nod} = (2 - g^{\kappa, вуз} - g_k^{\kappa, nod}) \cdot БНЧ_k^{\kappa, nod}, k = \overline{1, S}; \quad (3.15)$$

$$D_j^{\bar{\sigma}, каф} = (1 - g_j^{\bar{\sigma}, каф}) \cdot \sum_{k=1}^S НЧ_{k,j}^{\bar{\sigma}}, j = \overline{1, L}; \quad (3.16)$$

$$D_j^{\kappa, каф} = (1 - g_j^{\kappa, каф}) \cdot \sum_{k=1}^S НЧ_{k,j}^{\kappa}, j = \overline{1, L}. \quad (3.17)$$

Ограничения для переменных регламентируются нормативными документами вуза, которые обозначают резерв подразделений и кафедр, ограничения будут варьировать область слева и справа. Общее число студентов в вузе (U_f), число групп, контингент студентов на специальностях не должно превышать нормативного значения. Любые изменения приведут к недопустимому для данной модели увеличению учебной нагрузки. Выполняемая задача является многопрофильной моделью линейного программирования большой размерности.

Получаем следующую математическую модель для формирования нагрузки по рассматриваемой методике

$$\left\{ \begin{array}{l} f_k^{под\ 1вар} \rightarrow \max; \\ f_k^{каф\ 1вар} \rightarrow \max; \\ b_k^{\delta, под} > ZP^{рег}; \\ ПК_i^o / ПК_i^з = 10; \\ r_i \geq 12; \\ Q^{норм} \leq 900. \end{array} \right. \quad (3.18)$$

3.1.3 Преимущества и недостатки математической модели

Принимая за единицу измерения ресурсы ставки без разбивки по должностям и переводя на денежный эквивалент, получаем большую погрешность. Задача, рассчитанная в «ставках», показывает хороший результат, но не работает при переводе ставок в рубли из-за несхожести профессорско-преподавательского состава кафедр вуза. Использовать резервные коэффициенты и варьировать контингентом обучающихся на направлениях и специальностях почти невозможно. Лишь незначительная область варьирования этими параметрами может дать положительный результат.

3.2 Модель оптимального формирования штатов ППС кафедр по критерию прибыли факультетов

3.2.1 Распределение внебюджетных средств по структурным подразделениям

Особенностью представленной в этом пункте методики является выделение ресурсов на специальность.

Из доли часов общей нагрузки, складываемой из нагрузок по каждой дисциплине учебных планов ($O_{l,j,i}$), выделяется, путем расчета, внебюджетная нагрузка кафедры, приходящаяся на студентов-контрактников. Такая детализация помогает в более гибком режиме

распределить внебюджетные средства, необходимые для оплаты труда преподавателей по тарифам, выше бюджетных. Это достигается расчетом коэффициента значимости каждой из дисциплин ($H_{l_j,i}$).

Для расчета внебюджетной нагрузки вводится понятие приведенного контингента ($r_{f,i}$) посредством нормативного коэффициента контингента студентов очной формы обучения выявляется приведенный контингент контрактных обучающихся и общий приведенный контингент для каждой специальности:

$$ПК_i^к = \sum_{f=1}^F \frac{r_1}{r_{f,i}} K_{f,i}^к, \quad i = \overline{1, N}; \quad (3.19)$$

$$ПК_i = \sum_{f=1}^F \frac{r_1}{r_{f,i}} K_{f,i}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (3.20)$$

Здесь r_1 – число студентов очного отделения в расчете на одного преподавателя. Значение этого коэффициента устанавливает Министерство образования и науки, внутри вуза этот и другие нормативные коэффициенты определяются на каждый учебный год ($r_{f,i}$).

Для расчета внебюджетной нагрузки j -ой кафедры по l_j -ой дисциплине, для i -ой специальности разработана формула:

$$Q_{l_j,i}^к = \frac{ПК_i^к}{ПК_i} \cdot O_{l_j,i}^к, \quad i = \overline{1, N}, \quad l_j = \overline{1, I_j}. \quad (3.21)$$

После проведения всех расчетов и с учетом коэффициента значимости, выводим приведённую внебюджетную и общую нагрузку по дисциплине:

$$ПО_{l_j,i}^к = H_{l_j,i} \cdot O_{l_j,i}^к, \quad i = \overline{1, N}, \quad l_j = \overline{1, I_j}; \quad (3.22)$$

$$ПО_{l_j,i} = H_{l_j,i} \cdot O_{l_j,i}, \quad i = \overline{1, N}, \quad l_j = \overline{1, I_j}; \quad (3.23)$$

В данной модели ресурсы, получаемые кафедрой за выполненную работу, измеряются в рублях. Суммарные средства ($B_i^к$) кафедры на

зарплату преподавателей из внебюджетных средств рассчитаны за выполнение внебюджетной учебной нагрузки на специальностях, с умножением на резервный коэффициент и с учетом каждого контрактного студента:

$$P_j^{\kappa} = g_j^{\kappa, \text{каф}} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{PO_{l_j, i}^{\kappa}}{I_j} \cdot (g_i^{\kappa, \text{нод}} \cdot B_i^{\kappa}), \quad j = \overline{1, L}. \quad (3.24)$$

Доход за выполнение внебюджетной нагрузки всех подразделений составит:

$$D_k^{\kappa, \text{нод}} = \sum_{j_k=1}^{L_k} \sum_{i_{jk}=1}^{N_{jk}} (1 - g_{i_{jk}}^{\kappa, \text{нод}}) \cdot PK_{i_{jk}}^{\kappa} \cdot B_{i_{jk}}^{\kappa}, \quad k = \overline{1, S}; \quad (3.25)$$

$$D_j^{\kappa, \text{каф}} = (1 - g_j^{\kappa, \text{каф}}) \cdot \sum_{i=1}^N \frac{PO_{l_j, i}^{\kappa}}{I_j} \cdot (g_i^{\kappa, \text{нод}} \cdot B_i^{\kappa}), \quad j = \overline{1, L}; \quad (3.26)$$

3.2.2 Модель оптимизации учебной нагрузки, в зависимости от бюджетной и контрактной составляющей

Рассмотрим аналогичную модель, приведенную в пункте 3.1.2. Существенные различия состоят в подходе к распределению внебюджетных средств, выделении имеющихся ресурсов. Получаемые средства измеряются в рублях или в суммарной заработной плате структурных подразделений и кафедр. Бюджетные и контрактные средства формируются по разным суммам оплат за обучение, внебюджетные ресурсы выделяются на направления и специальности [27].

Целевые функции вычисляются аналогично задаче из 3.1.2 :

$$f_k^{\text{нод } 2\text{вар}} = D_k^{\bar{\text{нод}}} + D_k^{\kappa, \text{нод}}, \quad k = \overline{1, S}; \quad (3.27)$$

$$f_j^{\text{каф } 2\text{вар}} = D_j^{\bar{\text{каф}}} + D_j^{\kappa, \text{каф}}, \quad j = \overline{1, L}. \quad (3.28)$$

Доход от внебюджетных средств составляет для подразделений ($D_k^{\kappa, \text{нод}}$

) и кафедр ($D_k^{к,каф}$) согласно (3.25) и (3.26). Доход от бюджетных средств формируется по схеме 3.1.2. Доходы от ставок переводятся в рубли, пользуясь поправками на единицу измерения рассчитываемого ресурса. С этой целью выводим формулу для подсчета средней заработной платы на каждой из кафедр ($b_{j_k}^{\bar{\sigma},каф}$).

Высчитав среднюю арифметическую средних заработных плат кафедр этого подразделения, рассчитываем среднюю заработную плату в структурном подразделении:

$$b_k^{\bar{\sigma},нод} = \frac{1}{L_k} \cdot \sum_{j_k=1}^{L_k} b_{j_k}^{\bar{\sigma},каф}, \quad k = \overline{1, S}. \quad (3.29)$$

Средняя заработная плата должна быть не менее 200% от средней заработной платы ($ZP^{рег}$) по региону.

Суммарные доходы от бюджетных средств подразделений и кафедр:

$$D_k^{\bar{\sigma},нод} = (2 - g^{\bar{\sigma},вуз} - g_k^{\bar{\sigma},нод}) \cdot БНЧ_k^{\bar{\sigma},нод} \cdot b_k^{\bar{\sigma},нод}, \quad k = \overline{1, S}; \quad (3.30)$$

$$D_j^{\bar{\sigma},каф} = (1 - g_j^{\bar{\sigma},каф}) \cdot \sum_{k=1}^S НЧ_{k,j}^{\bar{\sigma}} \cdot b_{j_k}^{\bar{\sigma},каф}, \quad j = \overline{1, L}. \quad (3.31)$$

Получаем следующую математическую модель для формирования нагрузки по рассматриваемой методике

$$\left\{ \begin{array}{l} f_k^{нод} \xrightarrow{2вар} \max; \\ f_k^{каф} \xrightarrow{2вар} \max; \\ b_k^{\bar{\sigma},нод} > ZP^{рег}; \\ ПК_i^o / ПК_i^3 = 10; \\ r_1 \geq 12; \\ Q^{норм} \leq 900. \end{array} \right. \quad (3.32)$$

Данная задача является многокритериальной задачей линейного программирования большой размерности.

3.2.3 Преимущества и недостатки математической модели

Приведенная математическая модель получилась более перспективной для внедрения в сравнении с предыдущей моделью. Найден эффективный подход к распределению внебюджетных средств, для успешного развития кафедр, внедрения технологий, разработке курсов по специальным дисциплинам. Привлечение внебюджетных студентов является дополнительным материальным поощрением профессорско-преподавательского состава.

Но сложность реализации приведенной модели вызывает трудности при расчете. Модель детализирования учебной нагрузки до уровня дисциплин в учебном плане возможна только при автоматизации процесса планирования посредством автоматизации всего учебного кластера. Существенным недостатком рассмотренной модели является значительная погрешность из-за приведения ресурсов к денежному знаку и использования в подразделениях через усреднение заработной платы преподавателей кафедр.

Эта модель имеет недостатки – не учтены параметры неоднородности состава преподавателей.

3.3 Пример применения модели

Задача формирования учебной нагрузки должна быть сведена к решению непрерывной задачи формирования количества часов в зависимости от количества студентов обучающихся по соответствующим образовательным программам. Для этого примем допущение, при котором за каждой образовательной программой закрепляется определенный объем работы, в соответствии с тем, какое количество студентов обучается по этой образовательной программе.

Таким образом, при выполнении зависимости количества часов учебной нагрузки от количества обучающихся студентов по образовательной программе, математически обусловлено, строится на упорядочивании

образовательных программ по мере убывания их весовых коэффициентов. С точки зрения концепции распределения ресурсов, подход к формированию учебной нагрузки ВУЗа и последующим распределением этой нагрузки между кафедрами будет сформирован в соответствии с количеством обучающихся по этим образовательным программам.

При формировании нагрузки ВУЗа с последующим закреплением ее за кафедрами, согласно таблицам 3.2 и 3.3, для каждой образовательной программы составляется матрица персональных весовых коэффициентов, характеризующая потенциал образовательных программ. На основе этих данных вычисляется условный коэффициент возможностей, который вычисляется как среднее значение всех персональных весовых коэффициентов.

Введение условного коэффициента возможностей позволяет выявить наиболее оптимальные кафедры с точки зрения реализации образовательных программ.

Далее при формировании учебной нагрузки и распределением ее между кафедрами выбираются образовательные программы, обладающие наибольшим значением условного коэффициента возможностей, и путем сравнения всех его весовых коэффициентов определяется наибольший из коэффициентов по каждой образовательной программе.

Таблица 3.2 – Приведенный контингент для расчета весовых коэффициентов по направлениям подготовки

Факультет	Направление	Всего студентов	Очники	Заочники	Приведенный контингент
АТФ	350301 Лесное дело	33	33	0	33,00
АТФ	350303 Агрохимия и агропочвоведение	75	75	0	75,00
АТФ	350304 Агрономия	271	128	143	156,60
АТФ	350305 Садоводство	76	76	0	76,00
АТФ	350310 Ландшафтная архитектура	47	47	0	47,00
АТФ	350403 Агрохимия и агропочвоведение	33	33	0	33,00
АТФ	350404 Агрономия	81	37	44	45,80

Продолжение таблицы 3.2

АТФ	350405 Садоводство	30	30	0	30,00
АСП	350601-060101 Общее земледелие, растениеводство	34	24	10	26,00
АСП	350601-060104 Агрохимия	2	2	0	2,00
АСП	350602 Лесное хозяйство	2	2	0	2,00
	Итого	684	487	197	526,40
БВМ	350308 Водные биоресурсы и аквакультура	80	80	0	80,00
БВМ	360301 Ветеринарно-санитарная экспертиза	148	148	0	148,00
БВМ	360302 Зоотехния	293	202	91	220,20
БВМ	360501 Ветеринария	433	311	122	335,40
БВМ	360402 Зоотехния	111	65	46	74,20
АСП	060601 Биологические науки	3	3	0	3,00
АСП	360601 Ветеринария и зоотехния	40	17	23	21,60
	Итого	1108	826	282	882,40
ИТФ	200301 Техносферная безопасность	66	64	2	64,40
ИТФ	350306 Агроинженерия	458	254	204	294,80
ИТФ	440304 Профессиональное обучение	29	20	9	21,80
ИТФ	350406 Агроинженерия	89	56	33	62,60
АСП	350604-052001 Технологии и средства механизации сельского хозяйства	7	6	1	6,20
АСП	350604-052003 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве	4	3	1	3,20
АСП	440601 Образование и педагогические науки	3	0	3	0,60
	Итого	656	403	253	453,60
ПТФ	190302 Продукты питания из растительного сырья	26	26	0	26,00
ПТФ	190303 Продукты питания животного происхождения	17	7	10	9,00
ПТФ	190304 Технология продукции и организация общественного питания	76	28	48	37,60
ПТФ	350307 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции	384	276	108	297,60
ПТФ	380307 Товароведение	46	29	17	32,40
АСП	350607 Аспирантура	0	0	0	0,00
	Итого	549	366	183	402,60

Продолжение таблицы 3.2

СИТ	430301 Сервис	118	17	101	37,20
СИТ	430302 Туризм	124	47	77	62,40
СИТ	430402 Туризм	17	12	5	13,00
АСП	450601 Языкознание и литературоведение	1	0	1	0,20
	Итого	260	76	184	112,80
ЭКФ	380301 Экономика	205	86	119	109,80
ЭКФ	380302 Менеджмент	164	62	102	82,40
ЭКФ	380501 Экономическая безопасность	449	338	111	360,20
ЭКФ	380401 Экономика	108	3	105	24,00
ЭКФ	380402 Менеджмент	50	7	43	15,60
АСП	380601-080005 Экономика и управление народным хозяйством	6	0	6	1,20
	Итого	982	496	486	593,20
ЭМФ	050306 Экология и природопользование	71	40	31	46,20
ЭМФ	090303 Прикладная информатика	60	41	19	44,80
ЭМФ	200301 Техносферная безопасность	87	78	9	79,80
ЭМФ	200302 Природообустройство и водопользование	291	194	97	213,40
ЭМФ	210302 Землеустройство и кадастры	289	162	127	187,40
ЭМФ	380301 Экономика	0	0	0	0,00
ЭМФ	380305 Бизнес-информатика	15	15	0	15,00
ЭМФ	200501 Пожарная безопасность	159	80	79	95,80
ЭМФ	210501 Прикладная геодезия	44	44	0	44,00
ЭМФ	090403 Прикладная информатика	12	12	0	12,00
ЭМФ	200402 Природообустройство и водопользование	93	58	35	65,00
ЭМФ	210402 Землеустройство и кадастры	81	38	43	46,60
АСП	050601 Науки о земле	9	4	5	5,00
АСП	350601-060102 Мелиорация, рекультивация и охрана земель	13	8	5	9,00
АСП	080601 Техника и технологии строительства	2	0	2	0,40
	Итого	1226	774	452	864,40
ЭЭФ	130302 Электроэнергетика и электротехника	299	128	171	162,20
ЭЭФ	350306 Агроинженерия	335	195	140	223,00
ЭЭФ	130501 Тепло-электрообеспечение специальных технических систем и объектов	57	57	0	57,00

Продолжение таблицы 3.2

ЭЭФ	130402 Электроэнергетика и электротехника	111	50	61	62,20
ЭЭФ	350406 Агроинженерия	77	44	33	50,60
АСП	090601 Информатика и вычислительная техника	6	3	3	3,60
АСП	350604-052002 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве	1	1	0	1,00
АСП	380601-080013 Математические и инструментальные методы экономики	3	0	3	0,60
Итого		889	478	411	560,20

Таблица 3.3 – Распределение весовых коэффициентов по направлениям подготовки для формирования учебной нагрузки ВУЗа

Факультет	Направление	Нагрузка	Соотношение студент / преподаватель	Превышение количества ставок	Коэффициент к нагрузке
АТФ	350301 Лесное дело	3423,85	8,58	1,10	0,714839
АТФ	350303 Агрохимия и агропочвоведение	4891,6	13,65	-0,75	1,137153
АТФ	350304 Агрономия	12699,8	10,97	1,22	0,914542
АТФ	350305 Садоводство	5412,7	12,50	-0,25	1,041378
АТФ	350310 Ландшафтная архитектура	3414,85	12,25	-0,08	1,020787
АТФ	350403 Агрохимия и агропочвоведение	1836,7	15,99	-0,69	1,332553
АТФ	350404 Агрономия	2628,45	15,51	-0,86	1,292333
АТФ	350405 Садоводство	1516,9	17,60	-0,80	1,466807
АСП	350601-060101 Общее земледелие, растениеводство	3510,76	6,59	1,78	0,549264
АСП	350601-060104 Агрохимия	277,21	6,42	0,14	0,535094
АСП	350602 Лесное хозяйство	524,35	3,39	0,42	0,28289
Итого		40137,17	11,67	1,23	
БВМ	350308 Водные биоресурсы и аквакультура	6105,15	11,66	0,19	0,971857
БВМ	360301 Ветеринарно-санитарная экспертиза	10318	12,77	-0,74	1,063837
БВМ	360302 Зоотехния	15864,4	12,35	-0,52	1,029443
БВМ	360501 Ветеринария	20510,45	14,55	-4,90	1,212821
БВМ	360402 Зоотехния	8402,5	7,86	3,26	0,654944
АСП	060601 Биологические науки	385,85	6,92	0,18	0,576649
АСП	360601 Ветеринария и зоотехния	6133,72	3,13	5,09	0,261179
Итого		67720,07	11,60	2,56	
ИТФ	200301 Техносферная безопасность	5538	10,35	0,86	0,862465

Продолжение таблицы 3.3

ИТФ	350306 Агроинженерия	21164,9	12,40	-0,79	1,033047
ИТФ	440304 Профессиональное обучение	3740,1	5,19	2,39	0,432297
ИТФ	350406 Агроинженерия	4108,05	13,56	-0,60	1,130179
АСП	350604-052001 Технологии и средства механизации сельского хозяйства	914,94	6,03	0,51	0,502583
АСП	350604-052003 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве	1078,34	2,64	0,94	0,220091
АСП	440601 Образование и педагогические науки	277,1	1,93	0,26	0,160592
	Итого	36821,43	10,96	3,57	
ПТФ	190302 Продукты питания из растительного сырья	2201,5	10,51	0,31	0,875918
ПТФ	190303 Продукты питания животного происхождения	1288,55	6,22	0,70	0,518024
ПТФ	190304 Технология продукции и организация общественного питания	4148,85	8,07	1,53	0,672154
ПТФ	350307 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции	18134,55	14,61	-4,42	1,217124
ПТФ	380307 Товароведение	3127,55	9,22	0,81	0,768333
АСП	350607 Аспирантура	0	-	0,00	-
	Итого	28901,00	12,40	-1,08	
СИТ	430301 Сервис	3806,4	8,70	1,18	0,724832
СИТ	430302 Туризм	5860,45	9,48	1,38	0,7897
СИТ	430402 Туризм	1249,6	9,26	0,32	0,77158
АСП	450601 Языкознание и литературоведение	337,1	0,53	0,36	0,044003
	Итого	11253,55	8,92	3,24	
ЭКФ	380301 Экономика	9439,65	10,35	1,46	0,862691
ЭКФ	380302 Менеджмент	7469,1	9,82	1,53	0,818215
ЭКФ	380501 Экономическая безопасность	19509,75	16,43	-8,10	1,369307
ЭКФ	380401 Экономика	4610,1	4,63	3,18	0,386109
ЭКФ	380402 Менеджмент	2259,9	6,14	1,24	0,51197
АСП	380601-080005 Экономика и управление народным хозяйством	845,35	1,26	0,85	0,105282
	Итого	44133,85	11,96	0,16	
ЭМФ	050306 Экология и природопользование	4870,6	8,44	1,62	0,703507
ЭМФ	090303 Прикладная информатика	3199,3	12,46	-0,14	1,038561
ЭМФ	200301 Техносферная безопасность	7423	9,57	1,69	0,797319
ЭМФ	200302 Природообустройство и водопользование	16845,35	11,27	1,14	0,939557
ЭМФ	210302 Землеустройство и кадастры	14433	11,56	0,60	0,96299
ЭМФ	380301 Экономика	0	-	0,00	-

Продолжение таблицы 3.3

ЭМФ	380305 Бизнес-информатика	985,3	13,55	-0,14	1,129098
ЭМФ	200501 Пожарная безопасность	8474,8	10,06	1,54	0,838388
ЭМФ	210501 Прикладная геодезия	3652,45	10,72	0,44	0,893464
ЭМФ	090403 Прикладная информатика	1454,5	7,34	0,63	0,611894
ЭМФ	200402 Природообустройство и водопользование	4429,3	13,06	-0,44	1,088396
ЭМФ	210402 Землеустройство и кадастры	3868,25	10,72	0,46	0,89347
АСП	050601 Науки о земле	1551,12	2,87	1,33	0,239075
АСП	350601-060102 Мелиорация, рекультивация и охрана земель	1980,84	4,04	1,48	0,336978
АСП	080601 Техника и технологии строительства	280,95	1,27	0,28	0,105594
	Итого	73448,76	10,47	10,49	
ЭЭФ	130302 Электроэнергетика и электротехника	12512,1	11,54	0,54	0,961456
ЭЭФ	350306 Агроинженерия	17758,1	11,18	1,37	0,931359
ЭЭФ	130501 Тепло- электрообеспечение специальных технических систем и объектов	4869,25	10,42	0,72	0,868204
ЭЭФ	130402 Электроэнергетика и электротехника	4126,25	13,42	-0,55	1,118005
ЭЭФ	350406 Агроинженерия	3237,05	13,91	-0,58	1,159337
АСП	090601 Информатика и вычислительная техника	1108,44	2,89	0,95	0,240879
АСП	350604-052002 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве	113,43	7,85	0,04	0,653854
АСП	380601-080013 Математические и инструментальные методы экономики	319,95	1,67	0,31	0,139084
	Итого	44044,57	11,32	2,80	0,943321

В таблице 3.4 приведены весовые коэффициенты распределения нагрузки, сформированные по факультетам.

На основании этих данных можно сделать вывод об эффективности того или иного факультета ВУЗа.

Таблица 3.4 – Распределение весовых коэффициентов по факультетам

№	Факультет	Весовой коэффициент
1.	Агротехнологический	0,9727
2.	Биотехнологий и ветеринарной медицины	0,9664
3.	Инженерно-технологический	0,9137
4.	Перерабатывающие технологии и товароведение	1,0332
5.	Сервиса и туризма	0,7434
6.	Эколого-мелиоративный	0,8728
7.	Экономический	0,9969
8.	Электроэнергетический	0,9433
	Итого по ВУЗу:	0,9410

В таблице 3.5 представлена сводная информация по формированию

штатного расписания профессорско-преподавательского состава в ВУЗе с применением предложенных моделей.

Таблица 3.5 – Эффективность применения модели

Учебный год	Зав. Каф.	Проф.	Доц.	Ст. препод.	Ассистенты (препод.)	ИТОГО ставок ППС
2015-16	38,50	64,39	322,53	113,74	56,66	595,82
2016-17	38,35	64,90	301,30	97,60	35,40	537,55
2017-18	35,50	63,65	286,25	82,45	23,25	491,10
2018-19	31,50	55,15	237,50	63,95	13,85	401,95
2019-20	30,10	49,00	228,55	53,20	9,85	370,70
2020-21	27,50	44,15	211,75	46,45	8,85	338,70

Анализ результатов показывает эффективную оптимизацию при формировании штатного расписания за период с 2015 по 2020 год.

Для создания информационной системы «Нагрузка ВУЗа на основе учебных планов», была построена концептуальная модель данных на логическом уровне.

Выводы по главе 3

1. В данной главе были рассмотрены алгоритмы расчета штатного состава кафедр в вузе с детальным описанием. Предложенные расчеты послужили основой для формулирования математически и логистически обоснованных моделей оптимизации учебного процесса.

2. Стоящие перед разработчиками задача по формулированию запланированного программного продукта была решена на основе программирования, при использовании целевых и ограничительных функций.

3. При решении задач оптимизации учитывалось качество преподавательского состава с применением базовой квалификационной матрицы.

4. Полученные в результате расчетов средние нагрузки на преподавателей кафедр и по вузу в целом, с открывающейся возможностью учета квалификации и компетенции преподавателя по предметам обучения, взяты в качестве ограничительного фактора при постановке и создании математической модели оптимизации.

4 Разработка моделей и алгоритмов оптимизации формирования учебной нагрузки ВУЗа

4.1 Алгоритмическое обеспечение программных комплексов

Распределение учебной нагрузки между преподавателями кафедры разбиты на этапы и описаны в виде блок-схемы алгоритма.

Алгоритм расчета распределения учебной нагрузки между преподавателями кафедры состоит из пяти модулей (рисунок 4.1):

- 1) модуля ввода данных;
- 2) модуля распределения и закрепления учебной нагрузки;
- 3) модуля формирования вариантов и оценки распределения;
- 4) модуля сравнения вариантов распределения;
- 5) модуля вывода вариантов распределения с выбором лучшего варианта.

Вернемся к алгоритму топологической сортировки и рассмотрим его работу при формировании учебной нагрузки.

В общем виде, частичный порядок на множестве S – это отношение между элементами этого множества и удовлетворяет трем условиям (аксиомы) для любых различных элементов x, y, z из S :

- 1) если $x < y$ и $y < z$, то $x < z$ (транзитивность)
- 2) если $x < y$, то не $y < x$ (асимметричность)
- 3) не $x < x$ (иррефлексивность).

Считаем, что множество S , которое необходимо рассортировать, является конечным. Поэтому отношение частичного порядка можно проиллюстрировать с помощью диаграммы или графа, в котором вершины обозначают элементы S , а стрелки изображают отношение порядка. Цель топологической сортировки – превратить частичный порядок на линейный (рисунок 4.2 и 4.3).

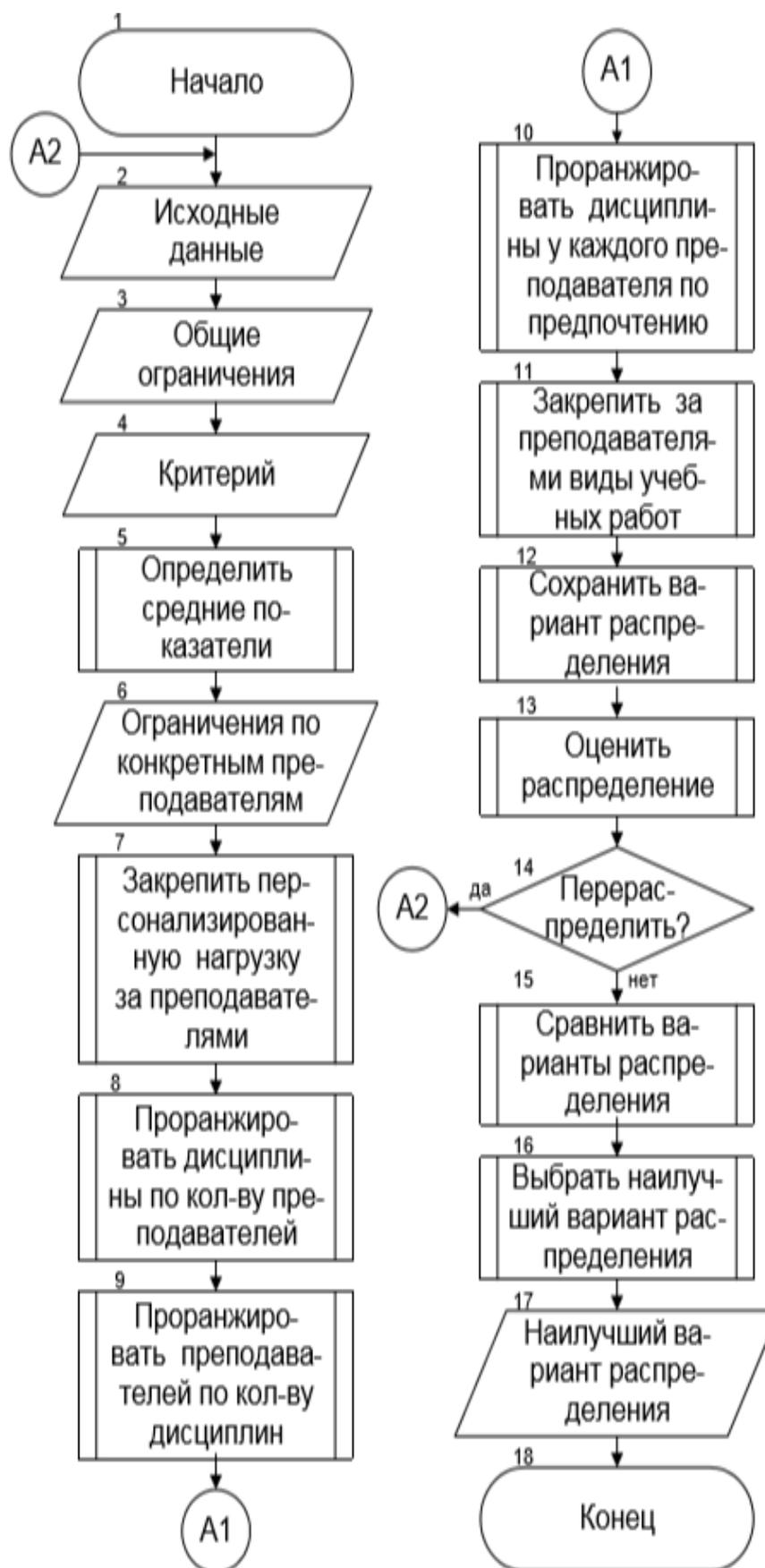


Рисунок 4.1 – Общий алгоритм распределения учебной нагрузки

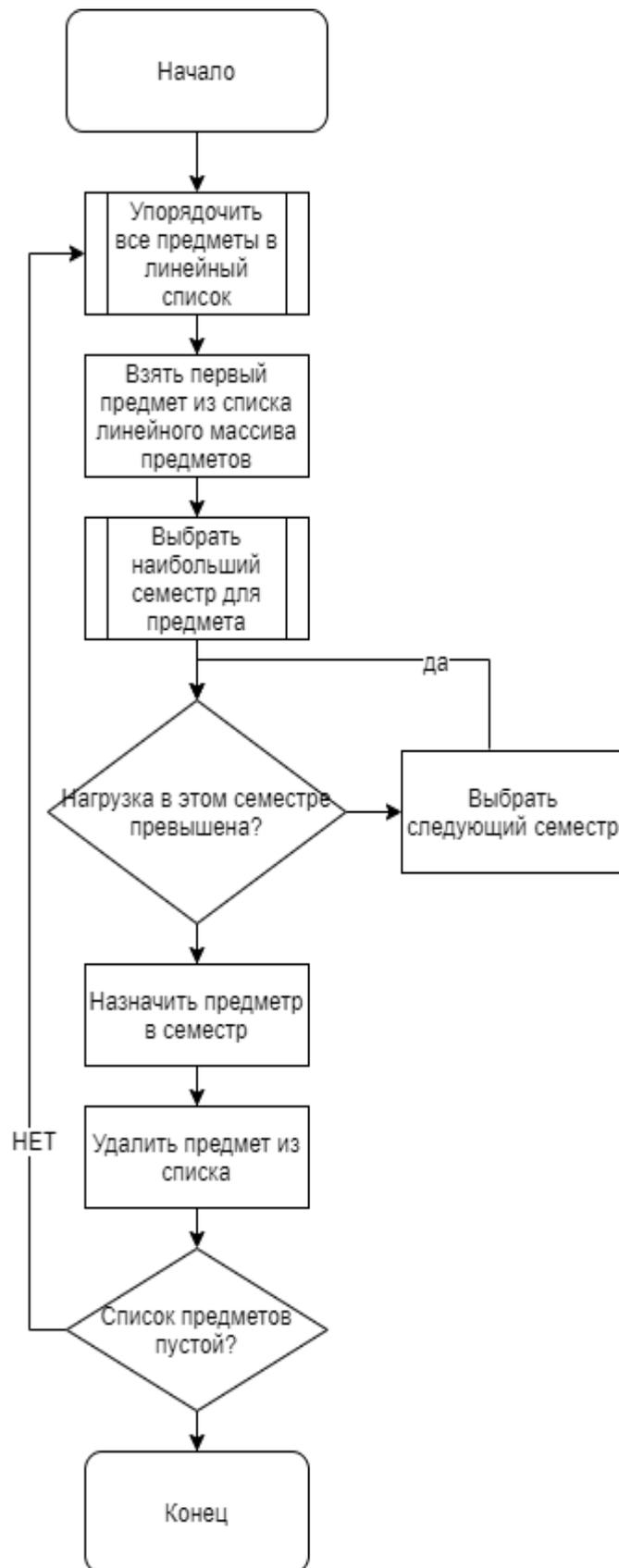


Рисунок 4.2 – Алгоритм распределения учебных предметов в нагрузке

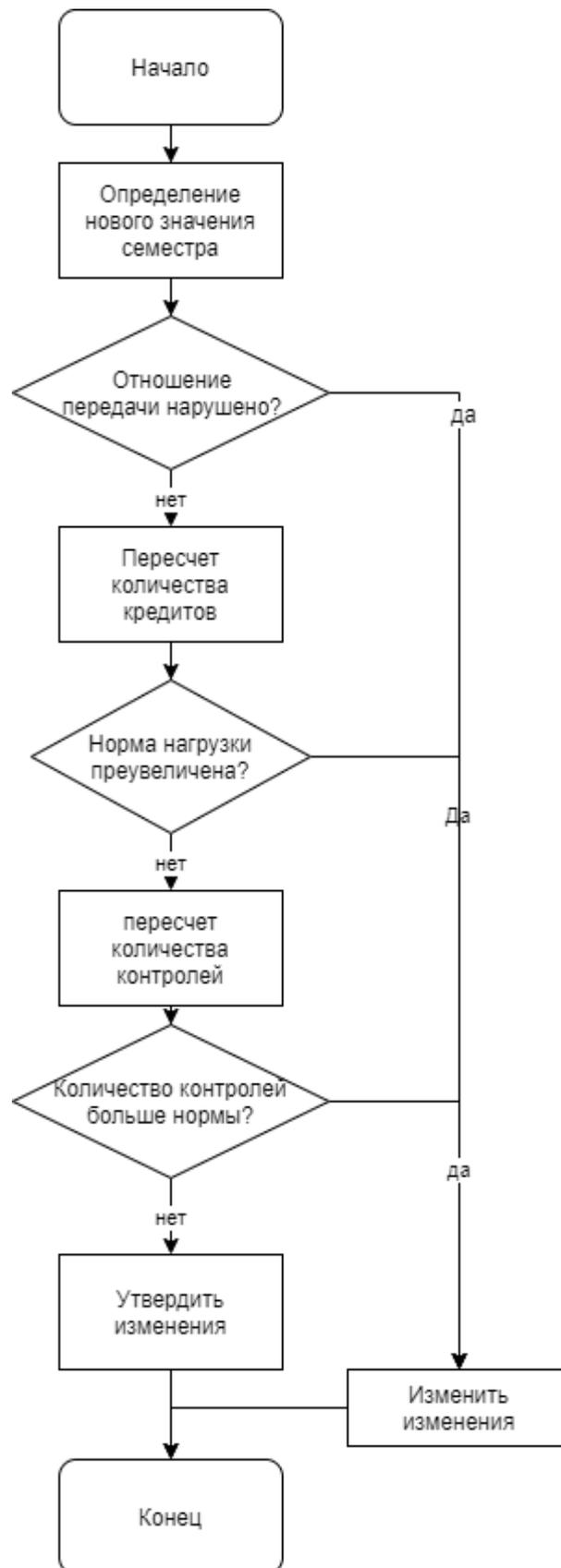


Рисунок 4.3 – Алгоритм процедуры проверки корректности изменений в учебном плане

4.2 Информационная система планирования и управления распределением учебной нагрузкой

В начале 90-х гг. аналитическая компания Gartner Group ввела новое понятие: системы класса MRP II в интеграции с модулем финансового планирования (Finance Requirements Planning — FRP) получили название систем планирования ресурсов предприятий (Enterprise Resource Planning — ERP).

Создание единого хранилища данных является главной задачей ERP-системы. Созданная система позволяет всем участникам образовательного процесса иметь постоянный доступ к информации, необходимой для управления образовательной деятельностью. ERP-система значительно снижает затраты на обработку внутренних информационных потоков.

ERP-система строится по модульному принципу и объединяет в себе все ключевые процессы учебной деятельности.

На рисунке 4.4 представлена ERP-система управления планированием учебного процесса в ВУЗе, основой которого является формирование учебной нагрузки.

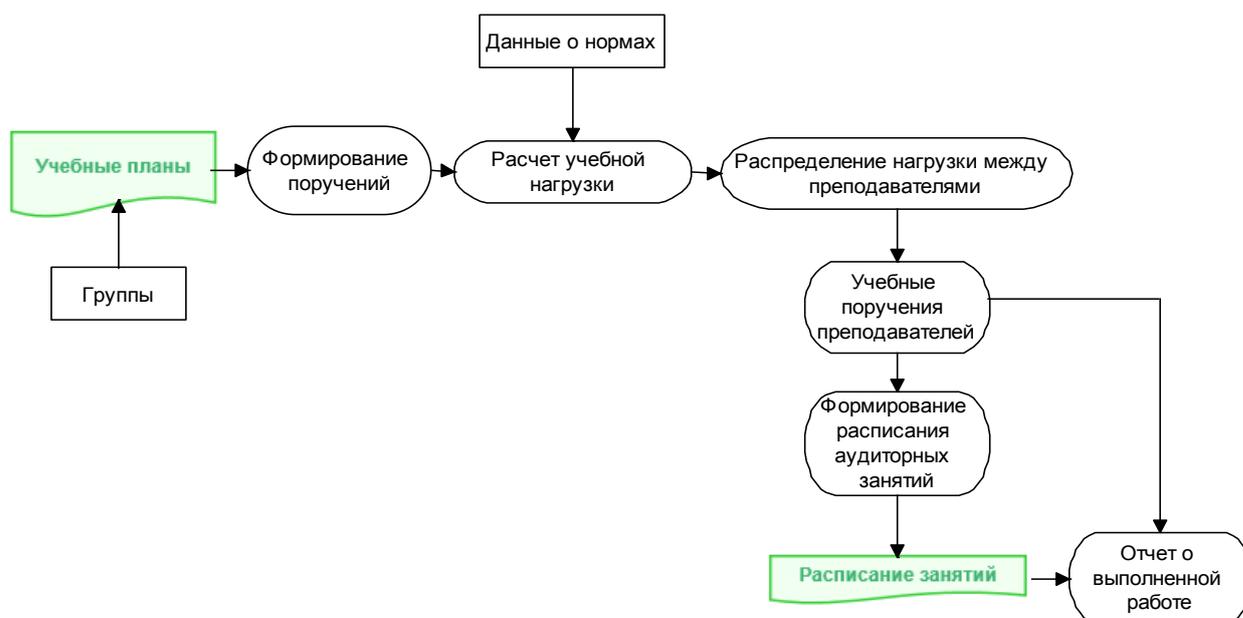


Рисунок 4.4 – Процесс создания учебно-организационной документации

ERP-система, в первую очередь предназначена для повышения эффективности и качества управления организацией, принятия правильных решений на основе автоматизированной обработки актуальной и достоверной информации.

Перед началом создания информационной системы изучаются виды работ для реализации входных и выходных данных: структура, получение, хранение, передача, обработка. Изучаются характеристики технологий проектирования и возможности реализации ИС [13]. Можно использовать архитектуру «клиент-сервер» как наиболее подходящую для создания программного продукта.

Схемы архитектурной модели проектируемой системы и работы архитектуры «клиент-сервер» изображены на рисунках 4.5 и 4.6 [29].

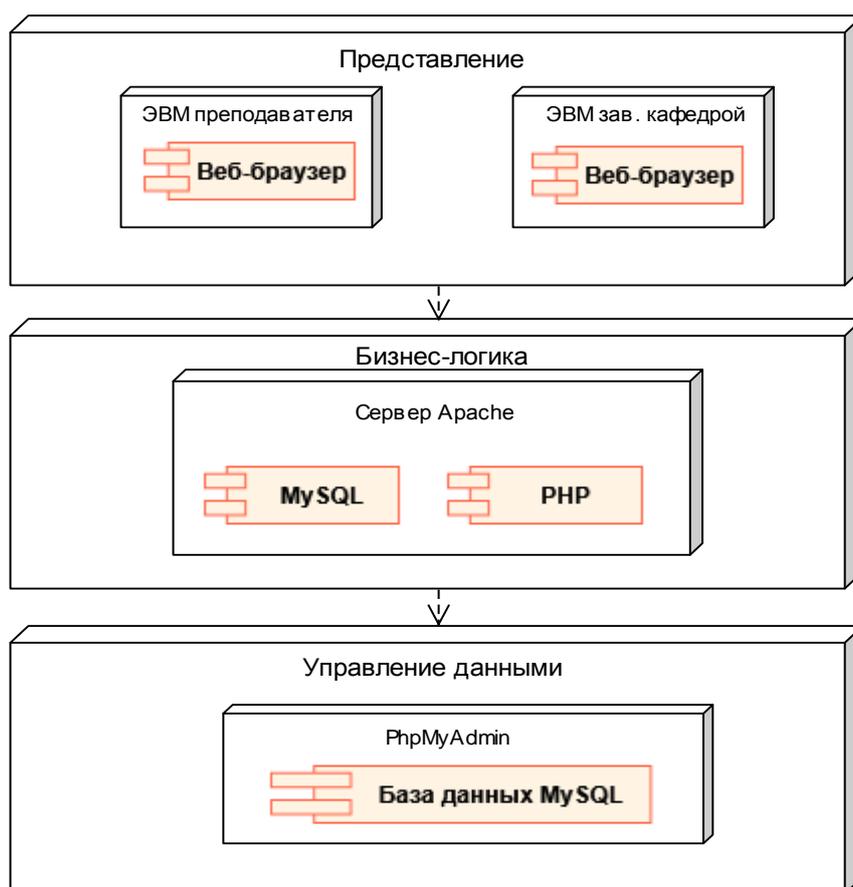


Рисунок 4.5 – Архитектурное представление информационной системы

Программное обеспечение устанавливается непосредственно на сервер. С сервера идет распределение по компьютерам, установленным на кафедрах

и подразделениях вуза [30].

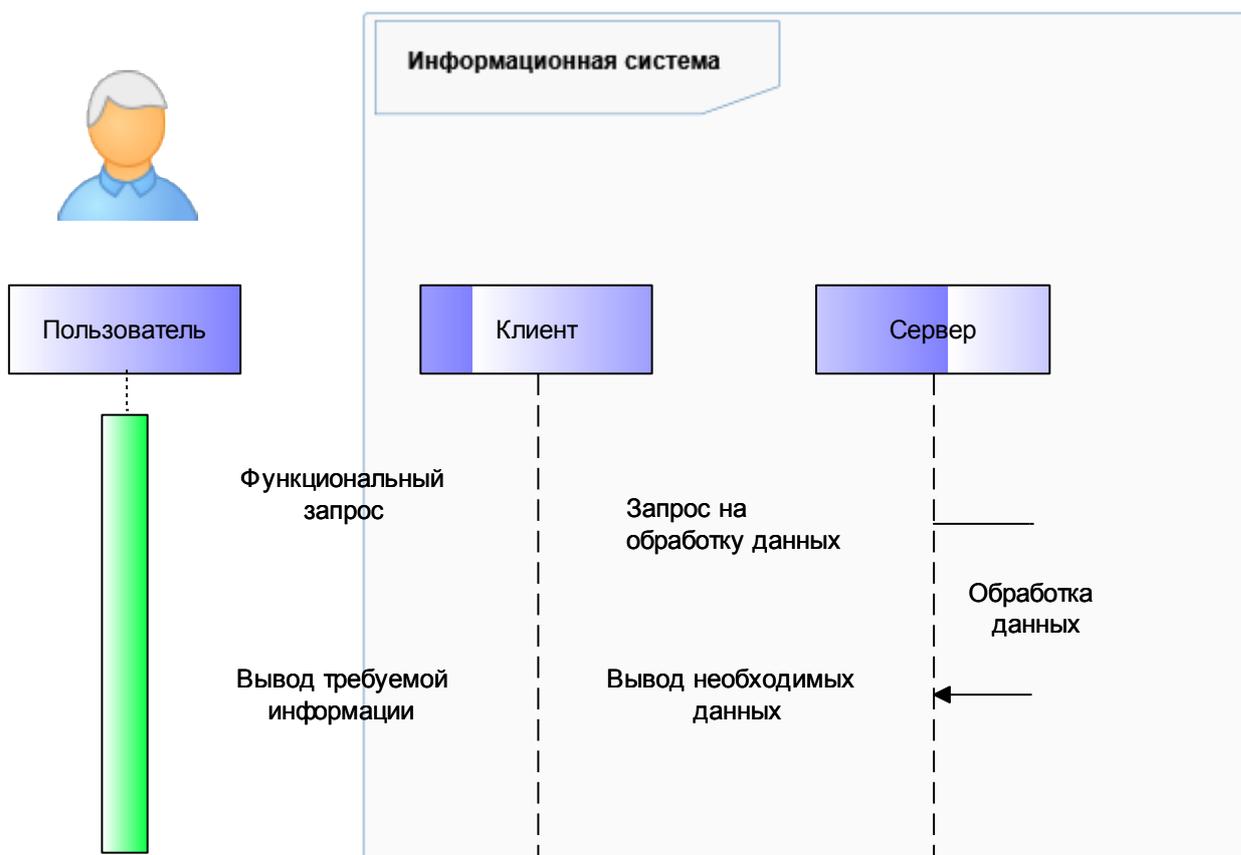


Рисунок 4.6 – Схема работы архитектуры «клиент-сервер»

Автоматизация процесса разработки приложений [14] реализуется современными средствами программного обеспечения с применением различных составляющих и графического интерфейса для баз данных. При работе приходится учитывать многие критерии для успешного решения поставленных задач и управления различными процессами. Разработчик производит модернизацию существующего программного обеспечения, анализируя и устраняя возникающие в процессе эксплуатации критические ошибки.

Программные модули разработаны с поддержкой парадигмы объектно-ориентированного программирования, баз данных, CASE-технологий для моделирования, проектирования и синхронизации различных частей проекта и компонентов системы, находящейся в разработке. Поддерживаются

алгоритмы реляционной алгебры для реализации управления БД [31, 32].

Существующие языки программирования PHP, ASP, Java обладают необходимым современным инструментом, но каждый имеет преимущества и недостатки при работе с ними.

При выборе программных средств разработки программного обеспечения руководствуются главными требованиями: затраты времени на разработку и возможностью модификации программного обеспечения; оперативное редактирование и просмотр полученных результатов, используя графический интерфейс.

Кроме того, определяются параметры и требования для отбора средств разработки: разработчик должен быть компетентным при использовании пакетов прикладных программ; уменьшение потребления оперативной памяти; наглядность и привлекательность при разработке интерфейса; кроссплатформенность или межплатформенность; обширный диапазон средств разработки баз данных; минимальное время на обработку задач и разработку программного обеспечения; эргономика и практичность использования, наличие компьютерной программы по обнаружению, локализации и устранению критических ошибок.

Для отбора средств реализации информационной системы выбираем метод вариантных обоснований. Этот метод позволяет выбрать наилучший вариант из нескольких предложенных. Выбор производится последовательно в несколько этапов:

- определяются критерии и степень их важности;
- проводится анализ каждого варианта, с учетом определенных допусков;
- производится оценка каждого варианта;
- выбирается лучший вариант по максимально набранным оценочным параметрам.

Характеристики средств разработки с результатами сравнительного анализа сведены в таблицу 4.1. Анализ проводился по предпочтениям

разработчика без учета общедоступной статистики.

Таблица 4.1 – Сравнение между языками программирования

№	Характеристика средств разработки	PHP	ASP	Java
1.	Уменьшение потребления оперативной памяти	+	-	-
2.	Кроссплатформенность	+	-	+
3.	Наглядность при разработке интерфейса	-	+	+
4.	Обширный диапазон средств разработки баз данных	+	+	+
5.	Минимизация времени для обработки задач	-	+	+
6.	Применение программ по устранению ошибок	+	+	+
7.	Минимальное время разработки ПО	+	-	-
8.	Эргономика	+	-	-
	Всего:	6	4	5

Анализируя сравнения средств разработки, принимаем язык программирования PHP в качестве средства реализации информационной системы, как наиболее подходящий по сформированным ранее критериям и требованиям.

Далее принимается решение по определению способа управления базами данных и организации информационной базы.

Локальная организация заключается в хранении файлов и данных, не связанных между собой и созданных для решения конкретных задач. Локальную базу данных рекомендовано размещать на одном компьютере.

Интегрированная БД, являясь составной частью для решения задач какого-либо приложения, служит для локального хранения данных на одном носителе.

Распределенная база данных устанавливается на нескольких устройствах.

Интегрированная база данных более всего подходит для разработки

информационной системы.

По способу установления связей между данными существует три модели логической структуры базы данных: иерархическая, сетевая и реляционная.

В иерархической модели каждому объекту, исключая корневой, соответствует один исходный сегмент. Между исходным и порожденным сегментом устанавливается строго одна связь. Просмотр такой структуры осуществляется в строгой последовательности от корневого сегмента к порожденным сегментам, просмотр в обратном направлении не допускается. Порожденный объект может иметь связи с другими объектами более низкого уровня. Данная структура показывает отношения между элементами вида «один ко многим».

Иерархическая структура имеет ключевые недостатки: малоэффективное построение связей вида «многие ко многим», затруднен доступ к сегментам нижнего уровня из-за строгой направленности определенных видов запроса к базе данных.

Сетевые модели расширяют возможности иерархического подхода, построение происходит в виде графа и порожденный сегмент имеет неопределенное количество исходных сегментов. Надо признать, что для сетевых моделей характерна высокая сложность и жесткость схемы базы данных, большое количество сегментов, неудобное представление доступа.

Реляционная модель данных состоит из набора двумерных таблиц, совокупностью необходимых данных.

Двумерная таблица состоит из строк и столбцов, иначе называемыми записями и полями. Необходимые отношения между строкой и столбцом получаем при пересечении строк и столбцов с помощью построения. Имея конкретные значения данных, осуществляем доступ к искомому элементу. Сравнивая с предыдущими моделями данных, отмечаем недостатки такой формы организации данных: более медленный доступ к данным и трудоемкость самой разработки.

Преимуществом реляционной модели данных является: отображение информации в наиболее простой для восприятия и понимания форме; логически грамотное описание основных операций над данными; независимость данных и минимальные изменения в программном продукте при модификации структуры данных.

После анализа полученных результатов принимаем для разработки информационной системы реляционную модель данных, в силу простоты и распространенности, относительно остальных моделей данных.

Определив модель данных, производим выбор системы управления базой данных (СУБД).

Одной из наиболее ориентированных и востребованных систем управления базами данных в сфере веб-программирования является MySQL. Это связано с небольшим потреблением аппаратных ресурсов и высокой отказоустойчивостью данной системы.

Однако помимо MySQL существуют и другие СУБД, ориентированные на среду WEB, такие как: Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL. Для объективного выбора проведем сравнительный анализ представленных систем управления базами данных. Для представленных СУБД были сформированы критерии и требования для сравнения, данные сведены в таблицу 4.2 и проанализированы.

Рассмотрим следующие характеристики для выбора системы управления базами данных для проектируемой информационной системы: компетентность разработчика при использовании системы управления базами данных; уменьшение потребления оперативной памяти; наглядность и привлекательность графического интерфейса; кроссплатформенность или межплатформенность; обширный диапазон средств разработки баз данных; минимальное время на обработку запросов и разработку программного обеспечения; эргономика и практичность использования, наличие компьютерной программы по обнаружению, локализации и устранению критических ошибок.

Таблица 4.2 – Результаты сравнительного анализа СУБД

Характеристика СУБД	СУБД			
	<i>MySQL</i>	<i>MS SQL Server</i>	<i>PostgreSQL</i>	Oracle
Компетентность разработчика в использовании СУБД	+	-	-	-
Уменьшение потребления оперативной памяти	+	+	+	+
Кроссплатформенность	+	+	+	+
Наглядность графического интерфейса	+	+	-	-
Минимальное время обработки запросов	-	+	+	-
Наличие программ по устранению ошибок	+	+	+	+
Минимальное время проектирования БД	+	-	-	-
Эргономика	+	+	+	+
Всего:	8	7	6	5

В результате сравнения систем управления базами данных и проведенного анализа принято решение об использовании в качестве системы управления базами данных информационной системы СУБД MySQL, как наиболее подходящей по сформированным ранее критериям.

В качестве веб-сервера выбран Apache, имеющий реализованную поддержку интерпретатора языка PHP и работы с СУБД MySQL.

Необходимо определить требования к функционалу ИС, зная специфику работы кафедры вуза: поддержка аутентификации пользователей; возможность добавления пользователей администратором; текущая работа по обновлению данных, содержащихся в БД; вывод необходимой информации авторизованным пользователям.

В качестве выходных данных программой будут формироваться html-таблицы, с намеченным циклическим описанием запланированных к выполнению задач.

Алгоритм выполнения данных операций системой представлен на

рисунке 4.7 в виде диаграммы деятельности:

- на входе передаются данные пользователя;
- производится проверка корректности получаемых данных и прав доступа на проведение данной операции;
- при успешной проверке формируется запрос к базе данных, выполняется обработка данных, полученный результат и данные выводятся на экран;
- в случае отказа в доступе формируется соответствующее сообщение.

Допуск для работы с системой имеют администратор и преподаватель на правах пользователя.

Преподаватель получает допуск для аутентификации в ИС, имеет возможность добавлять новые и просматривать текущие задачи, участвовать в распределении учебной нагрузки.

Администратор получает более широкие полномочия: аутентификация в ИС, добавление новых учетных записей, контроль выполнения срочных задач.

На приведенной функциональной схеме изображена информационная система поддержки образовательного процесса, поделенная на 2 модуля:

Модуль «Администрирование» – предназначен для расширенного управления информационной системой поддержки учебного процесса. Модуль контролирует деятельность пользователей внутри системы и позволяет управлять существующими процессами.

Модуль «Учебная нагрузка» – предназначен для управления системой непосредственно преподавателем. Модуль позволяет управлять поставленными задачами, производит оптимальное распределение учебной нагрузки и рабочего времени ППС.

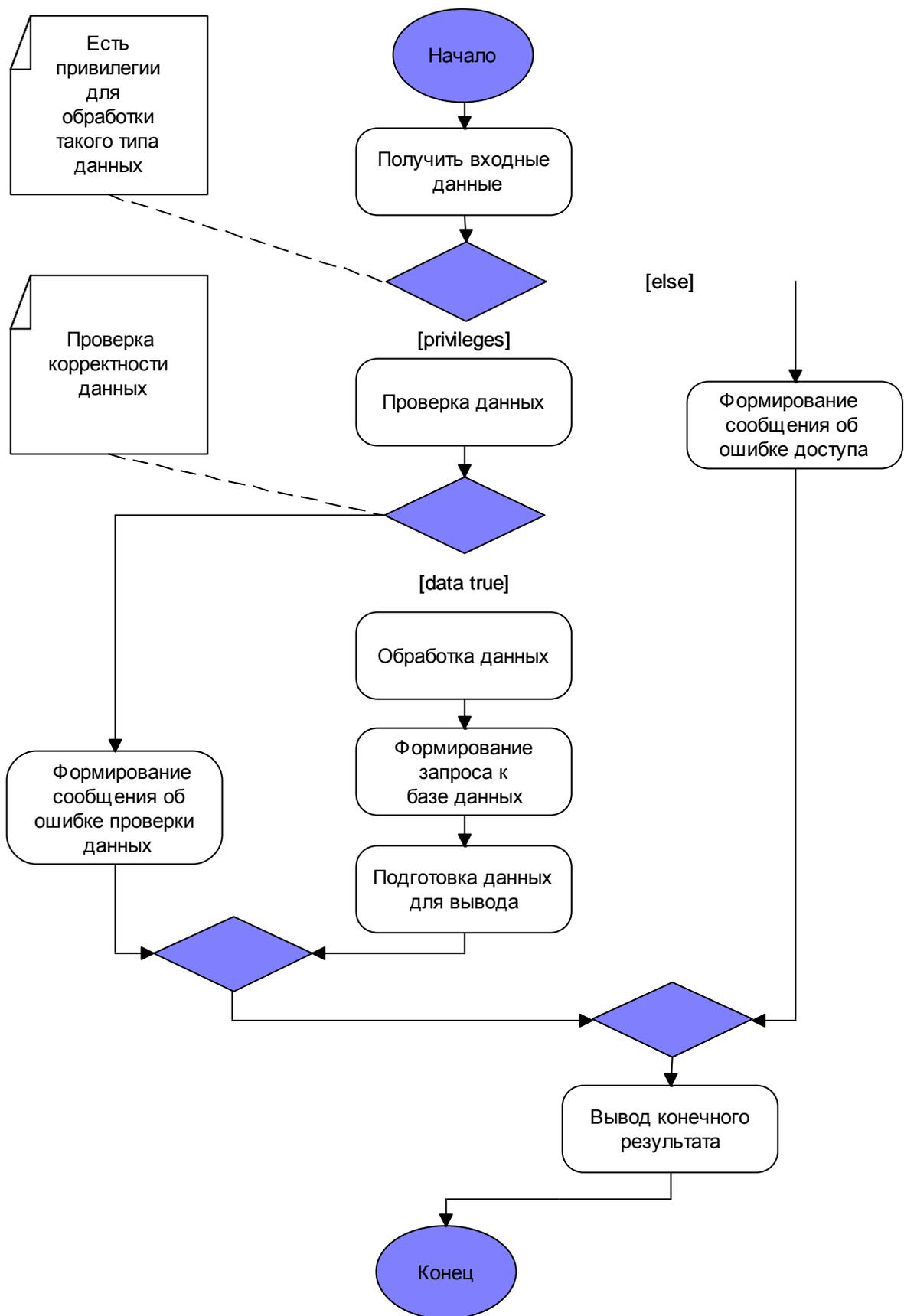


Рисунок 4.7 – Алгоритм обработки данных ИС

Диаграмма вариантов использования приведена на рисунке 4.8.



Рисунок 4.8 – Диаграмма вариантов использования

На основе анализа данной диаграммы было проведено функциональное моделирование проектируемой системы, представленное на рисунке 4.9.



Рисунок 4.9 – Функциональная схема информационной системы

Модуль «Учебная нагрузка», обеспечивает более эффективный подход к организации образовательного процесса.

Компьютерная программа генерации учебной нагрузки автоматизирует процесс распределения учебной нагрузки между ППС кафедры и составление расписания. При этом решаются подзадачи равномерного распределения учебной и других видов нагрузки с последующим сохранением результатов в единой базе данных учебного заведения.

Интерфейс программы содержит меню в виде 4-х вкладок, позволяющих предоставить доступ пользователю к 4 разделам программы: «Списки» – возможность управления списками сотрудников ВУЗа, «Нагрузки» – список дисциплин и часов, которые отводятся на дисциплины, «Расписание» – подпрограмма формирующая на основе введенных данных и коэффициентов учебное расписание и «Замены» – динамическая часть, которая позволяет перестраивать расписание и динамически перераспределять учебную нагрузку.

В разделе «Списки» пользователь вводит информацию, которая выступает входными потоками для раздела составления расписания. Тут же предусмотрены варианты редактирования и печати информации. Входными потоками для справочников выступают: данные о учебных подразделениях ВУЗа, учебных дисциплинах, группах, специальностях, специализациях, типах и параметрах аудиторного фонда, типах и формах проведения занятий.

Раздел «Нагрузки» обрабатывает информацию об учебных планах отдельно для каждой специальности, нагрузках преподавателей, студентов, распределении недельной учебной нагрузки, в границах семестра, распределению нагрузки в пределах учебного подразделения и ВУЗа в целом, формирует общую нагрузку кафедры и преподавателя. Также содержит опции ввода, редактирования и печати.

Раздел «Расписание» выполняет главную функцию программы – формирует учебное расписание на основе алгоритмов, описанных в данной работе. Здесь автоматически генерируются учебные расписания по

аудиториям, группам учащихся, преподавателям (рисунок 4.10).

		Списки	Нагрузки	Расписание	Замены			
Группы		Преподаватели	Аудитории	ВУЗ				
	Понедельник, 30.08.10	Вторник, 31.08.10	Среда, 01.09.10	Четверг, 02.09.10	Пятница 03.09.10			
1	Общ. социология (семинар)	Общ. психология (семинар)	Отеч. история (лекция)	Общ. социология (лекция)	Соц. психология (лекция)			
2	Отеч. история (лекция)	Соц. психология (лекция)	Соц. психология (семинар)	Философия (семинар)	Общ. психология (лекция)			
3	Отеч. история (семинар)	Общ. социология (лекция)	Общ. психология (лекция)	Философия (лекция)	Философия (лекция)			
	Группа (поток)	Пар всего	Пар в неделю	Дисциплина	Преподаватель	Вид занятия	Аудитория	Спаривание
1	0213м	10/0	1/1	Отеч. история	Хрунов А.П.	Семинар	–	Нет
2	0213м	26/2	2/2	Общ. психология	Зеленов И.М.	Лекция	–	Нет
3	0213м	11/1	1/1	Философия	Потапов А.И.	Семинар	–	Нет
4	0213м	10/1	1/1	Соц. психология	Зеленов И.М.	Семинар	–	Нет
5	0213м	19/1	2/2	Соц. психология	Зеленов И.М.	Лекция	–	Нет
6	0213м	22/1	2/2	Отеч. история	Хрунов А.П.	Лекция	–	Нет
7	0213м	19/1	2/2	Общ. социология	Нещерет С.М.	Лекция	–	Нет
8	0213м	9/0	1/1	Общ. социология	Нещерет С.М.	Семинар	–	Нет
9	0213м	13/0	1/1	Общ. психология	Зеленов И.М.	Семинар	–	Нет
10	0701, 0213м	15/2	2/2	Философия	Потапов А.И.	Лекция	–	Нет

Рисунок 4.10 – Вид интерфейса программы. Раздел расписание

Раздел «Замены» позволяет динамически оперировать учебными заменами, как преподавательского состава, так и аудиторным фондом в случае проведения собраний, конференций внеплановых ремонтов и т.д. без нарушения расписания.

Программа работает в автоматическом, ручном и комбинированном режимах. Допускается переключение между режимами работы на любом из этапов формирования расписания.

Автоматический режим рассчитан на возможность учета различных требований по распределению учебной нагрузки. Ручной режим, используется в основном для заполнения словарей и имеет функцию подсказок. Сгенерированное расписание может сохраняться в различных текстовых и табличных форматах.

Выводы по главе 4

Был разработан алгоритм, контролирующий равномерное распределение аудиторной нагрузки. Была реализована информационная система оптимизации распределения учебной работы преподавателей вуза. Создана общая база для мониторинга качества преподавания и определения рейтинга преподавателей и кафедр по выполнению учебной нагрузки в системе вуза.

В изложенной главе отмечается, что запрограммирован наглядный проект с доступной работой функциональной части. Все основные вводные данные и диаграммы деятельности выводятся на экран с возможностью их корректировки лицам, имеющих к модулю доступ.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) были получены следующие результаты:

Спроектированная система обеспечивает хранение информации в реляционной базе данных в удобной для ее обработки форме и отображает данные по факультетам, кафедрам, учебным планам, преподавателям, нагрузке на экране монитора. Позволяет получать необходимую пользователю информацию в виде выходных документов в полном объеме и в любой момент времени, выходные данные, получаемые в результате функционирования системы, должны быть верными и непротиворечивыми.

Информационная система разрабатывается для ВУЗа. Она позволяет хранить большое количество сведений в одной базе данных, экономит рабочее время за счет автоматизации трудоемких процессов. Таким образом, разработанный проект информационной системы позволяет полностью автоматизировать документооборот, тем самым облегчить процесс заполнения документов, а значит, снизить количество ошибок, а также снизить затраты на обработку информации.

В данной исследовательской работе была предложена модель формирования учебной нагрузки ВУЗа с последующим распределением ее по кафедрам университета, с учетом существующих в образовательной организации требований и ограничений, основанной на представлении образовательных программ в качестве объекта с объемом ресурсов, требующих оптимального распределения среди его участников. Был представлен алгоритм и описан процесс поиска оптимального формирования и последующего распределения нагрузки университета по кафедрам с учетом всех принятых в образовательной организации ограничений и требований. Процесс сориентирован на достижение максимального показателя взвешенной оценки распределения учебной нагрузки по кафедрам университета. Предложенная в данной исследовательской работе модель основана на формировании учебной нагрузки университета за счет

упорядочивания образовательных программ по мере убывания их весовых коэффициентов, в соответствии с количеством студентов, обучающихся по этим образовательным программам, с последовательным закреплением за каждой кафедрой максимально возможного объема учебной нагрузки.

В алгоритме предложенной модели заложена оптимизация каждого этапа формирования с последующим закреплением за кафедрой часов нагрузки. Модель дает возможность модернизировать и оптимизировать процесс формирования часов при ограничениях, принятых в образовательном учреждении высшего образования и отраженных в начальных условиях модели.

Все поставленные задачи выпускной квалификационной работы (ВКР) выполнены.

Список используемой литературы

1. Абухания А.Ю. Модели, алгоритмы и программные средства обработки информации и принятия решений при составлении расписаний занятий на основе эволюционных методов: Дис. канд. техн. наук: 05.13.01 / Абухания Амер Юсеф – Новочеркасск, 2016. – 231 с.
2. Аль-Габри В.М., Обзор литературных источников по теме «Автоматизация составления расписания занятий и экзаменов в высших учебных заведениях»// Вестник Донского государственного технического университета 2017, №1(88), с. 132-143.
3. Бабкин В.Ф., Баркалов С.А., Щепкин А.В. Деловые имитационные игры в организации и управлении // Учеб. пособие. Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т.- Воронеж, 2001.-207с.
4. Варламова С.А., Белобородова Е.В., Затонский А.В. Принятие решений при распределении учебной нагрузки // Фундаментальные исследования. 2008. №9. С. 22-31.
5. Виноградов, Г.П. Распределение нагрузки между преподавателями кафедры / Г.П. Виноградов // ВестникТГТУ.2002. №1(1). С.53–59.
6. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 годы [электронный ресурс]. URL: <http://минобрнауки.рф> (дата обращения 24.04.2020).
7. Гранков М.В., Аль-Габри В.М., Горлова М.Ю., Анализ и кластеризация основных факторов, влияющих на успеваемость учебных групп вуза// Инженерный вестник Дона, 2016, № 4, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3775.
8. Гранков М.В., Аль-Габри В.М., Регрессионная модель успеваемости студенческих групп вуза// Инженерный вестник Дона, 2017, № 1, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4058.

9. Григораш О.В. Комплексный подход к совершенствованию системы высшего профессионального образования // Высшее образование сегодня. 2014. №5. С. 34-39.
10. Григораш О.В. Методика планирования учебной нагрузки с учётом результатов работы преподавателей // Научный журнал КубГАУ. 2013. №92. С.1333-1347.
11. Гусев В.В. Система моделей и методов рационального планирования и организации учебного процесса в вузе / В.В. Гусев, Н.Я. Краснер [и др]. Воронеж:ВГУ,1984, 152 с.
12. Жигарь О.В. К вопросу о процессе разработки решений в органах управления // Вестник ЧелГУ. 2013. №3 (294). С.26-30.
13. Заботина Н.Н. Проектирование информационных систем / Н.Н. Заботина. - М.: Инфра-М, 2016. - 336с.
14. Затонский А.В. Информационные технологии. Разработка информационных моделей и систем. Учебное пособие / А.В. Затонский. - М.: РИОР, Инфра-М, 2014. 344с.
15. Захарова И.Г. Информационные технологии обучения и развития учебных навыков // Открытое образование.- 2002.- № 1.- С.24-31.
16. Коргин, Н.А. Механизмы обмена как основа распределения научной и учебной нагрузок преподавателей / Н.А. Коргин // Управление большими системами. Вып. 12–13. М. : ИПУ РАН, 2006. С.90–108.
17. Лаборатория ММИС. Программный комплекс «Планы». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mmis.ru/programs/planu>
18. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: учеб. /О.И. Ларичев. М.: Логос, 2000. 296 с.
19. Лоран, П.Ж. Аппроксимация и оптимизация / П.Ж. Лоран [под ред. Г.Ш. Рубинштейна, Н.Н. Яненко]. М.: Мир,1975. 496 с.
20. Милевская М.М. Комплексная оценка результативности преподавательского // Вестник БГЭУ. 2013. С.199-203.

21. Михалкина Е., Скачкова Л., Гапоненко Н. Нормирование труда в высших учебных заведениях: анализ норм труда профессорско-преподавательского состава [электронный ресурс]. URL: <http://lmart.sfedu.ru/index.php/issledovanie-i-ekspertiza-rynka-ruda/publikatsiisotrudnikov/33-ffgfh> (дата обращения 24.04.2020).

22. Письмо Министерства образования и науки Российской Федерации от 26 июня 2003 г. № 4-55-784 ин/15 и приложение к нему: «Примерные нормы времени для расчета объема учебной работы и основные виды учебно-методической, научно-исследовательской и других работ, выполняемых профессорско-преподавательским составом в образовательных учреждениях высшего и дополнительного профессионального образования» [электронный ресурс]. URL: <http://минобрнауки.рф> (дата обращения 24.04.2020).

23. Подригало Н.М. Автоматизация процесса распределения и учета учебной нагрузки преподавателя // Вестник ХНАДУ. 2009. №45. С. 19-21.

24. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 декабря 2014 г. № 1601 г. Москва «О продолжительности рабочего времени (нормах часов педагогической работы за ставку заработной платы) педагогических работников и о порядке определения учебной нагрузки педагогических работников, оговариваемой в трудовом договоре», дата подписания: 22.12.2014 г., дата публикации: 11.03.2015 г., зарегистрирован в Минюсте РФ 25 февраля 2015 г., регистрационный N 36204 [электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2015/03/11/chasy-dok.html> (дата обращения 24.04.2020).

25. Райчук Д. Ю. Аудиторная нагрузка ППС в свете мирового опыта // Высшее образование в России. 2016. № 1. С. 105–112.

26. Якунин, Ю.Ю. Модель распределения ресурсов в вузе / Ю.Ю. Якунин, М.А. Воловик; Информатика и системы управления: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 10, НИИ ИПУ, Красноярск, 2004. - С. 101-104.

27. Якунин Ю.Ю. Распределение ресурсов с учетом ограничений средней нагрузки преподавателей на кафедрах / Ю.Ю. Якунин, М.А. Воловик; Информатика и системы управления: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 10, НИИ ИПУ, Красноярск, 2004. - С. 124-132.

28. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area // European Association for Quality Assurance in Higher Education. Helsinki, Finland, 2005, 41p.

29. Principles of Good BPM, 2014 г., Jan vom Brocke, Theresa Schmiedel, Jan Recker, Peter Trkman, Willem Mertens, Stijn Viaene, URL: <http://www.researchgate.net/publication/266534269>.

30. Enhancing effectiveness of e-learning framework using UML modeling and Self Regulation: A Case Study, 2007 г., Natarajan Vivekananthamoorthy, URL: <http://www.researchgate.net/publication/234114853>.

31. Towards Multi-Perspective Modeling with BPMN, 2015 г., Richard Braun, Werner Esswein, URL: <https://www.researchgate.net/publication/274697790>.

32. Using the Business Process Model and Notation for Modeling Enterprise Integration Patterns, 2014 г., Daniel Ritter, URL: <https://www.researchgate.net/publication/260873267>.