

Данный файл является фрагментом электронной копии издания,
опубликованного со следующими выходными данными:

УДК 338.92
ББК 65.9(2Р) 30-2
М 744

А в т о р ы :

В.И. Суслов, Ю.С. Ершов, О.И. Гулакова, Д.А. Доможиров, Н.М. Ибрагимов,
Л.В. Мельникова, Т.С. Новикова, А.А. Цыплаков

М 744 **Модели, анализ и прогнозирование пространственной экономики** / отв. ред. В.И. Суслов, науч. ред. Ю.С. Ершов. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2022. – 480 с.

ISBN 978-5-89665-364-6

DOI: 10.36264/978-5-89665-364-6-2022-001-480

В настоящей работе изложены результаты исследований в области экономико-математического моделирования, выполнявшихся с начала века в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН на основе межрегиональных межотраслевых моделей. Дается достаточно подробное описание используемых моделей. Показаны возможности их использования для расчета вариантов долгосрочных народнохозяйственных прогнозов и для анализа особенностей межрегиональных взаимодействий в экономике России.

Монография может быть полезной для научных сотрудников, студентов и аспирантов экономических специальностей, интересующихся проблемами прогнозирования и особенностями отраслевой и пространственной структуры экономики

Монография подготовлена в рамках планов НИР ИЭОПП СО РАН по проекту 5.6.6.4 (0260–2021–0007) «Инструменты, технологии и результаты анализа, моделирования и прогнозирования пространственного развития социально-экономической системы России и её отдельных территорий», № 121040100262–7.

ISBN 978-5-89665-364-6

DOI: 10.36264/978-5-89665-364-6-2022-001-480

УДК 338.92
ББК 65.9(2Р) 30-2
М 744

© ИЭОПП СО РАН, 2022 г.
© Коллектив авторов, 2022 г.

Полная электронная копия издания расположена по адресу:
<http://lib.ieie.nsc.ru/docs/2022/001.pdf>

Глава 3

МОДЕЛЬНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ В ОТРАСЛЕВОМ И ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗРЕЗАХ

3.1. История развития модельно-программного комплекса

Экономика страны и ее отдельных регионов в течение длительного периода времени рассматривались как объект исследования с помощью модельно-методического комплекса, включающего ОМММ в качестве основной модели. С точки зрения развития комплекса в этом периоде можно ввести понятие поколения моделей. Оно означает группу прикладных моделей, характеризующихся общностью структурных особенностей, основанных на едином информационном массиве, одинаковых или совместимых классификациях отраслей и регионов, описывающих временные периоды с одним и тем же базисным годом (в качестве базисного принимается обычно последний год предшествующей или текущей пятилетки).

Смена поколения моделей (изменение структуры моделей, информационных массивов, классификации отраслей и регионов, смена базового года) выражает переход на новый этап развития комплекса и начало нового цикла прикладных расчетов. Этот цикл расчетов начинается с разработки базового или центрального сценария развития, который выражает наиболее вероятное с позиций сложившихся представлений состояние экономики на конец прогнозируемого периода. Работа над ним весьма трудоемка. От того, насколько тщательно она выполнена, зависит точность «попадания» в реально достижимую область, качество остальных сценариев развития (оптимистических, пессимистических, соответствующих продолжению сложившихся тенденций, решению конкретных народнохозяйственных, региональных и отраслевых проблем), поскольку последние «привязываются» к центральному, хотя процесс разработки каждого из них имеет форму согласования локальных прогнозов, проводимого в своей системе исходных посылок.

Работа над центральным сценарием продолжается в течение всей жизни поколения моделей, поскольку представления о перспективах и определяющих тенденциях предстоящего развития народного хозяйства постепенно меняются. Было бы неправильным считать, что центральный сценарий в своих изменениях лишь пассивно отражает складывающиеся под влиянием различных факторов оценки перспектив и концепции планов экономического развития страны. Он сам вместе с остальными сценариями выступает одним из таких факторов. Вероятно, именно в этом заключается практический смысл проводимых прикладных исследований перспектив развития.

Каждая новая версия базового сценария после своего появления стимулирует обновление имеющихся сценариев, разработку других сценариев, нацеленных на решение вновь возникающих экономических проблем.

Принцип последовательной детализации. В соответствии с этим принципом построены модели, образующие жесткую структуру модельно-методического комплекса, и проводятся расчеты на этапе разработки центрального сценария развития (измерения в базисной системе показателей). Использование этого принципа основано на принятии гипотезы большей достоверности сводной народнохозяйственной информации по сравнению с региональной. Такая гипотеза имеет основания, поскольку в государственной системе статистики и планирования имеется определенный разрыв между сводным народнохозяйственным и региональным уровнями при заметном предпочтении верхнего уровня.

В процессе построения центрального сценария выделяется четыре этапа, которые соответствуют последовательности измерений в базисной системе показателей: а) оценка показателей базового года страны в целом в отраслевом разрезе; б) определение темпов изменения этих показателей в прогнозном периоде; в) определение территориального разреза показателей и уточнение объемов межрегиональных перевозок в базовом году; г) построение показателей искомой системы в прогнозном периоде.

На каждом из этих этапов используется особая модель. На первом этапе – точечная статическая межотраслевая модель страны в целом, на втором – точечная динамическая межотраслевая

модель страны, аналогичная ОМММ по способу учета динамики, на третьем – статическая ОМММ базисного года, на четвертом – ОМММ основного варианта. Расчеты на втором и третьем этапах могут вестись параллельно.

Эти четыре модели образуют жесткую структуру модельно-программного комплекса. Проблема их согласования в обычном понимании этого слова не возникает. Каждая последующая модель выступает инструментом уточнения, корректировки и детализации системы показателей предшествующих моделей. Фактически в данном процессе дезагрегируются сводные показатели народнохозяйственного развития по регионам. Было бы ошибочным считать, что при этом реализуется только прямая связь «народное хозяйство – регионы». Значения сводных показателей центрального сценария могут отличаться от их исходных значений на первом и втором этапах. В этих различиях проявляются эффекты согласования локальных прогнозов и влияния территориальных факторов на экономическое развитие страны [Суслов В.И., 1991].

Развитие комплекса моделей. Принцип последовательной детализации отражает вполне определенную структуру модельно-программного комплекса и формирует конкретные методические схемы расчетов. Ранее использовались также иные принципы конструирования комплекса. Среди них следует отметить принципы композиции, введения альтернативных моделей, интеграции и последовательного агрегирования.

Реализация принципа композиции, противоположного в определенном смысле принципу последовательной детализации, начинается расчетами по межотраслевым моделям отдельных регионов, полученным как региональные блоки ОМММ. Задача этого первого этапа заключается в достижении адекватного представления альтернатив развития по каждому региону, в получении адекватных реакций экономики регионов на изменения внешних по отношению к ним условий, в имитации действия механизмов адаптации к этим изменениям. На втором этапе из отлаженных региональных блоков собирается ОМММ и проводятся завершающие операции по согласованию локальных прогнозов. Аналогичную последовательность расчетов можно начинать с отраслевых моделей размещения производства.

Принцип композиции предъявляет более серьезные требования к качеству исходных локальных прогнозов по регионам и отраслям, предполагает участие непосредственно в модельных расчетах широкого круга специалистов в конкретной экономической проблематике.

Альтернативными являются модели, представляющие ту же базисную систему показателей, но отличающиеся по ряду признаков от основной модели. Это в основном нормативные модели. Прежде всего это разнообразные балансовые региональные и межрегиональные модели. Эти модели «можно рассматривать как элемент аналитической среды комплекса, т.е. как некоторые анализаторы сценариев развития. С помощью них в анализ вводится мощный аппарат показателей полных и косвенных региональных и межрегиональных затрат [Межрегиональные межотраслевые балансы..., 1983].

Ранее балансовые модели активно использовались и при построении сценариев развития в процессе согласования локальных прогнозов. С помощью таких моделей, упрощающих связи между экзогенными и эндогенными показателями, можно, например, изучать межрегиональные распределения конечного потребления, трудовых ресурсов, капитальных вложений в зависимости от того или иного варианта межрегиональных связей по вывозу-ввозу продукции, т.е. решать задачи с обратным составом переменных. Можно ставить задачи с обратным или смешанным составом переменных в общем случае непосредственно для основного варианта модели.

Для этого соотношения основной модели дополняются условиями оптимальности некоторого плана, фиксируются значения эндогенных переменных (все или только их часть) этого плана, значения некоторых экзогенных переменных и параметров принимаются неизвестными, вводятся дополнительные ограничения на возможные изменения этих величин, в качестве критерия принимается минимум суммы квадратов отклонений новых переменных от их желательных уровней. Согласование альтернативных моделей с разным составом переменных имеет также последовательный характер без обратных связей.

Различные нормативные межрегиональные модели: балансовые, оптимизационные, с разным составом переменных являются

альтернативными друг другу в слабой форме. В полном смысле слова альтернативными выступают группы разнохарактерных моделей: нормативные, эконометрические и имитационные. На базе каждой такой группы моделей можно организовать относительно самостоятельный «поток» расчетов по разработке сценариев развития.

Реализация указанных принципов приводит к развитию исходного комплекса: к насыщению его новыми моделями, совершенствованию межмодельных связей.

Программное обеспечение. Рабочим инструментом анализа и измерения является модельно-программный комплекс. Можно говорить о специализированных модельно-программных компонентах и об интегрированном модельно-программном комплексе. Разработка и применение специализированных компонент – это традиционный путь проведения прикладных модельных исследований. Программное обеспечение создается под конкретную модель или задачу анализа. Этот путь не теряет своего значения, поскольку в его рамках происходит становление принципиально новых модельно-методических разработок. Однако в настоящее время, когда многие модельно-методические разработки достигли высокой степени зрелости и начинают систематически воспроизводиться в прикладных исследованиях, все большее значение приобретают более универсальные программные продукты, дающие удобные средства для реализации широкого класса моделей и методических схем. Таким программным продуктом выступает интегрированный модельно-программный комплекс.

Этот комплекс создает единую программную среду, в которой размещаются различные компоненты модельно-методического комплекса и информационные массивы. Он представляет собой систему управления базами данных особого вида: на логическом уровне они служат банком информации, моделей, операций, методических схем. Пользуясь его средствами, можно в диалоге (а при необходимости в пакетном режиме) реализовать любую модель или методическую схему комплекса, изменить старые и ввести новые элементы указанных банков. В частности, можно проводить все необходимые манипуляции с числовыми массивами, загружать модели новой информацией, строить новые модели, операции и модельные связи, генерировать различные диалоги, ориентированные на разных пользователей и разные типы задач.

Основную роль в организации расчетов, определении характера и смысловой ориентации модельно-методического комплекса играет библиотека программ, реализующих различные функции комплекса (входы и выходы для стандартных пакетов программ, до- и послеоптимизационный анализ, обслуживание различных версий моделей и методических схем). Модификация имеющихся и конструирование новых методических схем требуют той или иной «перестройки» и «достройки» библиотеки программ. Необходимость в этом можно сократить, используя при разработке программных модулей пакет КОМБИ (Комплекс Обработки Матричных Блоков Информации), использующий принцип структурного программирования. Данный пакет программ изначально был разработан В.И. Сусловым [Математическое..., 1985] и предназначен для выполнения операций на матрицах и векторах, он включает средства связи со стандартными пакетами оптимизации, и поэтому с его помощью удобно готовить для решения задачи линейного программирования блочной структуры и обрабатывать получаемые решения.

Программы комплекса КОМБИ-I были ориентированы на использование и обработку информации, представленной во внешнем формате в последовательных или библиотечных наборах данных перфокарточного типа. Эти наборы данных назывались файлами исходных текстов (ФИТ). Каждый информационный массив в ФИТ имел свой заголовок – запись специального формата, которая содержит идентификатор и индекс имени массива, образующие его полное имя, идентификатор типа массива и некоторую дополнительную информацию, зависящую от типа массива.

В КОМБИ-I предусмотрено несколько типов информационных массивов: матрицы чисел в табличной форме, в упакованной форме, в перфокарточном формате, свободном формате, векторы имен, ключи агрегирования, массивы символьных заголовков печатаемых таблиц, тексты задания для пакета программ. Целые числа дополнительной информации заголовка для числовых матриц и векторов имен описывают их размерность и форматы записей, для ключей агрегирования – количество позиций до и после агрегирования, символьных заголовков печатаемых таблиц – особенности расположения заголовка на печати, для текстов задания количество занятых записей ФИТ.

Тексты задания пакету записывались на специальном макро-языке. Использовались четыре основных типа операторов: ввода и вывода числовых матриц, одно- и двухместных операций над матрицами (преобразований матриц). Одноместная операция преобразовывает матрицу «на месте» (например, обращение матрицы), двухместная определяет матрицу-результат по двум матрицам-аргументам (например, сложение матриц). Запись каждого оператора включает код (имя оператора) и при необходимости список параметров, который размещается в скобках непосредственно после кода.

Законченным фрагментом задания была так называемая формула. Этот фрагмент задания во многом аналогичен обычной алгебраической формуле. В нем выделялся левая и правая части, которые разделяются символом «равенство». В левой части располагалась последовательность операторов ввода матриц, разделенных группами операторов преобразования. Понятно, что в каждой такой группе операций (операторов преобразования) последняя должна быть двухместной, а все предшествующие – одноместными. Операции выполняются над вводимыми матрицами в соответствии со своими приоритетами, которые заданы по умолчанию или назначаются явно в записи формулы. После выполнения всех операций левой части образуется матрица-результат, способ вывода которой задан оператором вывода, размещенным в правой части формулы. За этим оператором должна стоять запятая, если далее следовала запись другой формулы, или точка, если данная формула была последней в записи (или оператор цикла). Точка, запятая и символ «равенство» рассматривались в данном языке и обрабатывались программно как двухместные операции, т.е. текст задания в целом и запись каждой формулы в отдельности распадается на однотипные фрагменты, каждый из которых начинался оператором ввода или вывода и заканчивался оператором двухместного преобразования, между которыми могли располагаться (не обязательно) несколько одноместных операторов. Такие фрагменты назывались строками и снабжались признаком конца – апострофом.

Действия, предписываемые отдельной строкой, формулой или группой формул, можно было повторить несколько раз. Для этого использовались операторы цикла.

Текст задания может располагаться непосредственно в наборе данных SYSIN; последний мог содержать только ссылки на тексты задания, размещенные в ФИТ.

Программы интерпретации языка задания были независимы от функциональных программ, реализующих функции операторов. Было реализовано 18 одноместных операций (обращение, агрегирование, поэлементное возведение в степень и т.д.), 13 двухместных (сложение, вычитание, умножение матричное и поэлементное в различных вариантах и т.д.), 8 операторов ввода, 8 – вывода и 6 операторов не описанного здесь типа.

Комплекс программ КОМБИ-I был реализован на Фортране. Работа с ним была реализована при помощи каталогизированной процедуры компиляции, редактирования и выполнения программ Фортрана. На первом шаге компилировался небольшой исходный модуль, в котором задавались максимальные размерности используемых матриц, количество приоритетов операций и некоторые другие параметры. На втором шаге использовалась имеющаяся библиотека загрузочных модулей, при этом допускается создание общего загрузочного модуля простой и оверлейной структуры. При работе с оверлейной структурой и матрицами средней размерности (20–30 позиций) использовались, как правило, не более 150 Кбайт оперативной памяти.

Реализация модели в виде задачи линейного программирования с помощью пакета КОМБИ-I происходил в несколько этапов: а) определение блоков матрицы задачи и имен строчных и столбцовых переменных (планирование структуры модели); б) организация массива исходной информации в форме, удобной для визуального просмотра и редактирования с экранов терминалов, размещение их в ФИТ; в) подготовка и размещение в ФИТ текстов заданий КОМБИ, которые преобразуют массивы исходной информации в блоки матрицы задачи и выводят их в наборы данных, являющиеся входными для стандартных пакетов оптимизации; г) определение таблиц, представляющих результаты обработки и анализа решения задачи; д) подготовка и размещение в ФИТ текстов заданий КОМБИ, которые вводят цифровой материал из наборов данных, являющихся выходными для стандартных пакетов оптимизации, и преобразуют его к форме заданных таблиц решения.

Решение балансовых моделей достигалось определенной последовательностью матричных операций, поэтому реализация таких моделей средствами пакета КОМБИ осуществляется естественным путем. Кроме определения и размещения в ФИТ массивов исходной информации (межотраслевых балансов по регионам, шахматных таблиц межрегиональных перевозок по продуктам и т.д.), а также определения таблиц решения, требовалось подготовить и разместить в ФИТ текст задания КОМБИ на выполнение соответствующей последовательности операций над векторами и матрицами.

Компактность и относительная простота языка КОМБИ-I позволяла пользователю, не обладающему знаниями в области программирования, быстро корректировать старые и создавать новые тексты заданий, ориентируя их на исследование различных конкретных проблем.

Пример реализации ОМММ средствами пакета КОМБИ-I

Планирование структуры матрицы задачи. В соответствии с требованиями КОМБИ-I имена переменных состоят из идентификатора и не более чем четырех числовых индексов. Идентификатор образует первый символ имени; первый индекс является цифрой и занимает второй символ имени, остальные индексы – двузначные целые числа. Список строчных и столбцовых переменных, а также их имена представлены в табл. 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Пример имен строчных переменных

Ограничение	Идентификатор	Первый индекс	Второй индекс	Тип ограничений*
1. Баланс продукции	Y	Номер региона	Номер отрасли	G
2. Баланс трудовых ресурсов	T	Номер региона	—	G
3. Ограничение на кап. вложения	R	Вид затрат (1 – машиностроение; 2 – строительство)	Номер региона	G

* G – «больше или равно»

Таблица 3.2

Пример имен столбцовых переменных

Наименование переменной	Идентификатор имени	Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс
1. Объемы производства	X	Вид мощности (0 – старые, 1 – новые мощности)	Номер региона	Номер отрасли
2. Региональный фонд непродовственного потребления	Z	Номер региона	–	–

Задача содержит неограниченные строки (кроме функционала – общего фонда конечного потребления), с помощью которых выводятся показатели возмещения выбытия и капитальные вложения в целом за период, капитальные вложения и амортизация в последнем году. Вектор правых частей имеет имя R, вектор границ на отдельные переменные – B.

Блоки матрицы модели, правых частей и границ описаны в табл. 3.3–3.5. В этих таблицах приведены наименования блоков, идентификаторы имен или имена групп строк и столбцов, на «пересечении» которых расположены эти блоки (блоки 1, 2, 3, 4а, 5а матрицы находятся на пересечении строк и столбцов одного и того же региона, расположение блоков 5б определяется схемой межрегиональных связей). Некоторые элементы матрицы не включаются в блоки, так как являются неизменными во всех вариантах расчетов константами и формируются один раз – при первоначальной загрузке задачи. Такие элементы образуют столбцы с идентификатором H (± 1), (коэффициенты линеаризации), имеются в столбцах Z, V, (± 1).

Таблица 3.3

Блоки матрицы модели

Наименование блока	Идентификаторы и имена	
	строка	столбцов
1	2	3
1. Материалоемкость	Y	X
2. Трудоемкость	T	X

Окончание табл. 3.3

1	2	3
3. Капиталоемкость	K,R,S,A	X
4. Отраслевая (а) и территориальная (б) структура непроизводственного потребления	а. Y б. N1–N8	Z1–Z8 Z0
5. Транспортные затраты на внутрирегиональные (а) и межрегиональные (б) перевозки	а. Y12 0–Y82 0 б. Y12 0–Y82 0	X V

Таблица 3.4

Блоки правых частей задачи

Наименование блока	Идентификаторы строчных переменных
1. Правые части балансов продукции	Y
2. Трудовые ресурсы	T

Таблица 3.5

Блоки границ

Наименование блока	Идентификаторы имен	Тип границ*
1. Начальные мощности	X0	FX
2. Границы на прирост мощности	X1	LO или UP
3. Начальные капитальные вложения	L	UP
4. Сальдо экспорта-импорта	I	FX

*FX – фиксированное значение; LO – нижняя граница; UP – верхняя граница.

Тексты задания КОМБИ-I. Программа кодировки коэффициентов материалоемкости на старых мощностях производства:

#MA&TW(AS 0 1),’#M(A)M(*)’#CA& TW(DA 1 8)

EA=’#CB&CL(Y1’22 X2 1 22 8.5) CC.7’

#C(A 1)’# C(B 1 0 1)’

Предполагается, что матрица материалоемкости каждого региона определяется поэлементным умножением национальной матрицы на матрицу коэффициентов отличия материалоемкости данного региона от национальной. Национальная матрица имеет имя AS0 и расположена в 1-м файле (в смысле Фортрана); региональные матрицы коэффициентов отличия имеют идентификатор имени DA, индексы имени с 1 до 8 и располагаются в 8-м файле.

В данном тексте используется оператор ввода матриц &TW в параметрах которого указывается имя вводимой матрицы и номер файла, в котором она расположена (размерность и формат записи матрицы определяются из ее заголовка в ФИТ); оператор и признак метки матрицы #M, с помощью которых матрицам присваиваются метки; признак метки цикла #C, используемый для организации циклических расчетов; оператор вывода матриц во входной файл пакету оптимизации &CL, в параметрах которого указываются имена переменных строки и столбца, а также формат вывода; двухместная матричная операция M, параметр которой * указывает на умножение; одноместная операция вычитания матрицы из единичной EA; операция цикла CC.

Текст состоит из двух формул. Первая формула, образованная одной строкой, является усеченной, в ней задается ввод матрицы национальной материалоемкости и присвоение ей метки A (эквивалентное представление в виде обычной строки): &TW(AS 0 1)=’ #M(A,)’ Вторая формула образована из трех строк. Национальная матрица умножается поэлементно на матрицу коэффициентов отличия для первого региона, вычитается из единичной и выводится на вход пакету оптимизации с именами строчных переменных Y101–Y122 и переменных столбца X 00101–X 00122.

Действия этой формулы после первого выполнения повторяются 7 раз; при каждом новом выполнении на единицу увеличивается индекс имени вводимой матрицы коэффициентов отличия и номер региона в кодируемых именах переменных строк и столбцов. Такой характер изменений в цикле предписывается двумя последними строками текста – строками цикла.

После оптимизации и записи решения в выходной файл средствами стандартного пакета оптимизации начинают работать программы КОМБИ для обработки решения.

Программа печати таблиц объемов производства, территориальных и отраслевых структур производства: &LP(X3 MXC0 0 822) + '&LP(X3 MXC1 0 822) BM(3)SS' BM(8)='&TV(M10.1) SS'#M(A),'#M(A) BM(2)='&TV(M 6.4), '#M(A)BM(7)='&TV(M).'

В данном тексте используется оператор ввода из выходного файла пакета оптимизации &LP, в параметрах которого описывается массив имен вводимых переменных (в данном случае массивы 8×22 переменных объемов производства на старых и новых мощностях); основной оператор печати матриц в табличной форме & TV, параметры которого предписывают нумерацию строк или столбцов (M – и строк, и столбцов) и указывают формат выводимых чисел; двухместная операция сложения матриц +; двухместная операция сцепления SS (используется, если в строке необходимо записать более чем две операции или требуется вывести матрицу различными способами); одностепенная операция преобразования матрицы BM, параметр которой указывает характер преобразования (3 – добавление суммарной строки, 8 – добавление суммарного столбца, 2 – деление строк на последнюю, 7 – деление столбцов на последний).

Текст состоит из трех формул. Первая формула образована пятью строками; в ней определяется ввод и сложение матриц 8 x 22 объемов производства на старых и новых мощностях, добавление к полученной матрице суммарных строки и столбца, печать полученной таблицы и присвоение ей метки A. Во второй формуле (две строки) рассчитывается и печатается территориальная структура производства; третьей (также две строки) – отраслевая структура производства.

3.2. Краткое описание структуры базового модельно-программного комплекса ОМММ-2030

Общая схема работы модельно-программного комплекса (МПК) реализует принцип последовательной детализации («от общего к частному»). Сначала определяются общие ориентиры или эскиз прогноза как результат решения оптимизационной межотраслевой полудинамической модели экономики России без учета географического расположения ресурсов и степени их мобильности. Затем на базе оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели строится пространственный прогноз в разрезе макрорегионов.

Такой подход в последнее время обоснован тем эмпирическим фактом, что в моделировании региональной экономики решающее значение имеют не специфически региональные, а народнохозяйственные факторы, так что региональный прогноз, осуществленный в отрыве от народнохозяйственных условий, может характеризоваться более низким качеством. При построении информационной базы модели большое значение имеют гипотезы о перспективных изменениях коэффициентов материалоёмкости, трудоемкости и капиталоемкости, экспорта и импорта. Поэтому целесообразно «экстерриториальные» проблемы отрабатывать на «точечной» модели (без деления страны на регионы), которая является упрощенным аналогом межрегиональной межотраслевой модели. Общая последовательность работы модельного комплекса отражена далее в рис. 3.1.

Исходным пунктом является оцененный авторами межотраслевой баланс национальной экономики на базовый год. Затем формируется набор основных предпосылок относительно ожидаемых изменений экзогенных параметров, и решается оптимизационная динамическая «точечная» задача для периодов с 2013–2030 гг. Результатом решения является прогнозный межотраслевой баланс российской экономики на 2030 год.

Параллельно выполняется пространственное расширение национального межотраслевого баланса. На основе оценочного межотраслевого баланса базового года разрабатываются соответствующие балансы регионов. Регионализация проводится с помощью статической межотраслевой модели с контролем okay-мняющих итогов. Формальные методы бипропорциональной корректировки применяются только в тех случаях, когда отсутствуют эмпирические данные, а оцениваемые коэффициенты имеют небольшой вес. В результате обеспечивается набор непротиворечивых региональных балансов по состоянию на базовый год в том смысле, что сумма региональных таблиц «затраты-выпуск» точно совпадает с оценочной российской таблицей базового года.

Далее, имея прогноз национальной экономики и региональную спецификацию базового года, можно проанализировать предпосылки будущих изменений региональных коэффициентов с учетом существующих ограничений по производственным мощностям, сведений о действующих инвестиционных проектах,

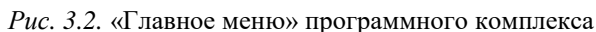
а также с учетом ретроспективных тенденций; предпосылки касательно ожидаемых изменений территориальной структуры конечного спроса, демографической ситуации, изменений рыночной конъюнктуры, возможностей финансирования крупных национальных проектов и пр. Таким образом, происходит региональная спецификация основных гипотез, апробированных на точечной модели, что позволяет решить межрегиональную полудинамическую задачу.

На каждом этапе работы комплекса возможна адаптация исходных предпосылок, необходимость в которой выясняется на основании анализа очередного получаемого оптимального решения каждой из моделей.



Рис. 3.1. Общая схема работы модельного комплекса (стрелки в обратном направлении указывают на возможность корректировки исходных посылок после реализации модели)

На входе пользователь видит «Главное меню», представленное далее на рис. 3.2, на котором можно выбрать вариант модели для работы:



После выбора варианта модели пользователь переходит в меню модели, представленное далее на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Меню модели ОМММ

Оттуда можно:

- 1) формировать структуру оптимизационной задачи (клавиша «*Структура задачи*»);
- 2) формировать и корректировать файлы исходных данных (клавиша «*Данные*»);
- 3) просматривать решение модели (клавиша «*Решение*»).

Работа с входными данными

При нажатии клавиши «*Данные*» открывается книга *Данные*.xls* (вместо * идет идентификатор модели), пользователь видит лист «Меню данных», представленный далее на рис. 3.4, который содержит список имен листов с массивами данных (гиперссылки) и содержательные заголовки к этим массивам.

Меню модели 2030г.	МЕНЮ ДАННЫХ. Оптимизационная межотраслевая межрегиональная модель на период до 2030г.
Главное меню	
KM30T0R1	Матрицы коэффициентов материальных затрат на старых мощ. (Центральный ФО)
KM30T0R2	(Северо-Западный ФО)
KM30T0R3	(Южный ФО)
KM30T0R4	(Северо-Кавказский ФО)
KM30T0R5	(Приволжский ФО)
KM30T0R6	(Уральский ФО)
KM30T0R7	(Сибирский ФО)
KM30T0R8	(Дальневосточный ФО)
KM30T1R1	Матрицы коэффициентов материальных затрат на прирост мощностей (Центральный ФО)
KM30T1R2	(Северо-Западный ФО)
KM30T1R3	(Южный ФО)
KM30T1R4	(Северо-Кавказский ФО)
KM30T1R5	(Приволжский ФО)
KM30T1R6	(Уральский ФО)
KM30T1R7	(Сибирский ФО)
KM30T1R8	(Дальневосточный ФО)
ОСКП0T0	Отраслевая структура конечного потребления (2013)
ОСКП0T1	(2030)
ТСКП	Территориальная структура конечного потребления

Рис. 3.4. Меню данных ОМММ

Клавиша «Главное меню» на листе «Меню данных» позволяет вернуться в первый лист «Меню» книги *otmm_ieie.xls*. Клавиша «Меню модели*» переводит пользователя в меню текущей модели.

Переход к нужному массиву данных осуществляется левым кликом по гиперссылке с именем соответствующего листа (столбец А). Перейдя в интересующий массив данных, в нем можно работать как в обычной электронной таблице MS Excel, изменяя значения, вставляя дополнительные формулы, изменяя названия переменных. Пример массива данных при переходе по гиперссылке представлен далее на рис. 3.5.

Меню данных	Коэффициенты текущие													
Раздел	Центральный ФО													
Год	Базовый год 2013													
	Итого	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Средняя стоимость	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Средняя стоимость	2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Средняя стоимость	3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Средняя стоимость	4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Рис. 3.5. Пример массива данных при переходе по гиперссылке с именем соответствующего листа (столбец А)

В массивах данных можно корректировать сразу всю строку, или весь столбец, или весь массив (матрицу), проставив в столбце или строке «Коэффициенты вариации» повышающий или понижающий коэффициенты вместо исходного коэффициента «1».

Левый клик по «Меню данных» (ячейка A1) ведет обратнo на лист с меню данных текущей модели. Правый клик по ячейке A1 «Меню данных» вызывает всплывающее меню, приведённое далее на рис. 3.6.

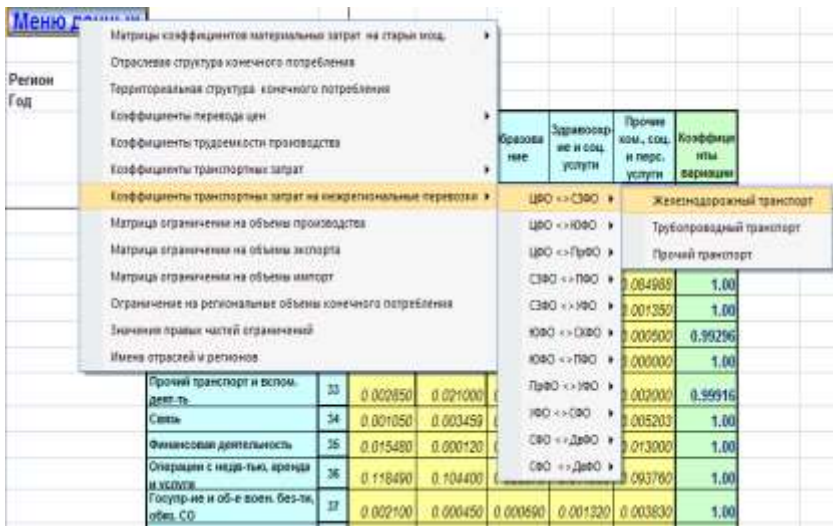


Рис. 3.6. Всплывающее меню в результате правого клика по ячейке A1 «Меню данных»

Просмотр решения

В книге главного меню текущей модели, нажав на клавишу «Решение», пользователь попадает на лист «Меню». Вид меню книги «Решение*.xls» приведён далее на рис. 3.7.

Главное меню	Главное меню 2013	МЕНЮ РЕШЕНИЯ-2013г.
Макро	Основные показатели прогноза развития экономики России	
Произ	Объемы и структура производства	
Отн.Х.к.Н.	Отношения оптимальных объемов производства к мощностям в 2013 г. в %	
КПотр	Объемы и структура максимизируемой части конечного потребления	
МатЗатрат	Объемы и структура текущих материальных затрат	
ОпОМС	Объемы и структура вывоза и ввоза продукции	
ОпЭкспИмп	Объемы и структура экспорта и импорта продукции	
ОпОСумВывоз	Объемы и структура вывоза и ввоза продукции, включая экспорта и импорта	
ОпМСдет	Матрица объемов межзональных перевозок	
Оценка	Оценки балансовых ограничений задачи	
ПЧРешение	Оптимальные значения левых частей ограничений	
ОценкаПрОТ0	Оценки ограничений на объемы производства	
ОценкаОпЭВТ0	Оценки ограничений на объемы экспорта	
ОценкаОпИВТ0	Оценки ограничений на объемы импорта	

Рис. 3.7. Вид главного меню книги «Решение*.xls»

Лист «Меню» содержит названия последующих листов данной книги и заголовки массивов решений, которые в них содержатся. Левый клик по гиперссылкам с названием листа (столбец А в меню) переводит на лист с соответствующим массивом результатов расчетов.

С массивами решения можно работать, как с обычными электронными таблицами. Левый клик по гиперссылке «Меню решения» возвращает на лист в меню решения текущей модели. Правый клик по «Меню решения» вызывает всплывающее меню для навигации по результатам расчетов текущей модели (рис. 3.8).

Меню решения		Показатели функционирования экономики России					
		Итого, факт (Ф)	Классиф. (Ф)	Север, классиф. (Ф)	Приволжье, (Ф)	Урал, факт (Ф)	Сибирский (Ф)
Макро	Основные показатели прогноза развития экономики России	35 843	8 339 841	2 772 519	24 816 487	15 653 145	13 074 680
	Объемы и структура производства	11,28	7,11	2,38	17,52	12,83	11,25
	Отношения оптимальных объемов производства к мощностям в 2013 г. в %	86,49	85,62	68,85	38,89	34,89	39,26
	Объемы и структура максимизируемой части конечного потребления	46 845	5 816 847	1 116 568	5 346 855	5 370 036	6 807 534
Производство	Объемы и структура вывоза и ввоза продукции	11,35	6,96	2,13	17,84	15,43	15,64
	Объемы и структура экспорта и импорта продукции	11,03	7,27	2,55	17,57	13,95	18,30
	Объемы и структура вывоза и ввоза продукции, включая экспорта и импорта	11,35	6,96	2,13	17,84	15,43	15,64
	Матрица объемов межзональных перевозок	38 950	4 122 810	1 435 562	11 674 622	9 063 785	7 877 140
Вспомогательные	Объемы балансовых ограничений задачи	11,03	7,27	2,55	17,57	13,95	18,30
	Оптимальные значения левых частей ограничений	38 950	4 122 810	1 435 562	11 674 622	9 063 785	7 877 140
	Оценки ограничений на объемы производства	10,21	8,18	1,75	16,48	9,55	18,84
	Оценки ограничений на объемы экспорта	180,08	180,08	108,89	108,89	108,89	180,89
Потребление	Оценки ограничений на объемы импорта	12,00	12,94	4,21	48,89	43,21	39,89
	Доли вывоза и ввоза продукции (в %, 2013г.)	15,76	17,91	56,53	7,68	4,86	3,62
	Доли экспорта и импорта продукции (в %, 2013г.)	23,38	29,23	27,37	13,29	45,86	46,23
	Доли вывоза и ввоза продукции (в %, 2013г.)	38,64	14,67	90,65	14,21	37,89	38,38
Потребление	Доли экспорта и импорта продукции (в %, 2013г.)	10,79	16,89	35,48	12,11	8,58	4,23
	Доли вывоза и ввоза продукции (в %, 2013г.)	33,43	21,62	29,13	34,82	24,26	42,87
	Доли экспорта и импорта продукции (в %, 2013г.)	17,96	18,79	6,77	6,26	3,39	14,33
	Доли вывоза и ввоза продукции (в %, 2013г.)	188,08	27,67	9,91	9,13	5,88	25,16
Потребление	Доли экспорта и импорта продукции (в %, 2013г.)	14,33	6,66	9,88	13,31	13,31	13,31
	Доли вывоза и ввоза продукции (в %, 2013г.)	14,33	6,66	9,88	13,31	13,31	13,31
	Доли экспорта и импорта продукции (в %, 2013г.)	14,33	6,66	9,88	13,31	13,31	13,31
	Доли вывоза и ввоза продукции (в %, 2013г.)	14,33	6,66	9,88	13,31	13,31	13,31

Рис. 3.8. Вид фрагмента листа «макро»

Формирование структуры задачи

Если рассматривать ОМММ с математической точки зрения, то каждая модель – это задача линейного или сепарабельного программирования большой размерности, которая может содержать более 7000 переменных, представляющая собой систему линейных ограничений (более 1000 ограничений), дополненных условиями неотрицательности некоторых или всех переменных, а также линейной целевой функции, значение которой необходимо максимизировать.

Для решения задач линейного программирования большой размерности используются специальные математические пакеты программ оптимизации. В текущей версии Модельно-Программного Комплекса ОМММ (МПК ОМММ) используется пакет GLPK (GNU Linear Programming Kit) – специальное программное обеспечение с открытым кодом, предназначенное для решения крупномасштабных задач линейного программирования, смешанного целочисленного программирования, а также различных связанных с этими задачами проблем. Входными данными для пакета оптимизации являются текстовые файлы в форматах CPLEX LP, MPS или GLPK, содержащие запись задачи линейного программирования в виде системы неравенств, ограничений, целевой функции и типа оптимизации (максимизация или минимизация). До настоящего времени в текущей версии МПК используется формат MPS.

Далее будет рассмотрен язык КОМБИ-II, разработанный для записи моделей линейного программирования в достаточно удобной и упрощенной форме специально для Модельно-Программного Комплекса ОМММ.

Общая схема функционирования МПК ОМММ. Последовательность работы с Модельно-Программным Комплексом включает следующие пункты (рис. 3.9):

- ручное описание структуры ОМММ (модели);
- ручная подготовка входных данных в виде числовых таблиц;
- программное формирование входного файла (MPS) для оптимизатора;
- программное решение задачи линейного программирования (оптимизация);
- программное чтение выходного файла оптимизатора;
- программный вывод результатов в виде числовых таблиц;
- ручной анализ решения.

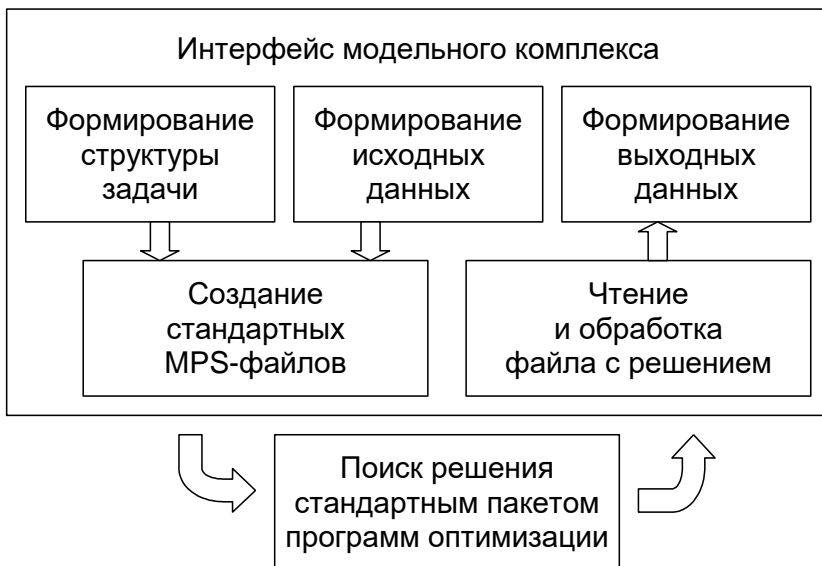


Рис. 3.9. Общая схема функционирования МПК ОМММ

Формирование структуры модели

Структура оптимизационной модели на языке КОМБИ-II (рис. 3.10) требует определения:

- имен переменных и ограничений;
- целевой функции и типа оптимизации (максимум/минимум);
- коэффициентов матрицы задачи линейного программирования;
- границ изменений переменных;
- знаков (равно/меньше/больше) и правых частей ограничений.

Подобный способ представления оптимизационных моделей позволяет описать задачу линейного программирования произвольного размера в наглядном и достаточно компактном виде (рис. 3.11).

Описание элементов модели на языке КОМБИ-II

В ячейки рабочего листа Excel можно записывать матричные выражения на языке КОМБИ-II со ссылками на массивы входных и выходных данных, содержащих прямоугольные блоки имён, знаков или числовых значений. Одиночные элементы можно записывать в явном виде, без ссылок. Синтаксически ссылки на матрицы и векторы не отличаются от тех, которые приняты в самих электронных книгах: «[Книга]Лист!ячейка:ячейка». Получить такую ссылку в ячейке можно с помощью редактора Excel. Для этого надо выделить её, нажать на клавиатуре «=» и выделить другую ячейку или прямоугольную область в той же или любой другой открытой книге. В ячейку запишется адрес, а значением в случае прямоугольной области будет «#ЗНАЧ!», то есть ошибка, поскольку в одной ячейке отобразить матрицу или вектор невозможно. Но нас интересует не значение, а формула. Если в этой формуле заменить «=» на «#», то мы и получим ссылку на прямоугольную область ячеек на языке КОМБИ, например «#[Данные.xls]ТРУДО!\$B\$3:\$AB\$3». Поскольку символ «=» и цифры от 0 до 9 интерпретируются исполняющей системой Excel, как начало формулы, числа или даты, то в языке КОМБИ с этих символов не должно начинаться ни одно допустимое выражение. Это правило гарантирует нам, что все выражения КОМБИ будут выглядеть на листе Excel в точности так, как это и должно быть для представления модели. А если, например, в столбце «тип огр.» необходимо вставить символ «=», то для этого перед ним добавляем апостроф, который сам не отображается в значении ячейки, но указывает исполняющей системе Excel, что в этой ячейке не формула, а текст.

Числовые таблицы для хранения входных/выходных данных снабжаются титульной строкой и заголовками строк и столбцов для лучшего восприятия и сокращения числа ошибок при заполнении данных и анализе результатов (рис. 3.12).

Меню данных		Коэффициенты текут															
Размер		Центральный ФФ															
Год		Базисный год 2013															
		Итого базисный															
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Экономический		1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Финансовый		2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Рыночный		3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Демографический		4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Рис. 3.12. Пример массива данных

Во вторую сверху строку электронной таблицы заносятся описания имён переменных в виде комбинированного текстового выражения, в котором символы амперсанда («&») отделяют друг от друга фрагменты выражения, а символы решётки («#») означают начало ссылки на прямоугольную область в формате [Книга]Лист!Ячейки. Фрагмент, начинающийся не с решётки, задаёт кусок имени в явном виде. Имена ограничений в крайнем левом столбце задаются по тем же правилам (рис. 3.13).

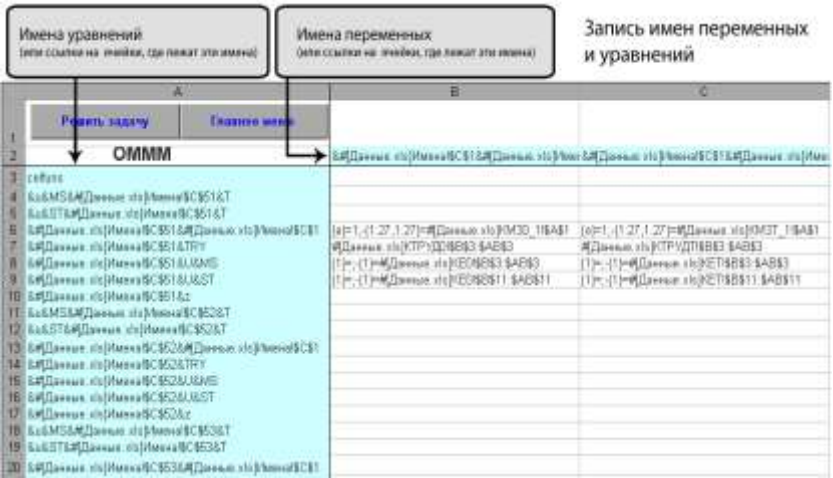


Рис. 3.13. Задание имён переменных и ограничений

Имена последних пяти строк столбца А текущей электронной таблицы: «верхние», «нижние», «фиксация», «решение» и «оценка» всегда должны замыкать список имен уравнений, и этот порядок изменять нельзя. Имена последних четырех столбцов строки 2: «тип огр.», «граница», «решение» и «оценка» также всегда должны замыкать список имен переменных (рис. 3.14).

	A	DH	DI	DI	DI	DI
1	Решить задачу					
2	ОМММ					
3	целфунс					
4	&u&MS&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&T					
5	&u&ST&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&T					
6	&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&T					
7	&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&TRY					
8	&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&U&MS					
9	&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&U&ST					
10	&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&z					
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

Рис. 3.14. Крайние строки и столбцы в описании модели

Под целевую функцию на языке КОМБИ-П всегда отводится третья строка электронной таблицы. В ячейке A3 находится имя целевой функции, а на пересечении третьей строки с именами переменных расположены коэффициенты, с которыми данные переменные входят в целевую функцию модели. Чтобы максимизировать значение целевой функции, необходимо ввести в ячейку, находящуюся на перенесении 3-й строки электронной таблицы и столбца «тип огр.» слово «**max**», а чтобы минимизировать значение целевой функции – слово «**min**» (рис. 3.15).

Имя целевой функции		Запись целевой функции		Поиск решения на максимум или минимум	
Решить задачу		Главное меню			
ОМММ		&l&#(Данные.xls)Имена!\$D\$1		тип огр.	
целфунс				max	
&u&MS&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&T				=	
&u&ST&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&T				=	
&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&T				>=	
&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&TRY				<=	
&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&U&MS				>=	
&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&U&ST				>=	
&#(Данные.xls)Имена!\$C\$51&z				>=	

Рис. 3.15. Описание целевой функции

На пересечении имён переменных и ограничений в электронной таблице указаны коэффициенты (веса), с которыми переменные включаются в ограничения. Таким образом в задачах линейно-

го программирования выделяется область допустимых значений переменных. Иными словами, множество всех точек (сочетаний значений переменных), для каждой из которых выполняются все без исключения ограничения в виде взвешенных сумм переменных, является областью допустимых решений задачи. А уже среди этого множества точек оптимизатор находит одну, в которой достигается минимальное или максимальное значение целевой функции.

Началом координат элементов матрицы ограничений является ячейка **В3** таблицы. Количество ограничений в задаче может быть любым (рис. 3.16).

	A	B	C
	Решить задачу	Целевая функция	
1			
2	ОМММ	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$C\$1:БД[Данные.xls]Имя\$C\$10
3	коэффициент		
4	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10		
5	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10		
6	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$C\$1:БД[Данные.xls]Имя\$C\$10
7	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$C\$1:БД[Данные.xls]Имя\$C\$10
8	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$C\$1:БД[Данные.xls]Имя\$C\$10
9	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$C\$1:БД[Данные.xls]Имя\$C\$10
10	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$C\$1:БД[Данные.xls]Имя\$C\$10

Рис. 3.16. Матрица коэффициентов

Любая переменная в оптимизационной модели может иметь:

- нижнюю границу (LO)
- верхнюю границу (UP)
- фиксированное значение (FX).

Возможны варианты, когда переменная неограниченна (FR), неположительна (MI) или неотрицательна (PL).

Если какие-то переменные в модели должны иметь фиксированные значения, то необходимо на пересечении строк «Фиксация» со столбцами соответствующих имен переменных поставить эти значения (рис. 3.17).

	A	B	C	D
	Решить задачу	Целевая функция		
1				
2	ОМММ	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10	БД[Данные.xls]Имя\$C\$1:БД[Данные.xls]Имя\$C\$10	БД[Данные.xls]Имя\$D\$1:БД[Данные.xls]Имя\$D\$10
3	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
4	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
5	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
6	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
7	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
8	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
9	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
10	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
11	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
12	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
13	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
14	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
15	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
16	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
17	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
18	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
19	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
20	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
21	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
22	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
23	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
24	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
25	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
26	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
27	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
28	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
29	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
30	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
31	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
32	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
33	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
34	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
35	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
36	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
37	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
38	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
39	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
40	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
41	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
42	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
43	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
44	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
45	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
46	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
47	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
48	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
49	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
50	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
51	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
52	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
53	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
54	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
55	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
56	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
57	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
58	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
59	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
60	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
61	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
62	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
63	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
64	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
65	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
66	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
67	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
68	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
69	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
70	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
71	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
72	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
73	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
74	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
75	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
76	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
77	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
78	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
79	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
80	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
81	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
82	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
83	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
84	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
85	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
86	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
87	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
88	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
89	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
90	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
91	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
92	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
93	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
94	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
95	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
96	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
97	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
98	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
99	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			
100	БД[Данные.xls]Имя\$B\$1:БД[Данные.xls]Имя\$B\$10			

Рис. 3.17. Верхние и нижние границы переменных

Ячейки электронной таблицы на пересечении строк «Верхние» и «Нижние» со столбцами имен переменных могут иметь одно из следующих значений: число (или ссылку на массивы, их имена или тексты заданий), «ноль», пусто или слово «Free».

На пересечении имён ограничений со столбцом «тип огр.» задаются знаки соответствующих ограничений модели (рис. 3.18). Тип ограничения в задаче может быть одним из следующих:

Обозначение	Значение
«=»	ограничение имеет знак равенства
«>=»	больше или равно;
«<=»	меньше или равно.

Если ячейка с типом ограничения пустая, то в модели соответствующее ограничение не учитывается (исключается из задачи).

Типы ограничений

Запись типа ограничений задачи

	A	DH	DI
1	Решить задачу		
2	ОМММ	&l&#Данные.xls Имена\$D\$1	тип огр.
3	selfuns		п
4	&u&MS&#Данные.xls Имена\$C\$51&T		=
5	&u&ST&#Данные.xls Имена\$C\$51&T		=
6	&#Данные.xls Имена\$C\$51&#Данные.xls Имена\$C\$51		>=
7	&#Данные.xls Имена\$C\$51&TRY		<=
8	&#Данные.xls Имена\$C\$51&U&MS		>=
9	&#Данные.xls Имена\$C\$51&U&ST		>=
10	&#Данные.xls Имена\$C\$51&z		>=

Рис. 3.18. Описание знаков ограничений

Значения правых частей основных ограничений модели задаются в столбце «граница». Значениями данного столбца могут быть как числа, так и ссылки на адрес ячеек, где указаны значения правых частей ограничений (рис. 3.19).

	A	DI	CU
1	Решить задачу		
2	OMMM	тип вгр.	граница
3	ceilups	max	
4	&MS&Данные.xls Имена!\$C\$1&T	=	0
5	&ST&Данные.xls Имена!\$C\$1&T	=	0
6	&Данные.xls Имена!\$C\$51&Данные.xls Имена!\$C\$51&T	>=	&Данные.xls T4\$B\$3:\$B\$29
7	&Данные.xls Имена!\$C\$51&TRY	<=	17096000
8	&Данные.xls Имена!\$C\$51&U&MS	>=	0
9	&Данные.xls Имена!\$C\$51&U&ST	>=	0
10	&Данные.xls Имена!\$C\$51&z	>=	0
11	&MS&Данные.xls Имена!\$C\$52&T	=	0
12	&ST&Данные.xls Имена!\$C\$52&T	=	0
13	&Данные.xls Имена!\$C\$52&Данные.xls Имена!\$C\$52&T	>=	&Данные.xls T4\$C\$3:\$C\$29
14	&Данные.xls Имена!\$C\$52&TRY	<=	6590000
15	&Данные.xls Имена!\$C\$52&U&MS	>=	0
16	&Данные.xls Имена!\$C\$52&U&ST	>=	0
17	&Данные.xls Имена!\$C\$52&z	>=	0
18	&MS&Данные.xls Имена!\$C\$53&T	=	0
19	&ST&Данные.xls Имена!\$C\$53&T	=	0

Рис. 3.19. Запись правых частей ограничений

Компактное описание модели на листе Excel предполагает объединение в один блок целых массивов имён или числовой информации. Чтобы одна формула могла разворачиваться в одномерную или двумерную таблицу (вектор или матрицу), в языке КОМБИ-2000 заложены, как уже отмечалось, возможности не только делать ссылки на области ячеек, но и составлять сложные выражения, например:

&[Данные2030.xls|Имена!\$C\$1&[Данные2030.xls|Имена!\$C\$51&10 (рис. 3.20).

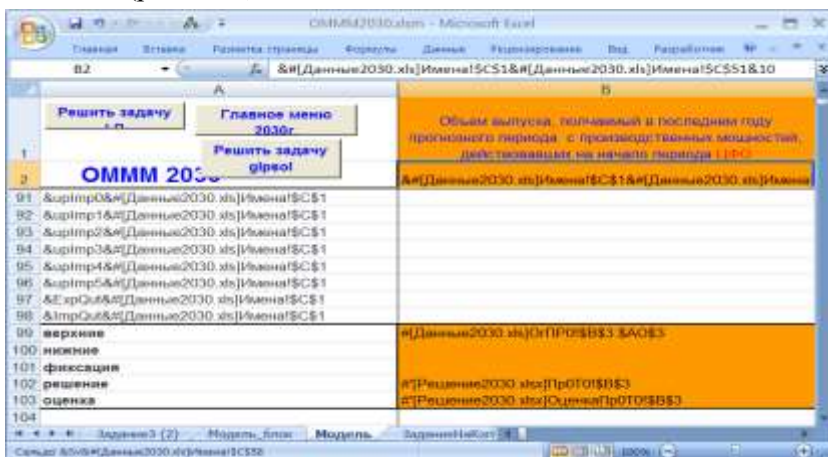


Рис. 3.20. Пример составления сложного выражения в языке КОМБИ-2000

Разберём это выражение по частям

#[Данные2030.xls]Имена!\$C\$1 – это ссылка на ссылку: #c3:c42, которая указывает на массив имён отраслей (рис. 3.21).

Данные2030.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

С1 =#C3:C42

	A	B	C	D
1	Главное меню Меню	#b3:b42	#c3:c42	#c3:c26;c28
2	Отрасли	Номер	Мнемоника	Признак транспортности
3	Сельское хозяйство	1	A1	1
4	Охота и лесное хозяйство	2	A2	1
5	Рыболовство, рыбоводство	3	B0	1
6	Добыча твердого топлива	4	C1	1
7	Добыча нефти	5	C2	1
8	Добыча газа	6	C3	1
9	Руды черных металлов	7	C4	1
10	Руды цветных металлов	8	C5	1
11	Прочие ископаемые	9	C6	1
12	Пищевая	10	D1	1
13	Легкая	11	D2	1
14	Деревообработка	12	D3	1
15	Целлюлозно-бумажная	13	D4	1

Меню Имена КМ30TOR1 КМ30T1R1

Ссылка: #5v8#(Данные2030.xls)Имена!\$C\$58 100%

Рис. 3.21. Имена отраслей

#[Данные2030.xls]Имена!\$C\$51 – ссылка на имя региона (рис. 3.22).

Отрасли	Регион	Номер	Мнемоника	Признак транспортной табельности
48				
49				
50				
51	Центральный ФО	1	CN	
52	Северо-Западный ФО	2	SZ	
53	Южный ФО	3	JA	
54	Северо-Кавказский ФО	4	CK	
55	Приволжский ФО	5	PI	
56	Уральский ФО	6	UI	
57	Сибирский ФО	7	SB	
58	Дальневосточный ФО	8	DV	
59	Арктика	9	AR	

Рис. 3.22. Имена регионов

10 – это просто символы, обозначающие базовый год (2010).

Символ & означает операцию конкатенации элементов, то есть соединения их содержимого слева направо. В результате это выражение разворачивается в массив имён (вертикальный), размер которого совпадает с числом отраслей: A1CN10, A2CN10, B0CN10, C1CN10, C2CN10, C3CN10, C4CN10, ..., NOCN10, O0CN10.

В целях упрощения описаний модели принято соглашение, что имена переменных во второй строке автоматически транспонируются в горизонтальный массив: A1CN10, A2CN10, B0CN10, C1CN10, C2CN10, C3CN10, C4CN10, ..., NOCN10, O0CN10.

Границы переменных, задающие предельные значения объёмов производства или ввоза/вывоза, представлены, как правило, ссылкой на строку:

#[Данные2030.xls]ОгПР0!\$B\$3:\$AO\$3 (рис. 3.23).

2030 год	Сельское хозяйство	Охота и лесное хозяйство	Рыболовство, рыбоводство	Добыча твердого топлива	Добыча нефти	Добыча газа	Руды черных металлов
Центральный ФО	1047922	13057	3189	601	0	0	20454
Северо-Западный ФО	186145	54362	63812	31591	341606	5224	0
Южный ФО	646137	677	8793	10798	117527	19690	0
Северо-Кавказский ФО	334486	146	876	0	19595	930	0
Приволжский ФО	994033	20454	1185	1283	1364011	28531	0
Уральский ФО	283972	7469	2459	4559	3537433	664939	0
Сибирский ФО	569944	60230	1709	658775	567192	11705	0
Дальневосточный ФО	126069	17375	148077	73778	265645	35082	0
Итого	4 188 698	173 770	230 190	781 385	6 207 009	766 101	40 000

Рис. 3.23. Ограничения на объемы производства

В строках решения и оценки достаточно указывать ссылку на одну ячейку, начиная с которой программа будет выводить результаты оптимизации:

#[Решение2030.xlsx]Пр0Т0!\$B\$3 (рис. 3.24).

2030 год	Центральный ФО	Северо-Западный ФО	Южный ФО	Северо-Кавказский ФО	Приволжский ФО
Сельское хозяйство	1 047 920,0	186 145,0	646 137,0	334 486,0	994 033,0
Охота и лесное хозяйство	13 057,0	54 362,0	0,0	0,0	20 454,0
Рыболовство, рыбоводство	0,0	63 812,0	8 793,0	0,0	0,0
Добыча твердого топлива	601,0	31 591,0	10 798,0	0,0	1 283,0
Добыча нефти	0,0	341 606,0	117 527,0	19 595,0	1 364 010,0
Добыча газа	0,0	5 224,0	19 690,0	930,0	28 531,0
Руды черных металлов	204 54,0	99 781,0	0,0	0,0	0,0
Руды цветных металлов	0,0	3 087,0	0,0	1 685,0	61 323,0
Прочие ископаемые	42 448,0	92 890,0	15 828,0	3 436,0	33 829,0
Пишпеза	1 958 230,0	733 901,0	472 230,0	123 807,0	775 381,0
Легкая	203 225,0	51 436,0	67 595,0	5 510,0	70 113,0
Деревобработка	132 088,0	133 561,0	7 999,0	0,0	75 929,0
Целлюлозно-бумажная	158 318,0	196 460,0	17 272,0	2 734,0	73 095,0

Рис. 3.24. Оптимальные объемы производства

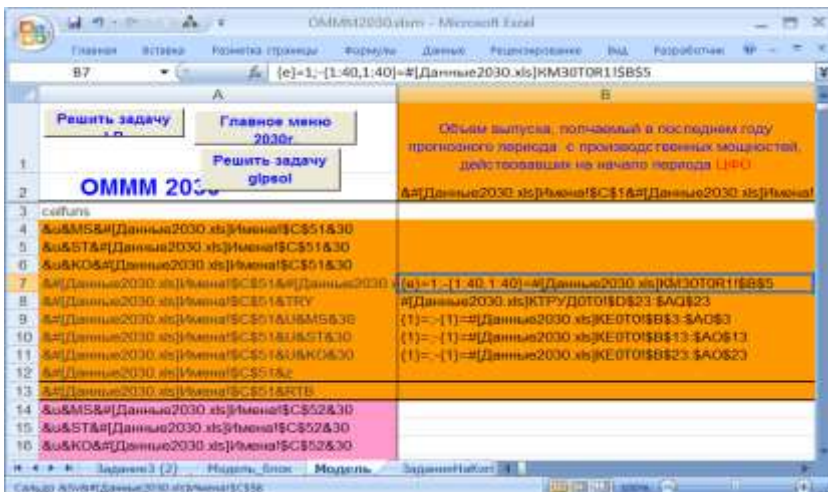


Рис. 3.25. Запись ОМММ

В этой строке символ апострофа (‘) означает, что результаты должны быть транспонированы и вместо строки будут записаны в столбец. Запись материального баланса в блоках внутрирегионального производства-потребления требует некоторого набора матричных операций:

$\{e\}=1;- \{1:40,1:40\}=\#[\text{Данные2030.xls}]KM30T0R1!\$B\$5$
(рис. 3.25).

Это выражение сконпоновано из двух частей:

$\{e\}=1$ – единичная матрица, обозначающая производство единицы продукции каждой отрасли. Здесь единица произведённой продукции берётся со знаком плюс;

$- \{1:40,1:40\}=\#[\text{Данные2030.xls}]KM30T0R1!\$B\$5$ – коэффициенты материальных затрат, выражающие, сколько продукции каждой из отраслей затрачивается на производство одной единицы продукции производящей отрасли. Затраты учитываются со знаком минус (рис. 3.26).

- &имя1&имя2 – конкатенация строчных имен;
- &#[имя_книги]имя_листа!имя_ячейки&имя2 – приписывание строки имя2 к каждой компоненте массива строк;
- {e}=число – диагонали матрицы заполнить числом;
- {r}=число – строку с номером r заполнить числом;
- {,c}=число – столбец с номером c заполнить числом;
- {r,c}=число – ячейку (область ячеек) заполнить числом;
- {e}=1;-{1:40,1:40}=#[Данные.xls]KM30_1!\$A\$1 – из единичной матрицы 40 на 40 вычесть матрицу, стоящую за ссылкой.

Литература

1. Межрегиональные межотраслевые балансы. – Новосибирск: «Наука», 1983.
2. Суслов В.И. Комплекс программ по обработке матричных массивов информации. – В кн. Математическое обеспечение экономических исследований. – Новосибирск: «Наука», 1985.
3. Суслов В.И. Измерение эффектов межрегиональных взаимодействий: модели, методы, результаты. – Новосибирск: «Наука», 1991.
4. Суслов В.И., Ибрагимов Н.М. Модельно-программный комплекс прогнозирования и анализа территориальной структуры экономики // Экономическое развитие России: региональный и отраслевой аспекты. Вып. 6. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2005.
5. Ибрагимов Н.М., Костин В.С. Язык КОМБИ – средство представления оптимизационных моделей в МПК анализа и прогнозирования пространственной экономики. – DOI: 10.33764/2618-981X-2021-3-1-233-239 // Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2021. 17-й Международный научный конгресс (19–21 мая 2021 г., Новосибирск). В 8 т. Т. 3: Международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» / Отв. за вып.: В.И. Суслов, Л.К. Казанцева; Министерство науки и высшего образования РФ, Сибирский гос. университет геосистем и технологий. – Новосибирск: СГУГиТ, 2021. – ISSN 2618-981X. – № 1. – С. 233–239.