

6. Абдыманапов С.А. Начально-краевая задача для одного класса эллиптических систем второго порядка на плоскости с полярной особенностью // Вестн. НАН РК. — 2005. — № 5. — С. 3–7.
7. Абдыманапов С.А., Тунгатаров А.Б. Об одном классе эллиптических систем второго порядка на плоскости с полярной особенностью // Чебышевский сб. — 2005. — Т. 6. — № 2(14). — С. 14–19.
8. Абдыманапов С.А. Начально-краевые задачи для одного класса неоднородных эллиптических систем второго порядка на плоскости с сингулярной точкой // Нелинейный мир. — 2007. — Т. 5. — № 3. — С. 148–153.
9. Абдыманапов С.А. Начально-краевые задачи для одного класса однородных эллиптических систем второго порядка на плоскости с сингулярной точкой // Современная математика. Фундаментальные направления. — РУДН, 2008. — Т. 29. — С. 5–10.
10. *Abdymanapov S.A., Tungatarov A.B.* An initial problem for a class of second-order elliptic systems in the plane with a singular point // *Complex Variables and Elliptic Equations*. — 2007. — Vol. 52. — № 8. — P. 655–661.

УДК 517.956.3

А.Н.Адекенова, Л.В.Устинова

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

АВТОМАТИЗАЦИЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Мақалада жоғары оқу орындарындағы сабақ кестесін компьютердің көмегімен құру проблемасы қарастырылған. Есепті анықтау барысында сабақ кестені құруға қойылатын талаптар, сабақ кестені құру стратегиясы мен оңтайлы критерийлер ескерілген. Кез келген бір факультет үшін сабақ кестесін құратын программаның сипаттамасы берілген.

In given clause the problem of automation of drawing up of the time-table in higher educational institutions is considered. In a course to statement of a task the showed requirements, strategy, criterion of an optimality are considered(examined). For realization of automation of the given task the program with which help was made the time-table for one chosen faculty is made.

Каждый учебный год в учебных заведениях начинается с решения задачи составления расписания, при которой необходимо учитывать следующие требования [1]:

1. Относящиеся к работе всего вуза:

- формируемое расписание создается на одну или две учебные недели, с учетом четности недель, и используется в течение семестра или блока в работе всего вуза;
- длительность учебной недели для групп составляет 5 или 6 учебных дней.
- работа вуза организована в одну или более (до трех) смен;
- определяется временная единица при составлении расписания.

2. Относящиеся к студентам:

- объем максимально допустимой нагрузки для студентов должен соответствовать гигиеническим требованиям. Часы факультативных, групповых и индивидуальных занятий должны входить в объем максимально допустимой нагрузки;
- перерывы между занятиями и длительность занятий устанавливаются в соответствии с гигиеническими требованиями.

3. Относящиеся к факультативным занятиям:

- расписание составляется отдельно для обязательных и факультативных занятий;
- факультативные занятия проводятся после обязательных;
- факультативные занятия следует планировать на дни с наименьшим количеством обязательных занятий.

4. Относящиеся к распределению педагогической нагрузки:

- основой распределения педагогической нагрузки является учебный план вуза;
- такое распределение не должно нарушать требований, предъявляемых к расписанию.

Важными условиями правильного формирования расписания являются следующие:

- 1) количество групп должно соответствовать количеству имеющихся оборудованных аудиторий;
- 2) штат вуза должен быть укомплектован, т.е. количество преподавателей должно соответствовать количеству групп обучаемых.

Рассмотрим такие понятия, как базовое требование, безусловное требование, жесткое требование, мягкое требование.

Базовое требование — это суть решаемой задачи. Поэтому наличие базового требования — необходимое условие построения расписания занятий. *Базовое требование* относится ко всему расписанию в целом и заключается в выполнении условия (с учетом исключения: объединение групп / разбиение на подгруппы): каждый преподаватель, класс и кабинет не могут быть задействованы более одного раза в один и тот же момент времени.

Безусловные требования состоят из:

а) относящихся ко всему расписанию в целом:

- все студенты делятся, в зависимости от года обучения, на курсы, курсы в свою очередь — на группы, а группы могут делиться на подгруппы;
- в ходе процесса обучения допускаются все возможные виды объединений и разделения групп;
- для некоторых групп может быть предусмотрен день для обучения в другом месте;

б) относящихся к группам:

- занятия во всех группах, обучающихся в первую смену, начинаются с первой пары;
- если работа вуза организована более чем в одну смену, пары 1-й и 2-й смен максимально сближаются;
- у групп не должно быть «окон» в расписании занятий;
- в течение дня у групп может быть заранее запланированный общий или скользящий перерыв в обучении.

Несоблюдение безусловных требований приводит к невозможности использования составленного расписания в учебном процессе.

Жесткие требования определены для групп и преподавателей. Выполнение жестких требований регламентировано различными законами.

1. Жесткие требования для групп предполагают следующее:

- занятия у групп по любому предмету должны проходить в специально оборудованных для проведения этого предмета учебных помещениях или местах.

2. Для преподавателей:

- у каждого преподавателя, являющегося штатным работником вуза, в неделю должен быть хотя бы один свободный день, не считая воскресенья;
- в течение рабочего дня у преподавателя должен быть перерыв;

Несоблюдение жесткого требования допустимо, в виде исключения, только в случае принципиальной невозможности его выполнения. Например, требование об обязательном свободном — методическом — дне для преподавателей, не считая воскресенья, не всегда может быть выполнено для отдельного преподавателя, если его недельная учебная нагрузка превышает 36 часов, при этом максимальное количество занятий не превышает 6-ти.

Мягкие требования являются критерием построения качественного расписания занятий. Как правило, они регламентированы действующими санитарными нормами или общепринятой практикой.

Мягкие требования также определены:

1. Для групп:

- предметы естественно-математического и гуманитарного циклов должны чередоваться в течение дня;
- проведение каждого предмета должно быть равномерно распределено в течение недели.

2. Для преподавателей:

- в расписании преподавателей количество «окон» должно быть минимальным;
- рабочая неделя преподавателя должна быть равномерно загружена проводимыми занятиями;
- нельзя составлять расписание, по которому в какой-либо день преподаватель должен провести только одно занятие, за исключением тех случаев, когда, например, совместитель имеет всего один час в неделю или два часа, которые не должны проводиться в один день;
- преподавателям с небольшой учебной нагрузкой, являющимся штатными работниками вуза, для которых создается расписание, может быть предоставлено более одного свободного дня в неделю, не считая воскресенья, тем самым не создавая препятствий для заработков по совместительству;
- для преподавателей, работающих по совместительству, для которых создается расписание занятий, рабочие дни могут быть указаны при составлении расписания занятий этого вуза.

Чем в большем объеме будут соблюдены мягкие требования, тем расписание занятий будет более качественным, методически проработанным. Однако несоблюдение мягких требований не лишает практической возможности использования расписания в учебном процессе. В основном программы используют метод штрафов.

Результатом формирования расписания занятий являются таблицы: расписание для студентов, карточки занятости преподавателей, аудиторный фонд (занятость), соответствие составленного расписания санитарным правилам и нормам.

Таблица распределения педагогической нагрузки является основной структурой данных при решении задачи составления расписания.

Соблюдение указанных выше требований при составлении расписания без использования программных средств практически невозможно. Сегодня производители ПО предлагают большой выбор компьютерных программ для составления расписаний занятий. В Internet представлены демонстрационные версии программ составления расписания. Почему же на практике программные продукты составления расписания не применяются и расписание составляют вручную? Одна из причин заключается в компьютерной безграмотности менеджеров, занимающихся составлением расписания, другая — в неудачных попытках использования ранее предложенных программ.

Для создания программы нами были сформулированы следующие задачи:

- анализ публикаций по теории расписаний;
- анализ существующего рынка программного обеспечения автоматизации составления расписания;
- анализ существующих методов решения задачи о расписании;
- реализация разработанных алгоритмов для автоматизированного составления расписаний;
- оценка эффективности разработанной программы при составлении расписания.

В настоящее время имеются описания работ по автоматизации процесса составления расписания. В публикациях приводятся решения частных задач теории расписания и календарного планирования.

Существует достаточное количество программных комплексов для составления учебных расписаний. Программы автоматизированного составления расписания делятся на 3 класса: программы-помощники, программы полуавтоматического составления, полностью автоматизированные программы. Программы-помощники не обладают алгоритмами составления расписания. Эти программы работают по принципу Drag-drop, фактически они являются компьютерной заменой ластика, карандаша и листа. Программы-полуавтоматы используют алгоритмы составления расписания, однако они не совершенны и требуют доводки. Программы 3 класса полностью составляют расписание, с учетом ограничений в течение промежутка времени.

Нами были рассмотрены демонстрационные версии программ составления расписания для учебных заведений: «Школьный диспетчер», «Хронограф», «НИКА», «Avtor», «Динар»; «Ректор», Schedule, aSc TimeTable, МК-Расписание, протестировав которые, мы остановили свой выбор на программе «Ректор–вуз». Обратимся к структуре данной программы (рис. 1) и принципам ее работы [2]. Каждый из разделов программы делится на страницы. Страницы разных разделов могут иметь одинаковые названия (списки — классы, нагрузки — классы), но всегда разное содержание.

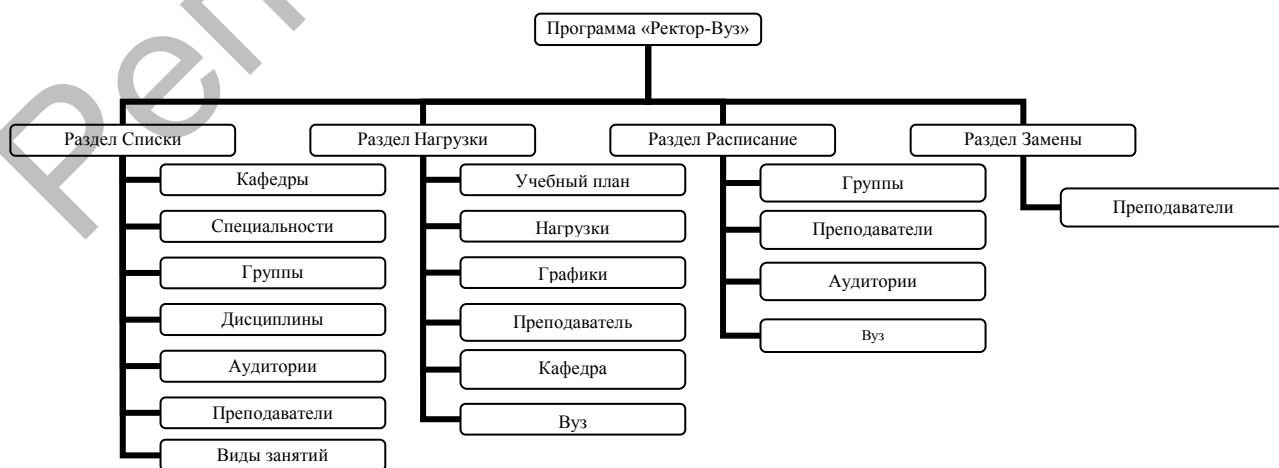


Рис. 1. Структура программы «Ректор–вуз»

Рассмотрим стратегию составления расписания, предлагаемую программой «Ректор—вуз».

1. Определяются настройки, относящиеся к расписанию вуза в целом, командой *Установки* в меню *Настройки* (рис. 2):

- нумерация занятий, параметры смен, максимальное количество рабочих дней в вузе в неделю (обычно пять-шесть дней);
- определение продолжительности учебного периода.

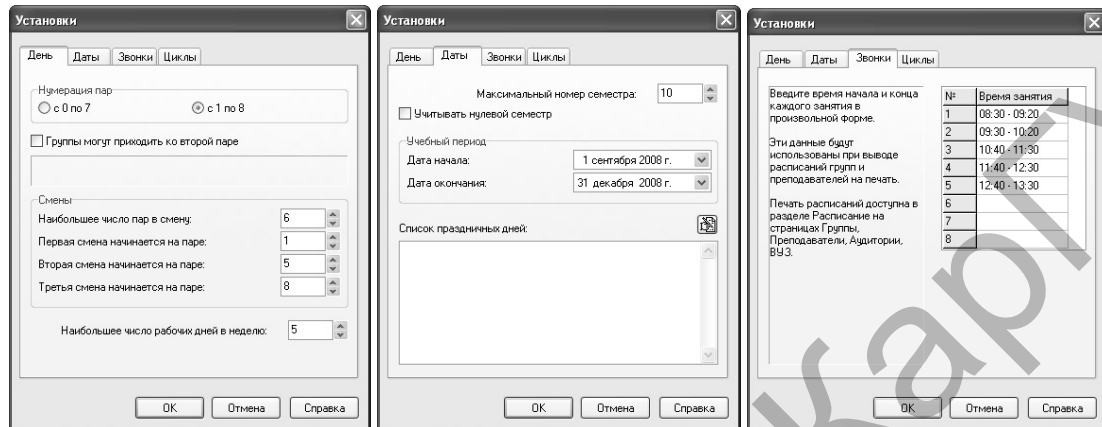


Рис. 2. Стратегия составления расписания

2. В разделе *Списки* задаются:

- специальности;
- группы, для каждой из которых задаются номера смены и «мягкие» ограничения на количество занятий в день, определяется специальность (рис. 3);
- дисциплины;
- аудиторный фонд;
- данные о преподавателях: фамилия, имя, отчество. Для каждого преподавателя задаются «мягкие» ограничения на допустимые рабочие часы.

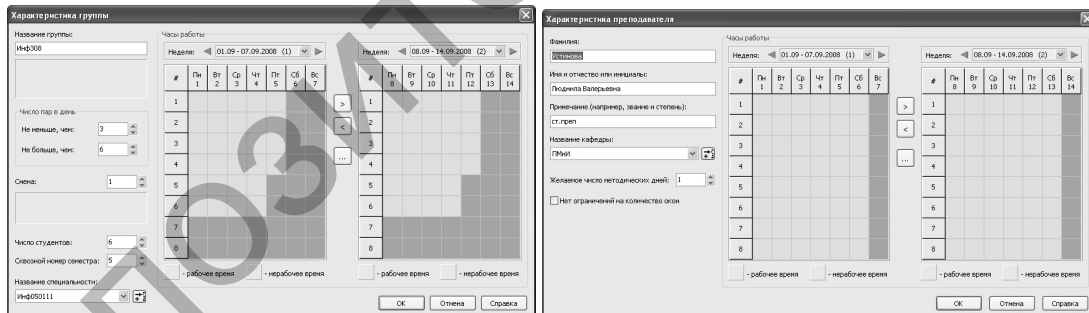


Рис. 3. «Мягкие» ограничения для групп и преподавателей

3. В разделе *Нагрузки* определяются:

- нагрузки на весь учебный период;
- для каждой нагрузки задается распределение часов по неделям учебного периода.

4. В разделе *Расписание* определяются оптимальные варианты расписания.

Настройки метода автоматического составления расписания делятся на два вида: «штрафы» — за невыполнение требований к расписанию и «стимулы» — за выполнение пожеланий к расписанию. При данном методе расписание составляется так, чтобы общая сумма штрафов была как можно меньше, а общая сумма стимулов — как можно больше. *Критерий качества расписания*, характеризующий успешность проделанной работы, включает общую сумму баллов за выполнение пожеланий к расписанию минус общую сумму баллов за невыполнение требований к расписанию.

«Штрафы» для групп (рис. 4):

- нерасставленные занятия;
- максимальное число занятий в день;

- минимальное число занятий в день;
 - невыполнение требований к номерам занятий;
 - «окна», «штраф» за «окно» в расписании группы.
- «Штрафы» для преподавателей:
- нерасставленные занятия;
 - одиночные «окна»;
 - несколько «окон» подряд;
 - только одно занятие в день;
 - переход между корпусами в течение дня;
 - занятие в один из методических дней.

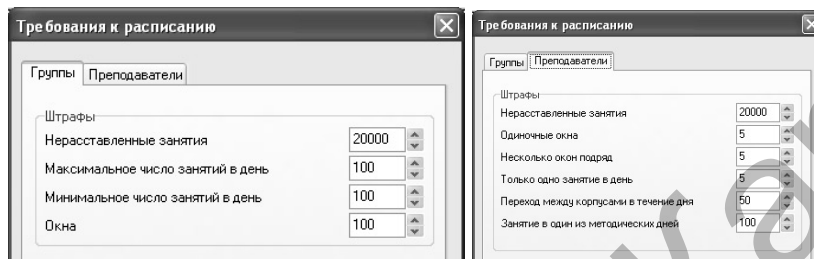


Рис. 4. «Штрафы» при составлении расписания

Задача теории расписания является специфической многокритериальной оптимизационной задачей. Это одна из самых сложных задач прикладной математики. Поскольку строгих алгоритмов составления расписания не существует, рассмотрим некоторые методы решения задачи [3]. Для ее решения можно использовать: а) метод полного перебора; б) приближенные методы; в) поиск хроматического числа графа; с) алгоритм случайного поиска [4]. Большинство реальных задач составления расписания относятся к классу NP-полных. Следовательно, решение ее методом полного перебора невозможно.

Число известных связей, по которым составляется расписание, оказывается многократно меньше числа неизвестных, которые нужно найти в результате решения задачи упорядочения. То есть задача математически относится к категории незамкнутых. Основным направлением решения такого рода задач является итерационный путь. Многократно повторяя решение на ее отдельных этапах, постепенно улучшим решение. Главный недостаток решения незамкнутых задач состоит в том, что в результате отыскивается не оптимальное, а близкое к нему решение. Нашей задачей является создание процедур, которые обеспечивают получение приближенного, но рационального решения.

Задачу составления расписания можно рассматривать как задачу раскраски графа, суть которой — поиск хроматического числа графа, поиск минимального числа цветов, необходимых для раскраски вершин некоторого графа с использованием для каждой пары соседних вершин различных цветов. Сама задача поиска хроматического числа представляет собой NP-полную задачу, для решения которой в большинстве случаев используются «жадные» алгоритмы. Для постановки задачи составления расписания как задачи раскраски графа строится граф, в котором каждая вершина представляет собой запланированное учебным планом занятие. В том случае, если между какими-то двумя вершинами возможны конфликты: например, оба занятия проводятся в одной аудитории или с одним преподавателем, то они соединяются ребром. Это эквивалентно запрету одновременного проведения этих занятий. Тогда задача составления расписания представляется как минимизация числа цветов, необходимых для раскраски графа. Каждый цвет соответствует одному периоду расписания. Применение этого подхода для решения реальных задач малоэффективно. В то же время задача раскраски графа при составлении расписаний может оказаться полезной в случае её комбинации с другими алгоритмами.

Для решения задачи составления расписания мы остановили свой выбор на алгоритме случайного поиска. В алгоритме случайного поиска был оптимизирован поиск по специальным критериям. Алгоритмы математической формализации модели и методы решения были реализованы в виде программных модулей. Интерфейсная часть была написана на Delphi. Запросы к базе данных осуществляются на языке SQL. Алгоритм решения задачи был протестирован на различных выборках исходных данных. Тестирование производилось на ЭВМ с процессором AMD ATLON 750 МГц. В качест-

ве тестовых исходных данных были использованы как реальные данные о группах, преподавателях и читаемых предметах кредитной формы обучения в КарГУ им. Е.А.Букетова на 2001/2002, 2009/2010 учебные годы, так и случайно формируемые исходные данные. В среднем производилось от 10000 тестов до 20000 для каждой тестируемой размерности исходных данных. Анализируя полученные данные, можно сделать выводы о функциональных возможностях алгоритмов решения и математической модели, их недостатках и областях применения.

Для упрощения задачи на начальном этапе проектирования были сделаны некоторые допущения: расписание составляется из расчета не более пяти пар в день, все пары проводятся в одном корпусе.

Процесс поиска вариантов может продолжаться бесконечно. Найденный вариант сравнивается с предыдущим, затем выбирается лучший. В качестве критерия оптимальности можно выбрать различные характеристики: например, средняя длина расписания или плотность заполнения временных интервалов преподавателями.

Автоматизированный расчет расписания — это необходимое условие использования программы для организации учебного процесса, но не достаточное. Другим важным условием является время работы программы. Так, программа, составляющая даже идеальное расписание, но при этом составляющая его в течение месяца, практически не пригодна. Для решения поставленной задачи необходим вычислительный эксперимент, так как даже быстрые алгоритмы имеют полиномиальную временную сложность. При увеличении размерности задачи в два раза время расчета может увеличиваться в десять и более раз. Для задачи расписания размерность определяет количество групп. Поэтому необходимо определить, каким образом время расчета задачи будет изменяться с увеличением ее размерности. В результате решения задачи удовлетворялись базовое требование и все жесткие требования.

Поскольку речь идет о вычислительном эксперименте, необходим генератор тестовых данных. Для этого в качестве исходных данных был взят типовой учебный план вуза. Далее для каждой задачи выбиралось некоторое количество групп с вариацией, определяемой случайным образом, по количеству групп в каждом потоке. Например, выбиралось количество специальностей от 1 до 5, для каждой специальности каждого потока — количество групп от 1 до 7, итого общее количество групп — от 7 до 21. При этом на основе имеющегося типового учебного плана и полученного количества групп, по алгоритму, имитирующему случайным образом, укомплектован штат преподавателей, задавалось их количество, специализация. Далее по алгоритму, имитирующему действия заведующего кафедрой, распределялась педагогическая нагрузка среди имеющихся преподавателей. Число решаемых задач для количества групп до 89 составило 18000. Полученные результаты представлены в следующей таблице.

Таблица 1

Среднее время получения варианта расписания

Количество групп	Среднее время на одну задачу
7–21	0,1 с
14–28	0,25 с
21–35	0,5 с
28–42	1,2 с
35–49	2,1 с
42–56	4,5 с
49–63	8,8 с
56–70	16,4 с
63–77	32,5 с
70–84	1 мин 26 с
77–91	2 мин 28 с
84–98	4 мин 23 с

В результате выполненного эксперимента можно сделать выводы: при увеличении входных данных резко возрастает время решения задачи; формализованная математически задача охватывает только задачу составления расписания для студентов кредитной формы обучения без учета переходов между корпусами; учет дополнительных требований увеличит количество ограничений задачи, что отрицательно повлияет на скорость работы алгоритмов решения [5].

Как видно из представленной таблицы, время решения задачи построения расписания для отдельного факультета вполне приемлемо.

Поскольку вузы могут располагать несколькими зданиями, то и количество учебных групп может измеряться несколькими сотнями. Доработка системы построения расписания потребует значительных, как финансовых, так и временных, ресурсов, но принципиальная возможность создания такой системы доказана.

Список литературы

1. Романовский И.В. Дискретный анализ: Учеб. пособие для студентов, специализирующихся по прикладной математике и информатике. — СПб.: Невский диалект, 2000. — С. 405–423.
2. Батищев П.С. Опыт использования информационных технологий при составлении расписания учебных занятий // <http://psbatishev.narod.ru/raspis.htm>.
3. Галузин К.С. Математическая модель оптимального учебного расписания с учетом нечетких предпочтений. — Пермь, 2004. — С. 148–155.
4. Маслов М.Г. Разработка моделей и алгоритмов составления расписаний в системах административно-организационного управления. — М., 2004. — С. 217–230.
5. Матусевич О.Л. Составление расписания занятий на компьютере. — М.: Дрофа, 2006. — С. 63–102.

УДК 551.509.3

А.М.Бабалиев

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ СОГЛАСОВАНИЯ ПОЛЯ ВЕТРА НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЯ НЕРАЗРЫВНОСТИ И ГЕОСТРОФИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ

Мақаланың бірінші бөлімінде өлшеу арқылы алынған желдің бағыттарын үзіліссіздік теңдеу көмегімен үйлестіру жолы қарастырылған. Екінші бөлімінде геопотенциал мен желдің геострофикалық қатынастарын қолдану арқылы үйлестіру әдісі көрсетілген. Әр әдістен кейін үйлестіру нәтижесі берілген.

In the first part of article the coordination of the measured fields of winds is considered (examined) on the basis of the equation of indissolubility. In the second part the coordination of fields of geopotential and wind in frameworks of geostrophic approachings is considered (examined). The results of numerical experiments are resulted.

Правила теории ошибок для получения наиболее надежных значений и интерполирования геолого-физических элементов в узлы регулярной сетки являются важнейшей, но не единственной составной частью объективного анализа. Другой частью объективного анализа является «согласование» геолого-геофизических элементов, то есть требуется не только иметь исходные данные значения тех или иных геолого-геофизических элементов с определенной точностью в регулярной сетке, но и учитывать, если это возможно, свойства элементов и математические связи между элементами. В этом заключается основная задача согласования. В математическом смысле задача согласования нескольких измеренных величин заключается в следующем.

Пусть измерено n величин, истинные значения которых обозначим через u_1, u_2, \dots, u_n , а результаты измерений этих величин — через v_1, v_2, \dots, v_n . При этом измеренные величины связаны между собой уравнениями

$$\phi_i(u_1, u_2, \dots, u_n) = 0, \quad (i = \overline{1, k}). \quad (1)$$

Получив результаты измерений, прежде всего следует проверить насколько они удовлетворяют условным уравнениям (1), то есть, подставляя результаты измерения в уравнение (1), получим:

$$\phi_i(v_1, v_2, \dots, v_n) = \xi_i, \quad (i = \overline{1, k}). \quad (2)$$