

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ В ВУЗЕ

В статье приводится описание автоматизированного формирования оптимального расписания учебных занятий в вузе. Формирование расписания осуществляют в два этапа: на первом этапе в автоматизированном режиме формируется обезличенное расписание учебных занятий с использованием генетического алгоритма; на втором этапе, с целью оптимизации труда преподавателей и учета их педагогического опыта, в обезличенном расписании расставляют наименование дисциплин и видов занятий с учетом пожеланий преподавателей.

Завершающим этапом планирования учебного процесса в вузе является составление расписания учебных занятий. Расписание будет оптимальным и качественным, если оно полностью реализует возможности структурно-логических схем дисциплин, позволяющих оптимизировать содержание учебных дисциплин и их взаимосвязь во времени изучения, удовлетворяет выделенным требованиям к расписанию и учитывает уникальный педагогический и методический опыт преподавателей. Если при составлении расписания учебных занятий не учтены в полном объеме межпредметные связи или не выполнены какие-либо требования, то качество планирования учебного процесса снижается, что существенно сказывается на качестве подготовки специалистов.

Расписание учебных занятий – это документ, регламентирующий работу студентов, преподавателей, всего учебного заведения, распределяющий содержание учебного плана и рабочих программ по календарным дням учебного года и обеспечивающий их реализацию. Расписание учебных занятий должно удовлетворять педагогическим требованиям, основанным на принципах аналитической дидактики и кибернетической аналогии. Оптимально составленное расписание учебных занятий не должно изменяться в течение семестра или учебного цикла, чтобы не нарушить учтенные в расписании межпредметные связи и выполненные требования.

Планирование ритмичности занятий и порядок следования видов занятий по дисциплине в учебном процессе необходимо рассматривать с позиции обучаемого и его психофизиологических особенностей и строить их так, чтобы практические занятия проводились после лекций, а лабораторные занятия – после практических упражнений, что повысит эффективность использования учебного времени, отводимого государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования на изучение отдельных дисциплин.

Составить оптимальное расписание, удовлетворяющее всем дидактическим требованиям, позволяющим реализовать все возможности структурно-логических схем и обеспечивающим методически правильное планирование учебной работы на семестр студентам и преподавателям, с использованием известных алгоритмов и подходов очень сложно, так как необходимо учесть много ограничивающих факторов: число учебных аудиторий и их структуру, число лекторов, пропускную способность учебных аудиторий и их особенности, требования, обеспечивающие качество, и выполнить большое количество заявок преподавателей по планированию их рабочего дня.

Поэтому основной задачей при составлении расписания является планирование и обеспечение методически правильного процесса изучения всех учебных дисциплин учебного плана: их взаимосвязи, правильной последовательности и чередования всех форм учебной работы по дисциплинам на основе учета психофизиологических возможностей обучающихся по восприятию и переработке учебной информации.

Исходными документами для формирования расписания учебных занятий в вузе служат: структурно-логические схемы курсов, специальности, сетки часов по курсам и специальностям, аудиторный фонд кафедр и вуза, штатное расписание профессорско-преподавательского состава кафедр, условное обозначение специальностей в расписании учебных занятий и перечень требований, предъявляемых к расписанию. Требования, предъявляемые к расписанию учебных занятий, можно разделить на три вида: методические, организационные и требования по обеспечению самостоятельной работы студентов /1/. Они охватывают в основном все стороны учебного процесса. Некоторые из них являются безусловными, без которых учебный процесс не может нормально функционировать, другие требования определяют в той или иной мере качество учебного процесса и качество процесса передачи информации, третьи

частично влияют на это качество. Поэтому каждый вид требований можно разделить по степени влияния на качество планирования учебных занятий на группы: главные, первостепенные и второстепенные.

Главные методические требования к расписанию учебных занятий предусматривают следующее:

а) обеспечение последовательности проведения учебных занятий в соответствии со структурно-логическими схемами дисциплин и специальности.

Первостепенные методические требования к расписанию учебных занятий предусматривают следующее:

а) равномерность учебной нагрузки студентов по неделям семестра;

б) планирование лекций только на первые часы занятий (первые и вторые пары в расписании учебных занятий);

в) планирование на рабочий день не более четырех и не менее двух пар аудиторных учебных занятий;

г) чередование в рамках одного рабочего дня проведения лекций из разных циклов дисциплин учебного плана;

д) планирование занятий, требующих большого физического или нервного напряжения, на последние пары расписания учебных занятий;

е) планирование лекций, сопровождаемых использованием технических средств, в специализированных аудиториях;

ж) соблюдение временного интервала между лекциями, практическими и лабораторными занятиями по той же теме дисциплины;

Второстепенные методические требования к расписанию учебных занятий предусматривают следующее:

а) отсутствие повторений видов занятий по одной дисциплине в один день;

б) планирование занятий по сложным дисциплинам на дни в середине недели.

в) планирование занятий ведущим лекторам в первые дни недели;

Главные организационные требования к расписанию учебных занятий предусматривают:

а) включение в расписание всех видов занятий сеток часов или календарного плана;

б) обеспечение всех видов занятий соответствующими учебными помещениями;

в) исключение из расписания накладок в проведении занятий, когда одновременно планируются разные виды занятий одному преподавателю или занятия разных групп в одной аудитории.

Первостепенные организационные требования к расписанию учебных занятий предусматривают:

а) полную реализацию плана распределения дисциплин в сетках часов по преподавателям;

б) отсутствие незапланированных «окон» в расписании учебных занятий для студентов;

в) учет занятости преподавателя на административной работе, на других факультетах или различных вузовских курсах;

г) распределение лекций по времени в рамках рабочего дня по одному и тому же предмету, это необходимо для того, чтобы обеспечить взаимозаменяемость лекторов на случай отсутствия одного из них;

д) обеспечение соответствия числа студентов и числа посадочных мест в аудитории, не допуская перегруженности или недогруженности аудиторий.

Второстепенные организационные требования к расписанию учебных занятий предусматривают:

а) планирование занятий в определенное время и дни недели для преподавателей-совместителей (учет индивидуальных пожеланий преподавателей-совместителей);

б) минимизацию числа переходов и пути переходов студентов из одной аудитории в другую в течение учебного дня (за исключением случаев, когда занятия проводятся в специализированных аудиториях);

в) первоочередное планирование занятий в закрепленных за кафедрами и факультетами помещениях для студентов специальностей этих факультетов.

Главные требования по обеспечению самостоятельной работы студентов предусматривают:

а) планирование не более двух практических занятий в день;

б) распределение лекций по одному и тому же предмету во времени с одинаковой периодичностью.

Первостепенные требования по обеспечению самостоятельной работы студентов предусматривают:

а) обеспечение временных интервалов между лекциями и практическими занятиями по одной и той же дисциплине;

б) равномерное распределение в течение недели сложных и трудоемких видов учебной работы;

в) распределение зачетов или защиты индивидуальных заданий в рамках контрольного времени;

г) планирование видов контроля на различные дни недели, кроме понедельника и субботы.

Второстепенные требования по обеспечению самостоятельной работы студентов предусматривают:

а) равномерную загрузку студентов аудиторной работой по дням недели;

б) выделение свободного дня (субботы) для выполнения индивидуальных заданий.

Так как эффективность и качество учебного процесса во многом определяются качеством расписания учебных занятий, формирование расписания целесообразно осуществлять в автоматизированном режиме с использованием ЭВМ. Это в значительной степени облегчит работу по составлению расписания и повысит его качество. Для этого необходимо формализовать перечисленные требования и реализовать их в соответствии с разработанными алгоритмами формирования расписания.

Для оценки входной информации на начальном этапе составления расписания осуществляется сравнение потребного количества аудиторий, определенного в автоматизированном режиме по учебным планам специальностей вуза, с существующим фондом учебных аудиторий вуза:

а) если потребность расписания в аудиториях меньше существующего аудиторного фонда, то расписание составляется на одну смену (линейное расписание);

б) если потребность расписания в аудиториях превышает существующий фонд аудиторий, то расписание составляется на две, три смены (ступенчатое расписание).

Для автоматизированного составления расписания учебных занятий разработаны алгоритм и программа, позволяющие автоматически распределять все часы учебных занятий с учетом вышеприведенных требований, и формировать расписание учебных занятий в вузе. Алгоритм состоит из двух подалгоритмов /2/:

а) алгоритма составления обезличенного расписания.

Блок-схема алгоритма составления обезличенного расписания учебных занятий (рисунок 1) включает:

1) ввод исходных данных, содержащих:

- аудиторный фонд кафедры;
- аудиторный фонд университета (факультета);
- сетки часов по курсам специальностей;
- сводные данные для планирования и загрузки аудиторий занятиями (по семестрам);

2) определение вида расписания учебных занятий. Исходя из соотношения потребного количества аудиторий для проведения занятий по учебному плану специальности ($A_{\text{потр}}$) и наличия со-

ответствующего количества учебных помещений ($A_{\text{нал}}$), выделяют:

– при $A_{\text{потр}} \leq A_{\text{нал}}$ – линейное расписание учебных занятий по специальности (начала учебных занятий по всем дням недели одинаковы);

– при $A_{\text{потр}} > A_{\text{нал}}$ – ступенчатое расписание (начала учебных занятий по дням недели ступенчатые);

3) определение длительности рабочей недели по верхней (нечетной) неделе и по нижней (четной) неделе, исходя из:

- ежедневных учебных занятий по две пары;
- ежедневных учебных занятий по три пары;
- ежедневных учебных занятий по четыре пары;

4) выбор длительности рабочей недели, при условии выполнения следующих требований:

- равномерности учебной нагрузки студентов по неделям семестра;
- равномерности загрузки студентов аудиторной работой по дням недели;
- выделения свободного дня для студентов 3–5 курсов (как правило, субботы) для выполнения индивидуальных заданий.

5) расстановка видов занятий в расписании учебных занятий по нижеприведенному приоритету расстановки видов занятий дисциплин с указанием номеров аудиторий, в которых планируют учебные занятия:

- шести-часовые занятия;
- поточные учебные занятия (при выполнении первостепенного методического требования, пункт б);
- занятия по курсам (физвоспитание) (при выполнении первостепенного методического требования, пункт д);
- лекционные занятия по профилирующим дисциплинам учебного плана;
- занятия четырех-часовые (без деления на подгруппы);
- лекционные занятия;
- занятия с делением групп на 2–4 подгруппы (ин. язык, начертательная геометрия, дизайн и т.д.) с параллельным ведением занятий;
- практические и семинарские двух-часовые занятия;
- лабораторные 4-х часовые занятия (с делением на подгруппы);
- лабораторные 2-х часовые занятия (с делением на подгруппы).

При расстановке видов занятий учитывают выполнение следующих требований:

- планирование в рабочий день не более четырех и не менее двух пар аудиторных занятий студентам;

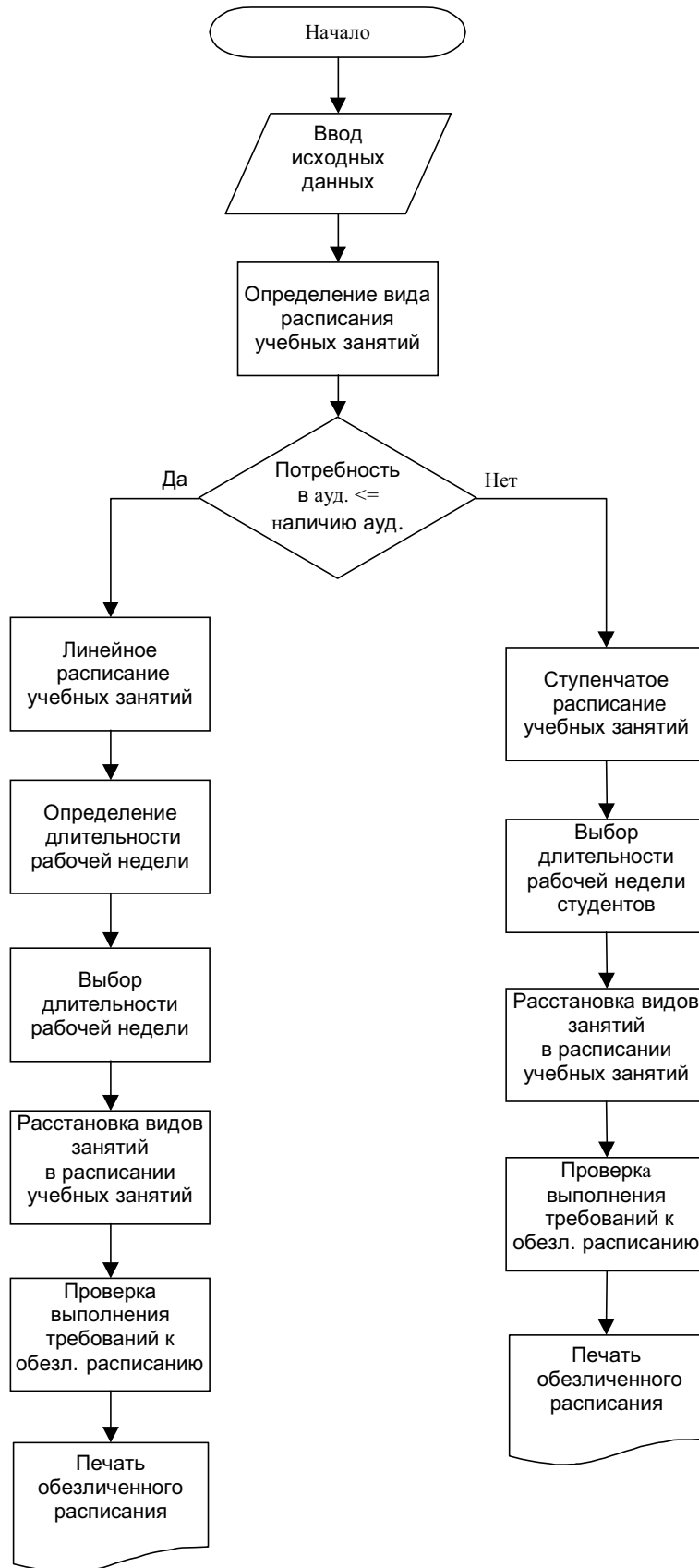


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма составления обезличенного расписания учебных занятий.

- включение в расписание всех видов занятий сеток часов;
- обеспечение всех видов занятий учебными помещениями;
- отсутствие незапланированных «окон» в расписании учебных занятий;
- планирование не более двух практических занятий в день.

б) алгоритма-диспетчера осуществления расстановки видов занятий в обезличенном расписании по соответствующему нижеприведенному приоритету с указанием наименования дисциплин, фамилии преподавателя, номеров аудиторий (рисунок 2).

Приоритетное право на расстановку своих учебных занятий преподавателям, ведущим учебные занятия, устанавливается в зависимости от занимаемой должности и основных их функциональных обязанностей, например:

- а) ректор, проректоры;
- б) начальники управлений;
- в) помощники ректора, проректора;
- г) директора центров;
- д) заместители начальников управлений;
- е) начальники отделов;
- ж) деканы факультетов;
- з) заведующие кафедрами;
- и) заместители деканов;
- к) профессора кафедр;
- л) ведущие преподаватели;
- м) преподаватели выпускающих кафедр;
- н) преподаватели других кафедр факультета;
- о) преподаватели кафедр других факультетов, участвующих в подготовке специалистов.

Пожелания преподавателей по расстановке видов проводимых ими занятий учитывают при заполнении информацией обезличенного расписания учебных занятий (рисунок 2), что позволяет использовать уникальный индивидуальный педагогический и методический опыт преподавателей в планировании учебного процесса, оптимально организовать их рабочее время и повысить эффективность обучения студентов. Общая блок-схема алгоритма составления расписания учебных занятий в вузе представлена на рисунке 3. Алгоритм позволяет составить наилучший вариант расписания учебных занятий с учетом всех указанных выше требований к расписанию учебных занятий. Если в ежедневном расписании учебных занятий каждой учебной группы на каждой неделе выполняются все вышеперечисленные требования, то расписание будет оптимальным. Чтобы не снизить качество подготовки специалистов за счет сниже-

ния качества расписания, главные требования при формировании расписания снимаются с исполнения в исключительных случаях.

Математической основой процесса оптимизации качества расписания учебных занятий является генетический алгоритм. Генетические алгоритмы представляют собой математические методы, основанные на концепциях естественного отбора и генетики. В этом инструментарии переменные представлены как гены на хромосоме. Генетические алгоритмы в процессе функционирования показывают группу вариантов решения (популяции) на поверхности ответа. Через естественный отбор и генетические операторы, мутацию и рекомбинацию, отбираются хромосомы с лучшей пригодностью. Естественный отбор гарантирует, что хромосомы с лучшей пригодностью будут размножаться в будущих популяциях. Используя оператор рекомбинации, генетический алгоритм объединяет гены родительских хромосом, чтобы сформировать новые хромосомы, которые имеют высокую вероятность наличия лучшей пригодности, чем у их родителей. Мутация позволяет исследовать новые области заданной поверхности.

Базовые принципы генетических алгоритмов были впервые описаны в /3/ и с тех пор успешно используются для решения комбинаторных задач, для которых нет специфических алгоритмов решения. К такому классу задач относится задача составления оптимального расписания, в частности задача составления оптимального расписания учебных занятий для университета /4/.

При разработке решения этой задачи методом генетических алгоритмов наиболее сложным этапом явилось создание математической модели объекта и формализация требований, предъявляемых к нему, а также выбор оператора рекомбинации – кроссовера (скрещивания) мутаций и задание функции приспособляемости или Fitness-функции (целевой функции оптимизации).

Каждый индивид популяции решений в этом случае является расписанием. Наиболее приемлемым представлением такого решения является 3- или 4-мерная матрица, где по осям i, j, k откладываются соответственно число учебных групп (подгрупп), номера пар и аудиторий. Элементом матрицы является «1» – если в данный момент времени у данной учебной группы в данной аудитории имеется занятие, и «0» – в противоположном случае.

На основе данной модели был разработан особый алгоритм кроссовера, позволяющий расписаниям-потомкам наследовать преимущественно лучшие качества расписаний-предков /5/.

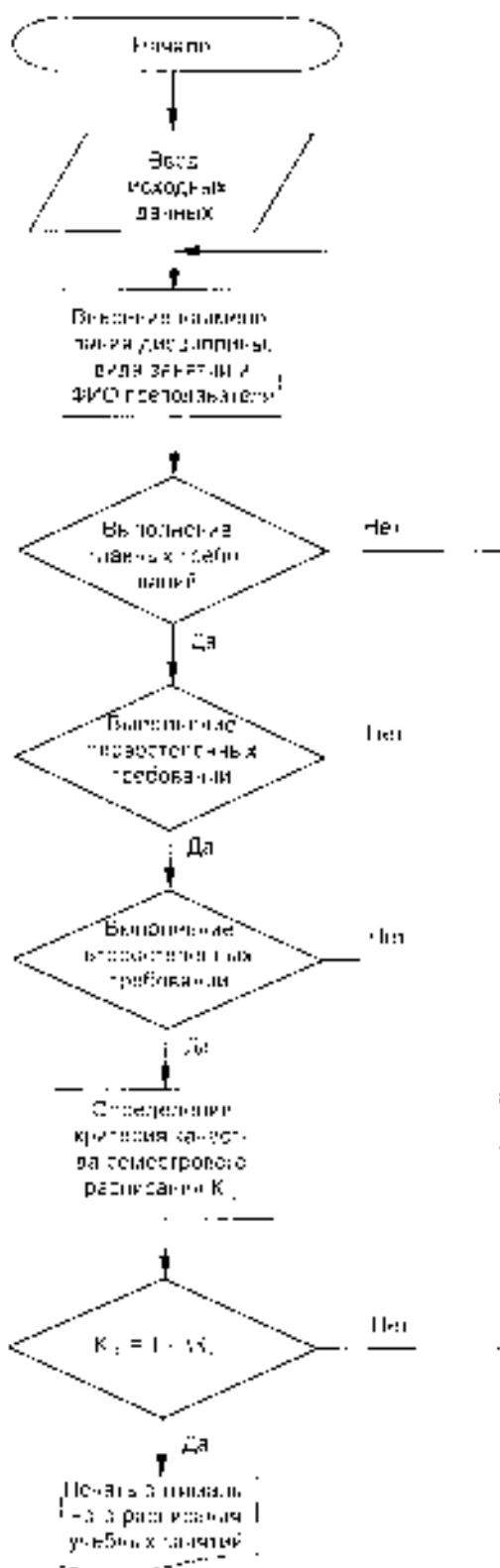


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма-диспетчера составления расписания учебных занятий.

В качестве критерия оптимальности (в данном случае Fitness-функции) выбран аддитивный критерий оптимальности /6/

$$F(x) = \sum_{i=1}^n c_i \cdot f_i(x),$$

где c_i – весовой коэффициент i -го частного критерия;

$f_i(x)$ – нормированное значение i -го частного критерия.

Аддитивный критерий оптимального качества расписания учебных занятий в вузе предлагается определять по выражению:

$$K_{yp} = \frac{1}{c_M + c_O + c_C} (c_M \cdot K_{yp,M} + c_O \cdot K_{yp,O} + c_C \cdot K_{yp,C}),$$

где $K_{yp,M}$, $K_{yp,O}$, $K_{yp,C}$ – коэффициенты качества расписания учебных занятий при выполнении методических, организационных и обеспечивающих самостоятельную работу требований;

c_M , c_O , c_C – весовые коэффициенты методических, организационных требований и требований, обеспечивающих самостоятельную работу студентов.

Коэффициенты качества расписания учебных занятий определяют по выражениям:

$$K_{yp,M} = \frac{1}{N_M^\Gamma + N_M^\Pi + N_M^B} \cdot \left(\sum_{i=1}^{N_M^\Gamma} c_{Mi}^\Gamma \cdot K_{yp,Mi}^\Gamma + \sum_{i=1}^{N_M^\Pi} c_{Mi}^\Pi \cdot K_{yp,Mi}^\Pi + \sum_{i=1}^{N_M^B} c_{Mi}^B \cdot K_{yp,Mi}^B \right);$$

$$K_{yp,O} = \frac{1}{N_O^\Gamma + N_O^\Pi + N_O^B} \cdot$$

$$\left(\sum_{i=1}^{N_O^\Gamma} c_{Oi}^\Gamma \cdot K_{yp,Oi}^\Gamma + \sum_{i=1}^{N_O^\Pi} c_{Oi}^\Pi \cdot K_{yp,Oi}^\Pi + \sum_{i=1}^{N_O^B} c_{Oi}^B \cdot K_{yp,Oi}^B \right);$$

$$K_{yp,C} = \frac{1}{N_C^\Gamma + N_C^\Pi + N_C^B} \cdot$$

$$\left(\sum_{i=1}^{N_C^\Gamma} c_{Ci}^\Gamma \cdot K_{yp,Ci}^\Gamma + \sum_{i=1}^{N_C^\Pi} c_{Ci}^\Pi \cdot K_{yp,Ci}^\Pi + \sum_{i=1}^{N_C^B} c_{Ci}^B \cdot K_{yp,Ci}^B \right),$$

где c_{Mi}^Γ , c_{Mi}^Π , c_{Mi}^B , c_{Oi}^Γ , c_{Oi}^Π , c_{Oi}^B , c_{Ci}^Γ , c_{Ci}^Π , c_{Ci}^B – весовые коэффициенты главных, первостепенных и второстепенных требований, соответствующих видов требований; величины весовых коэффициентов устанавливают с использованием метода ранжирования такими, чтобы выполнялись следующие условия:

$$\sum_{i=1}^{N_M^\Gamma} c_{Mi}^\Gamma = N_M^\Gamma; \quad \sum_{i=1}^{N_M^\Pi} c_{Mi}^\Pi = N_M^\Pi; \quad \sum_{i=1}^{N_M^B} c_{Mi}^B = N_M^B;$$

$$\sum_{i=1}^{N_O^\Gamma} c_{Oi}^\Gamma = N_O^\Gamma; \quad \sum_{i=1}^{N_O^\Pi} c_{Oi}^\Pi = N_O^\Pi; \quad \sum_{i=1}^{N_O^B} c_{Oi}^B = N_O^B;$$

$$\sum_{i=1}^{N_C^\Gamma} c_{Ci}^\Gamma = N_C^\Gamma; \quad \sum_{i=1}^{N_C^\Pi} c_{Ci}^\Pi = N_C^\Pi; \quad \sum_{i=1}^{N_C^B} c_{Ci}^B = N_C^B;$$

$$K_{yp,Mi}^\Gamma, K_{yp,Mi}^\Pi, K_{yp,Mi}^B, K_{yp,Oi}^\Gamma, K_{yp,Oi}^\Pi, K_{yp,Oi}^B, K_{yp,Ci}^\Gamma, K_{yp,Ci}^\Pi, K_{yp,Ci}^B$$

– коэффициенты выполнения i -го требования соответствующих видов и групп требований;

N_M^Γ ; N_M^Π ; N_M^B ; N_O^Γ ; N_O^Π ; N_O^B ; N_C^Γ ; N_C^Π ; N_C^B – число главных, первостепенных и второстепенных требований соответствующих видов требований.

В свою очередь коэффициенты выполнения главных, первостепенных и второстепенных требований соответствующих видов требований определяют по выражениям:

$$K_{yp,Mi}^\Gamma = \frac{T_{пт,Mi}^\Gamma - T_{нп,Mi}^\Gamma}{T_{пт,Mi}^\Gamma}; \quad K_{yp,Mi}^\Pi = \frac{T_{пт,Mi}^\Pi - T_{нп,Mi}^\Pi}{T_{пт,Mi}^\Pi};$$

$$K_{yp,Mi}^B = \frac{T_{пт,Mi}^B - T_{нп,Mi}^B}{T_{пт,Mi}^B};$$

$$K_{yp,Oi}^\Gamma = \frac{T_{пт,Oi}^\Gamma - T_{нп,Oi}^\Gamma}{T_{пт,Oi}^\Gamma}; \quad K_{yp,Oi}^\Pi = \frac{T_{пт,Oi}^\Pi - T_{нп,Oi}^\Pi}{T_{пт,Oi}^\Pi};$$

$$K_{yp,Oi}^B = \frac{T_{пт,Oi}^B - T_{нп,Oi}^B}{T_{пт,Oi}^B};$$

$$K_{yp,Ci}^\Gamma = \frac{T_{пт,Ci}^\Gamma - T_{нп,Ci}^\Gamma}{T_{пт,Ci}^\Gamma}; \quad K_{yp,Ci}^\Pi = \frac{T_{пт,Ci}^\Pi - T_{нп,Ci}^\Pi}{T_{пт,Ci}^\Pi};$$

$$K_{yp,Ci}^B = \frac{T_{пт,Ci}^B - T_{нп,Ci}^B}{T_{пт,Ci}^B};$$

где

$T_{пт,Mi}^\Gamma$, $T_{пт,Mi}^\Pi$, $T_{пт,Mi}^B$, $T_{пт,Oi}^\Gamma$, $T_{пт,Oi}^\Pi$, $T_{пт,Oi}^B$, $T_{пт,Ci}^\Gamma$, $T_{пт,Ci}^\Pi$, $T_{пт,Ci}^B$ – i -тое плановое требование соответствующих видов и групп требований;

$T_{нп,Mi}^\Gamma$, $T_{нп,Mi}^\Pi$, $T_{нп,Mi}^B$, $T_{нп,Oi}^\Gamma$, $T_{нп,Oi}^\Pi$, $T_{нп,Oi}^B$, $T_{нп,Ci}^\Gamma$, $T_{нп,Ci}^\Pi$, $T_{нп,Ci}^B$ – i -тое невыполненное требование соответствующих видов и групп требований.

Расписание учебных занятий считают сформированным, если аддитивный критерий оптимальности качества расписания учебных занятий в результате функционирования приведенных алгоритмов (см. рисунок 2) будет равен:

$$K_{yp} = 1 - \Delta K_{yp},$$

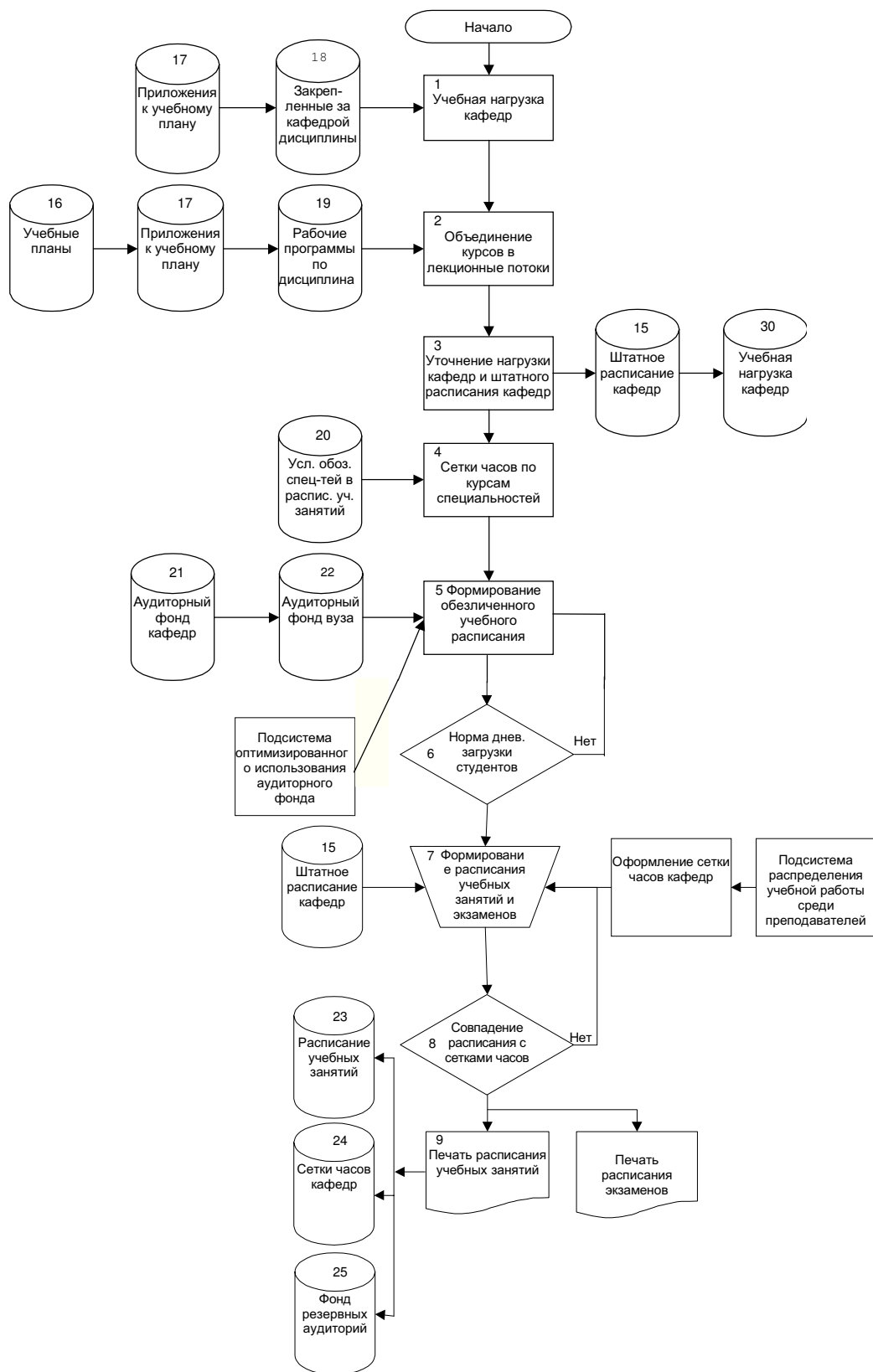


Рисунок 3. Блок-схема формирования расписания учебных занятий для студентов.

где $\Delta K_{ур}$ – доверительный интервал критерия оптимального качества расписания.

В процессе исследования скорости сходимости последовательности расписаний к оптимальному решению возникла необходимость создания алгоритмов улучшения, то есть таких эвристических алгоритмов, которые, воздействуя на матрицу расписаний, в любом случае улучшали качество решения. Внедрение данных алгоритмов в генетические явилось основой для создания программы составления расписания учебных занятий в вузе. Проект был реализован в среде программирования Delphi 5.0. Программа позволяет составлять расписание

учебных занятий на семестр по стандартной неделе или разделением на четные (нижние) и нечетные (верхние) недели одновременно по нескольким специальностям на курсе. При этом допускается планирование до 1000 учебных групп, объединенных в потоки в любых вариациях.

Предлагаемая методика формирования расписания учебных занятий в вузе позволяет спланировать расписание учебных занятий с заданным показателем оптимального качества расписания и оптимального с позиции планирования труда преподавателей и использования их уникального педагогического и методического опыта.

Список использованной литературы:

- 1 Молибог А.Г., Медведский М.В., Неверов Г.С. Методика составления расписания занятий на ЦВМ. МВИРТУ, 1972.
- 2 Ерунов В.П. Некоторые вопросы формирования автоматизированной системы управления учебным процессом // Технологии образовательного процесса: тез. докл. Межвузовской научн.-метод. конф., г. Оренбург, ОГУ, 1997. – с. 111.
- 3 Holland J/H/ Adaptation in Natural and Artificial Systems. Mit Press, 1975.
- 4 Burke E.K., Elliman D.G. and Weare R.F. (1993 a) «A Genetic Algorithm for University Timetabling», AISB Workshop on Evolutionary Computing, Leeds.
- 5 Морковин И.И. К вопросу использования генетического алгоритма при составлении расписания учебных занятий вуза // Региональная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов: Сборник материалов. В 3-х ч.: Ч 2. – г. Оренбург, ИПК ОГУ, 2001 г. – с. 48 – 50.
- 6 Корячко В.П. и др. Теоретические основы САПР: Учебник для вузов / В.П. Корячко, В.М. Корейчик, И.П. Норенков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.