ОПЫТ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСТОРИКО-СОЦИАЛЬНОГО ПРОЦЕССА

В. А. Устинов, В. И. Кузищин, Ю. Н. Павловский, А. С. Гусейнова

В настоящее время исследователи все чаще стали обращаться к использованию математических методов в общественных науках, в том числе в истории. Математические методы и ЭВМ успешно применяются как новый и более совершенный инструмент для переработки информации, содержащейся в различных исторических источниках. Как для историков, так и для математиков большой интерес представляет переход к следующему этапу применения математических методов в исторических исследованиях — математическому моделированию историко-социальных процессов.

Модель в широком понимании — отражение наших представлений о реальном мире. В кибернетике математическая модель определена как «относительная истина, отражающая определенные особенности изучаемых явлений» [1]. Продвижение к абсолютной истине возможно только путем изучения бесконечного ряда относительных истин-моделей, приближенно отражающих различные стороны реальной действительности. Существуют различные способы представления моделей: интуитивный, словесный, механический, электрический, математический. При изучении источников историк создает в своем сознании определенное представление об исторической реальности — умозрительную модель, которую оформляет в виде монографий, очерков, статей и т. п. В физико-технических исследованиях давно используются механические модели (модель самолета, ракеты в аэродинамической трубе, модель ГЭС в лабораторном бассейне и т. д.), достаточно приближенно описывающие реальные объекты. В естественных науках уже со времени Ньютона применяются математические модели. Законы Ньютона были одной из первых важных моделей процессов, изучаемых физикой, моделью механического движения. Современные успехи механики, физики, астрономии основаны на широком использовании надежных математических моделей.

В общественных науках математические модели впервые были применены К. Марксом в «Капитале». Вместе со словесным представлением строго научной модели, вскрывающей закономерный характер генезиса и развития капиталистического способа производства, а также предсказывающей его неизбежную гибель и дальнейшее развитие общества, в наиболее важных ее разделах К. Маркс использует математическое описание. Теория стоимости, описывающая многочисленные и разнообразные свойства товара, модель расширенного воспроизводства, вскрывающая важнейшие особенности производства, выражены К. Марксом на языке математики. Основоположники марксизма-ленинизма стремились применять математические методы в своих исследо-

[1] Н. Н. Моисеев. Математические модели экономической науки. М. 1973, стр. 5.

ваниях социально-экономических процессов. К. Маркс, например, писал: «Я неоднократно пытался — для анализа кризисов — вычислить эти up and downs (повышения и понижения.— *Ред.*) как неправильные кривые и думал (да и теперь еще думаю, что с достаточно проверенным материалом это возможно) математически вывести из этого главные законы кризисов» [2]. Известно, какое значение придавал статистике и математическим методам анализа В. И. Ленин. Он видел в статистической сводке материала один из важнейших инструментов познания объективных процессов, происходящих в обществе. Так, в первые месяцы осуществления нэпа, когда очень остро стоял вопрос о темпах и характере восстановления экономики, В. И. Ленин предложил «составить своего рода index-number», то есть число-показатель, с тем чтобы представлять «ежемесячную сводку главных данных нашей хозяйственной жизни (цифры и кривая)». «Без этого у нас не будет обзора хозяйственной жизни. Это одна из баз работы Госплана» [3],— подчеркивал он.

В современной экономической науке сформировалось мощное самостоятельное направление экономико-математических исследований, основанное на конструировании и изучении математических моделей.

Математическое представление модели, в отличие от всех других способов представления, использует формально-логический аппарат математики для описания характеристик, свойств, особенностей изучаемых объектов и процессов реального мира. С помощью современных математических методов и технических средств (ЭВМ) можно глубже и полнее понять эти свойства и особенности, всесторонне анализировать поведение модели в целом. Создание математических моделей и их исследование и есть математическое моделирование.

Важное преимущество математического моделирования — широкая возможность количественного анализа моделей. В памяти машины могут быть записаны все числовые параметры исследуемой модели, которые относятся к экономике, демографии, военным операциям, строительству, культуре, быту и т. д. Если умозрительные описательные модели весьма редко конструируются на основе количественных оценок, то при математическом моделировании с помощью ЭВМ открывается возможность довольно полного учета, строгого и логического анализа всех числовых данных, включенных в исследование.

Успехи применения математического моделирования в области естественных наук обусловлены тем, что в течение веков разрабатывался математический аппарат, развивались определенные математические дисциплины (дифференциальное и интегральное исчисление, теория дифференциальных уравнений, функциональный анализ и т. д.). Новые направления в математике, созданные для потребностей общественных наук (математическая экономика, динамическое программирование, теория информации, математическая лингвистика и др.) возникли только в послевоенное время. Сама электронная вычислительная техника, появившаяся всего около 30 лет назад, и прежде всего для потребностей естественных наук, только теперь, когда создано ее третье поколение [4], может быть использована для целей общественных наук.

Применение математического моделирования в области общественных наук позволяет ставить и решать важные комплексные проблемы. Организация комплексных исследований предполагает органиче-

[2] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч. Т. 33, стр. 72.

[3] В. И. Ленин. ПСС. Т. 52, стр. 214, 215.

[4] Первое поколение машин — это ламповые машины с быстродействием порядка 10—20 тыс. операций в секунду. Например, машина БЭСМ-1 (1953 г.) имеет емкость памяти — 2048 слов, скорость — 7—8 тыс. операций в секунду. Второе поколение — это транзисторные машины с быстродействием порядка сотен тысяч операций в секунду. Например, БЭСМ-6 (1967 г.), объем памяти — 32 768 слов, скорость — 1 млн. операций в секунду. Третье поколение — машины на интегральных схемах и вычислительные комплексы с быстродействием порядка миллионов операций в секунду.

ское слияние различных методов исследования, участие специалистов разных областей знания (философов, экономистов, историков, социологов, юристов, лингвистов, этнографов, археологов и т. д.), подчинение исследования задаче решения единой комплексной проблемы, освоение смежных областей знания, привлечение разнообразных и специфических для каждой из этих отраслей знания источников. Математическая модель любого процесса — это прежде всего совместное творчество специалистов, которые изучают этот процесс, и математиков, которые занимаются инструментом — конструированием модели.

В настоящее время интенсивно развиваются имитационные методы моделирования, которые включают в себя систему математических моделей исследуемого историко-социального процесса, математические программы, по которым ЭВМ реализует течение процесса, и исследователей, изучающих данный процесс. Общение исследователей с ЭВМ осуществляется с помощью различных технических устройств, позволяющих вводить в ЭВМ данные, необходимые для воспроизведения процесса, получать из ЭВМ информацию о течении процесса. Современные технические устройства дают возможность оперативно общаться с машиной и в наглядной форме получать результаты решения задачи, на основе изучения которых человек вновь обращается к машине; так продолжается до тех пор, пока не будет получено удовлетворительное имитирование изучаемого процесса, наиболее адекватно отражающее реальную действительность.

С освоением и внедрением математического моделирования в общественные науки укрепляется техническая и общеметодическая база научно-исследовательской работы, и вместе с тем выдвигаются новые, повышенные требования к уровню научной методологии. На эту сторону вопроса обратил внимание А. И. Данилов, который писал в статье «К вопросу о методологии исторической науки»: «Перед современной исторической наукой стоит задача правильно использовать в исследовательской практике все достижения научного познания, в том числе и математической логики. Это диктуется самим развитием науки, необходимостью совершенствовать конкретные методики исторического исследования» [5]. Далее в статье подчеркивается, что познавательный арсенал историка не нейтрален по отношению к его мировоззрению, к его классовым интересам, к вопросу о партийности философии. Никакая «прикладная логика истории», никакая формализация исторического знания «не могут устранить классовый подход к историческим явлениям» [6].

Нами была построена и исследована имитационная социально-экономическая модель конкретного исторического процесса. В процессе имитационного исследования были выполнены следующие виды работ: I. Изучен выбранный для имитационного моделирования исторический период; II. Составлена словесная модель исторического процесса этого периода; III. Разработана графическая блок-схема причинных связей модели; IV. Разработаны математические уравнения, соотношения, отражающие связь между всеми параметрами исследуемого процесса; V. Разработана и составлена блок-схема вычислительного процесса; VI. Вычислительный процесс запрограммирован для ЭВМ на алгоритмическом языке; VII. Изучаемый процесс проимитирован на ЭВМ; VIII. Проанализированы и оценены важнейшие результаты.

Для построения имитационной модели очень важен выбор подходящего объекта исследования. Прежде всего о нем должна содержаться достаточная информация в дошедших до нас источниках, и вместе с тем он должен быть важным историческим событием, оказавшим вли-

[5] «Коммунист», 1969, № 5, стр. 69.
[6] Там же, стр. 72.

яние на ход общественного развития. Это событие должно протекать в более или менее однородной исторической среде, то есть в условиях сложившейся общественной системы. Для первой попытки менее эффективны так называемые переходные исторические эпохи, когда в системе общественных отношений сложно и противоречиво переплетаются пережитки прежней эпохи и новые явления. Наконец, объект должен удовлетворять еще одному условию: это должно быть общество с достаточно высоким уровнем цивилизации, так как слишком примитивное или сложное общественное устройство для этих целей малопригодно: первое — в силу малой эвристической ценности результатов, второе — в силу особой трудности для исследования.

Поиск такого объекта был направлен на древнегреческие полисы. Объектом исследования было избрано одно из важнейших событий в истории древнегреческих полисов, а именно: греческое рабовладельческое общество периода Пелопоннесской войны (431—404 гг. до н. э.). При выборе именно этого объекта исследования учитывался ряд соображений. Вторая половина V в. до н. э.— эпоха «высочайшего внутреннего расцвета Греции» [7], расцвета классического рабовладельческого способа производства, создания интенсивной экономики, развития простого товарного производства, морских и торговых связей, оформления греческой демократии, расцвета греческой культуры. К середине V в. в раздробленной на множество полисов Греции оформились два крупных военно-политических блока: Пелопоннесский союз и Афинский морской союз, вокруг которых объединились многие греческие полисы. Острые военно-политические и социальные противоречия между этими союзами вылились в общегреческую кровопролитную войну, которая потребовала крайнего напряжения сил, выявила и обнажила многие стороны общественно-экономической и политической жизни, в мирных условиях остававшиеся скрытыми. Пелопоннесская война оказала огромное влияние на последующее развитие древней Эллады, греческого рабовладельческого общества. Она подробнее отражена в источниках, материалов по ней несколько больше, чем по другим военным кампаниям древности.

Таким образом, попытка построить имитационную модель хода Пелопоннесской войны позволяет «проиграть» одно из ключевых событий высшего периода внутреннего развития Древней Греции, причем на относительно богатом материале источников и литературы. Это придает данной модели определенную историческую реальность, дает возможность полнее отработать механизм создания такой модели и вместе с тем имеет значение для проверки существующих точек зрения, то есть некоторое научное значение. В пользу этого объекта были аргументы и чисто технического характера. Исследование имитационных моделей с помощью ЭВМ второго поколения весьма затруднительно. Для этого нужны ЭВМ с большой памятью (ЭВМ третьего поколения). Мы располагали машиной БЭСМ-6, поэтому нужно было выбрать такой исторический процесс, чтобы его имитационную модель можно было считать на БЭСМ-6, машине второго поколения.

Пелопоннесская война была общегреческой и затронула очень многие полисы Древней Греции, из которых одни выступали на стороне Афин, другие на стороне Спарты. Из-за недостатка данных невозможно было учесть средства всех участников войны, включая мелкие полисы. Поэтому пришлось иметь дело с ведущими полисами, игравшими в военных действиях основные роли. Так, для афинской стороны речь идет о военно-экономическом потенциале Аттики, включая денежные средства и корабли союзников. С отбором основных полисов другой воюющей стороны дело обстояло сложнее: здесь одна Спарта не могла

[7] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч. Т. 1, стр. 98.

представлять военно-экономический потенциал Пелопоннесского союза. Поэтому при подсчетах средств пелопоннесской стороны учтен также потенциал Коринфа и Фив. Невозможно понять общую ситуацию в Греции того времени, если не принять также во внимание военно-экономический потенциал одного из крупнейших греческих полисов Сицилии — Сиракуз, хотя в первые годы войны Сиракузы не принимали активного участия в военных действиях.

В модели население каждого полиса разделено на слои, причем за основу принято социально-классовое членение афинского общества как относительно более развитого и сложного. Были выделены следующие слои среди гражданства: крупные землевладельцы — типа пентакосеомедимнов Солона; средние землевладельцы — всадники Солона; зажиточные землевладельцы — зевгиты; бедные землевладельцы-крестьяне — часть фетов, по Солону; крестьяне — безземельные, арендующие землю; наемные сельскохозяйственные рабочие, живущие главным образом продажей своей рабочей силы. Вторая большая группа граждан — занятые в ремесленном производстве или живущие в городе и утратившие связь с сельским хозяйством. В этой группе выделены следующие слои: работающие по найму, мелкие торговцы, владельцы крупных ремесленных эргастериев (богатые ремесленники), владельцы средних по размерам ремесленных рабовладельческих мастерских (средние ремесленники) и бедные ремесленники. С учетом важности негражданского населения во многих греческих полисах выделена третья группа населения, которая условно названа афинским термином «метеки» и которая в схеме также делится на три слоя: богатые, средние и бедные метеки.

Особая графа отведена государству. Хотя рабы были основным производящим классом и их численность в наиболее развитых полисах была весьма значительной, они не помещены в отдельную рубрику, а распределены по тем слоям свободного населения, к которым они принадлежат.

Для характеристики каждого слоя взяты следующие показатели: количество рабов, количество хозяйств и общая численность слоя, включая женщин и детей, площадь каждого хозяйства, общая площадь полиса, площадь обрабатываемой земли, количество полученных с земли продуктов, необходимый импорт и экспорт, стоимость необходимых товаров и потребительский минимум представителя каждого слоя. Сделана попытка учесть запас денег у каждого слоя населения, комплектование войска из разных слоев, доходы и расходы государства, каждого слоя, а также потери в воинах, рабах, опустошение неприятелем территории и, следовательно, сокращение сельскохозяйственного производства. Естественно, этот отбор потребовал большого количества цифрового материала, который, к сожалению, не всегда был достаточен. К тому же данные о тех или иных величинах у современных исследователей сильно отличаются друг от друга. Поэтому пришлось отбирать количественные данные с большой осторожностью, много раз проверяя материал, максимально используя сообщения первоисточников, заимствуя статистические подсчеты из литературы.

Для построения самих связей имитационной модели греческого общества на примере пяти ведущих полисов не требовалось детального уточнения случайных и единичных цифр, сохранившихся в источниках. Даже специальные исследования на эту тему приводят к малоутешительному выводу о недостоверности цифровых подсчетов и к значительным расхождениям среди специалистов. В дальнейшем наша цель была такой: зная ход и результаты процесса (в частности, Пелопоннесской войны), на основе имеющихся данных построить его полную математическую модель с включением всех необходимых для этого данных и коэффициентов. Для этого использовались цифровые материа-

лы, к сожалению, случайные, которые сохранились в источниках, прежде всего в сочинениях Фукидида, Ксенофонта, ораторов, некоторых надписях, для аналогии привлекались цифровые данные древнеримских писателей и подсчеты современных исследователей (избегая крайних точек зрения). Для различных расчетов использовались главным образом работы советских авторов Н. А. Машкина, Я. А. Ленцмана, В. Д. Блаватского, К. М. Колобовой, Л. М. Глускиной, В. Н. Андреева, Э. Д. Фролова, Т. Ф. Новиковой. При определении исходных данных были использованы работы К. Белоха, А. Франкотта, Г. Глотца, П. Клоше, С. Лауффера, А. Джонса, П. Оливы [8]. При работе с цифровым материалом приходилось обращаться и к гипотезам, основанным на некоторых случайных данных и анализе общей ситуации.

При отборе цифровых показателей проводилась их проверка и уточнение и избирался непротиворечивый для общей системы вариант. Проиллюстрируем это на примере общих расчетов населения Афин, сделанных в свое время А. Франкоттом, Г. Глотцем и Д. Гоммом. По Франкотту, общее число жителей в Афинах—220—290 тыс., из них граждан с семьями —96,6 тыс., метеков с семьями —46 тыс., рабов —75—150 тысяч. Глотц насчитывал в Афинах граждан с семьями —135—140 тыс., метеков — 65—70 тыс., рабов — 200—210 тыс., а Гомм соответственно всего 155 тыс., из них граждан с семьями—60 тыс., метеков—25 тыс., рабов —70 тысяч.

Общая площадь Аттики определяется приблизительно в 2418,75 кв. километров. Так как значительную часть ее территории составляют горные и неудобные для земледелия массивы, то площадь обрабатываемой земли достигает 25—27% территории, или около 65 тыс. гектаров [9]. В модели функционируют пять видов необходимых сельскохозяйственных продуктов: зерно, вино, масло, мясо, шерсть. По Цицерону, каждый югер земли (близ Леонтин) засевали 1 медимном зерна (Cic. in Verr, III, 112). Следовательно, 1 га засевали 4 медимнами зерна. Учитывая малую плодородность аттической почвы, можно допустить, что средний урожай в Аттике равен сам-4 [10]. Итак, с одного га снимают урожай в 16 медимнов зерна, 4 медимна которого используются для посева, а остальные 12 — для продажи и потребления.

Для определения урожайности виноградников использовались следующие расчеты. По свидетельству Плиния, с югера виноградника получали 20 амфор, или 840,32 л вина, по данным Грецина,— 525,2 л, по расчетам Колумеллы,— 787,8 л вина. Таким образом, с 1 га получали 2 тыс.—3320 л вина [11]. В Аттике повсеместно выращивали виноград и экспортировали вино. Греки были искусными виноградарями. Допустимо предположение, что в среднем с 1 га виноградника получали 3 тыс. л вина.

---

[8] Для характеристики общего социально-экономического положения Спарты использовались работы: A. H. Jones. Sparta. Oxford. 1967; P. Oliva. Sparta and Her Social Problems. Prague. 1971, особенно стр. 29—62. О положении Фив см. P. Cloché. Thèbes de Béotie. Des origines a la conquette romaine. Namur. 1955—. О Сиракузах см: Э. Д. Фролов. Выступление и приход к власти Дионисия Старшего. «Вестник древней истории» (ВДИ), 1971, № 3; Т. Ф. Новикова. Экономическое развитие Сиракуз в V в. до н. э. «Ученые записки» Башкирского пединститута. VII. 1956; A. Fiori. Le citta della Magna Graecia. R. 1965. Однако большинство исследований основывается главным образом на афинском материале, так как социально-экономическое положение Афин изучено более полно и служит опорой и неким образцом при многих наших подсчетах и предположениях. О ценах см. исследование: L. Spaventa-Novellis. I prezzi in Graecia e a Roma nell'antichità. R. 1934.

[9] В. Н. Андреев. Размеры земельных участков в Аттике в IV в. до н. э. ВДИ, 1959, № 2, стр. 122.

[10] A. Jarde. Les cereales dans l'antiquite grecque. P. 1925, p. 58; Дж. Томпсон. Исследования по истории древнегреческого общества. М. 1959, стр. 308.

[11] В. Д. Блаватский. Земледелие в античных государствах Северного Причерноморья. М. 1953, стр. 160.

В Аттике оливководство было одной из процветающих отраслей. Данных по выработке оливкового масла, к сожалению, нет. Но в современной Греции выход оливкового масла с 1 га оливковой рощи равен 230—400 литрам [12]. Современная агротехника позволяет выработать масла больше, чем в древности. Поэтому можно предположить, что в Аттике V в. до н. э. с 1 га маслинника получали, возможно, 200 л оливкового масла.

Согласно данным Полибия, норма потребления зерна для римского легионера была 3,5 модия в месяц (Pol., VI, 39). Катон рекомендовал давать своим рабам 4—4,5 модия в месяц (Cat., 56), остальным полевым работникам — по 3 модия. В переводе на греческие меры это составляет около 5,5 медимнов в год. По Катону, в год на раба полагалось 183,82 л вина (Cat., 57). Положим, что один раб в год потребляет 180 л вина, а свободное население в зависимости от состоятельности 180—220 л на человека в год [13]. По Катону, в месяц рабу выдается 0,54 л масла, в год — 6,5 литра. Потребление свободных было несколько выше, возможно, 7—9 л оливкового масла в год на человека, в зависимости от имущественного положения.

Начнем с анализа цифр Глотца. Для удовлетворения нужд населения в вине нужно: 400 тыс. человек $\times$ 190 л вина/чел. = 76 000 тыс. л вина. Для производства такого количества вина требуется 76 000 тыс. л вина: 3 тыс. л/га = 25 333 гектара. Афины экспортировали свое вино, и на его экспорт шло не менее 10—15% общего производства. Таким образом, площадь земли под виноградниками составляет не менее 28 тыс. гектаров.

Для потребления масла 400 тыс. человек нужно 400 тыс. чел. $\times$ 7 л масла/чел. = 2800 тыс. л масла. 2800 тыс. л. : 200 л/га = 14 тыс. гектаров. Афины довольно много экспортировали масла (вряд ли менее 25—30% общей выработки), тогда площадь земли под оливковыми деревьями составляет 20 тыс. гектаров. Тогда площадь под злаками 65 тыс. га — 20 тыс. га — 28 тыс. га = 17 тыс. га, в пересчете на потребление населения зерна производится только на 40 тыс. человек, что составляет 10% общей численности населения. Для обработки 65 тыс. га земли достаточно 70—75 тыс. человек (вместе с рабами), что составляет 17—19% от общей численности населения. Однако, насколько известно из общей ситуации, в Аттике того времени сельское хозяйство занимало большее место в хозяйственной жизни полиса. Приведенные же цифры несколько принижают роль сельского хозяйства в экономике Афин, а следовательно, и роль крестьянства в политической жизни государства.

Проведем аналогичные расчеты для цифр Гомма: 155 тыс. чел. $\times$ 190 л/чел. = 29 450 тыс. л вина, или 10 тыс. гектаров. 155 тыс. чел. $\times$ 7 л/чел. = 1085 тыс. л масла, или 7 тыс. гектаров. Зерна хватит на 80 тыс. человек, что составляет свыше 50% населения. В сельском хозяйстве Афин занято более 70 тыс. человек (вместе с рабами), причем свыше 70% граждан. Но на рудниках и государственных стройках работают 39 тыс. человек, из них 10 тыс. рабов [14]. Таким образом, непосредственно производством ремесленных изделий занято 12 тыс. человек и 25 тыс. рабов. Вряд ли город с таким количеством ремесленников

---

[12] В. Д. Попов. Экономика Греции. М. 1962, стр. 45, 49.

[13] Ps — xen. Ath. pol. I, 10. Здесь подчеркивается, что по одежде, внешнему виду трудно отличить гражданина от раба или метека. Возможно, что и нормы потребления у тех и других не очень отличались. Во всяком случае, в Риме нормы потребления рабов и крестьян были близки (см. М. Е. Сергеенко. Жизнь Древнего Рима. М. 1964, стр. 121—122).

[14] Л. М. Глускина. О специфике греческого классического полиса в связи с проблемой его кризиса. ВДИ, 1973, № 2, стр. 30—31. Автор пишет о широком применении труда рабов и метеков в строительстве, на рудниках, в различных ремеслах.

можно считать крупным торгово-ремесленным центром. Едва ли эти цифры отражают размах торгово-ремесленной активности Афин, которые от одних только пошлин получали значительные средства.

Возьмем, наконец, цифры, предложенные Франкоттом: всего —235 тыс. человек, из них граждан с семьями—105 тыс., метеков —50 тыс., рабов — 80 тысяч. Проведем для них аналогичные расчеты: 235 тыс. чел. × 190 л вина/чел. = 44 650 тыс. л вина, или 16 тысяч гектаров. 235 тыс. чел. × 7 л масла/чел. = 1645 тыс. л масла, или 11,5 тыс. гектаров. Зерна хватит на 70—80 тыс. человек, что составляет 30—34% населения. Около 40% граждан занимается сельским хозяйством. Непосредственно производством ремесленных изделий занято 25 тыс. граждан, 50 тыс. метеков, 35 тыс. рабов. Эти цифры лучше отражают общую ситуацию в Афинах, поэтому они и были использованы при моделировании.

Ряд данных был выяснен и уточнен путем экспериментальных подсчетов на ЭВМ. Так, были подсчитаны потоки ввозимых и вывозимых товаров, набор товаров [15], производимых одним ремесленником, спрос и предложение каждого слоя населения. После того как были определены все экономические коэффициенты мирного периода времени, на их основе были выведены цифры военного периода. Таким образом была получена уточненная словесная модель этого исторического периода и привлечены для дальнейшего анализа данные, которых недоставало. Используемые данные характеризовали: население, территорию, экономику (сельское хозяйство, ремесло, внутреннюю и внешнюю торговлю, производительность труда, потребление, финансы и т. д.), состав и численность армии, вооружение, военные расходы, а также строительство, дань союзных государств и всевозможные другие числовые значения.

На основе всех этих сведений была составлена графическая блок-схема причинных связей модели изучаемого процесса (см. рис. 1), которая отражает группы взаимодействующих параметров, взаимосвязь и взаимовлияние между ними. Направление взаимосвязей изображено дугой, стрелка которой показывает направление изменения двух взаимодействующих групп параметров. Знак «+» или «—» указывает на то, увеличивается или уменьшается группа параметров, на которую направлена дуга взаимодействия, при увеличении группы параметров, из которой эта дуга исходит. Графическая блок-схема причинных связей дает легкообозримое изображение структуры моделируемой системы. Такие схемы впервые начал использовать в процессе моделирования Дж. Форрестер [16]. На ее основе было разработано математическое описание, где на языке математических уравнений и соотношений отражены связи между всеми параметрами исследуемого процесса.

При моделировании был выбран достаточно высокий уровень агрегирования (замены нескольких параметров системы одним параметром). Уровень агрегирования определяется возможностью объединять в один фактор группы различных факторов, сходным образом действующих на систему. Например, было принято, что хозяйства у представителей одного и того же слоя населения одинаковы, что все представители одного и того же слоя имеют равные доходы, расходы, потребление. Все ремесленные товары были агрегированы. Например, за одно текстильное изделие принимался тот набор одежды, который изнашивает один человек за год. За шаг моделирования был взят один год, то есть цикл развития сельского хозяйства.

В процессе имитации войны модель автоматически учитывает все изменения параметров, связанные с военными операциями. Враг насту-

[15] Было принято, что в хозяйстве функционируют 12 видов товаров: зерно, вино, оливковое масло, мясо, шерсть, руда, предметы обихода, сельскохозяйственные орудия, текстильные изделия, предметы роскоши, оружие, рабы.

[16] Дж. Форрестер. Основы кибернетики предприятия. М. 1971.

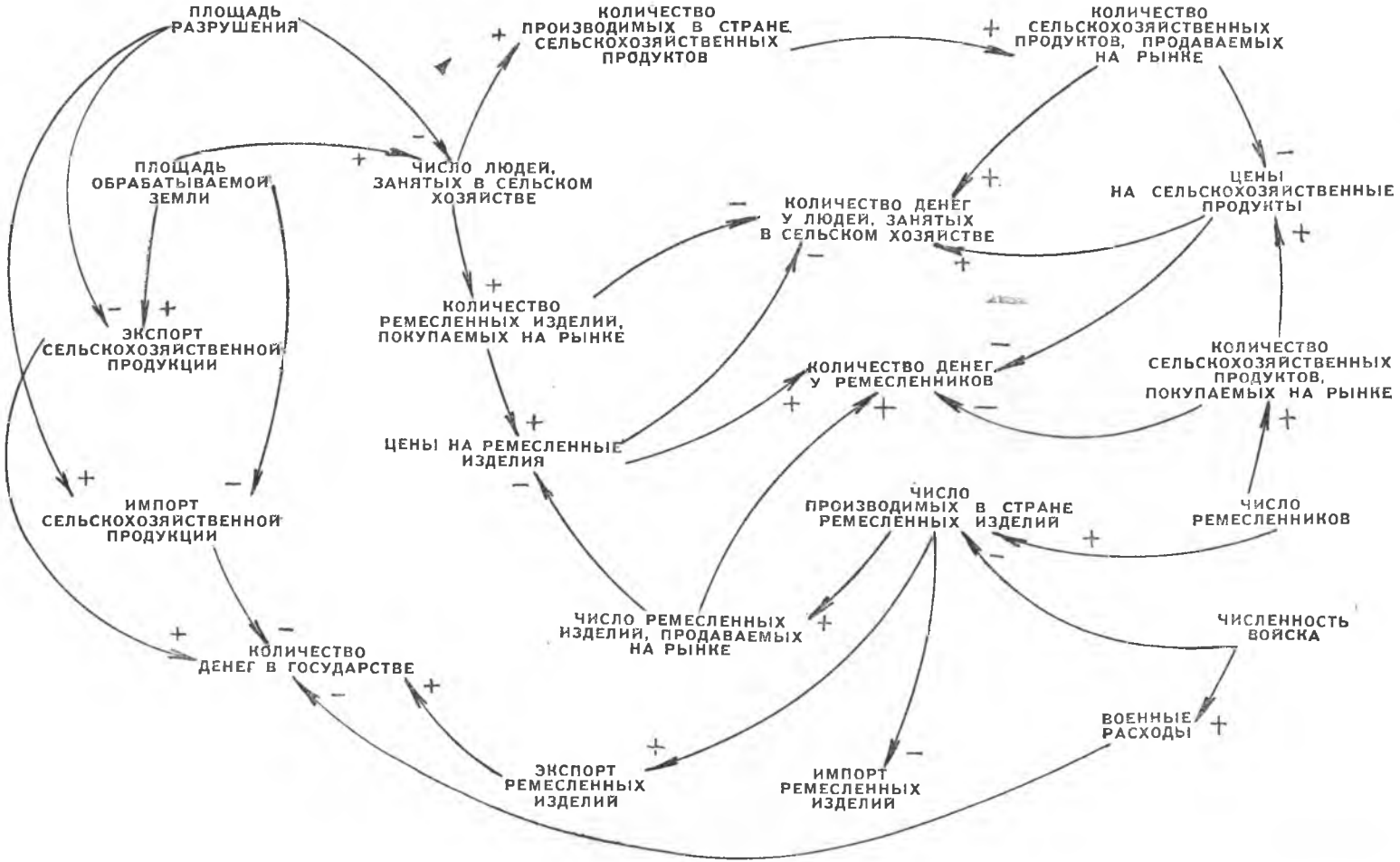

Рис. 1. Блок-схема причинных связей.

пает и захватывает часть территории полиса. В зависимости от степени внезапности нападения (для каждого года вводится этот коэффициент) модель рассчитывает, сколько денег, продуктов было захвачено врагом у каждого слоя. Захваченная добыча распределяется в определенных пропорциях внутри вражеского лагеря. В машину вводятся только коэффициенты, характеризующие пропорции распределения военной добычи. Модель автоматически рассчитывает, сколько денег, продуктов захватили воины каждого слоя населения.

В военное время организуется войско, ведущее военные действия. В связи с этим ухудшается обработка земли, так как часть земледельцев мобилизована в армию. Следовательно, снижаются урожаи зерна, винограда, оливков даже на площади, не подвергшейся нападению врага. Воины, выходцы из ремесленных слоев, исключаются из процесса производства ремесленных изделий. В ходе войны войско несет потери. Модель рассчитывает соответствующую реакцию изменения этих величин на другие величины модели. Уменьшается численность войска, значит, государство тратит меньше денег на оплату воинам, и т. д.

Математическому моделированию подвергались очевидные отношения. Они описывают в количественной форме процесс производства материальных благ, процессы их распределения, потребления и обмена при помощи рынков. Математическая модель и ЭВМ «освобождают» исследователя от интуитивного получения следствий указанных отношений.

В общих чертах процесс имитации состоит в следующем. Имея в своем распоряжении начальные значения, относящиеся к определенному году, зная данные о численности слоев населения и их потреблении, цены на различные товары, задавая спрос и предложение этих слоев на все виды товаров в следующем году в соответствии с их имущественным положением и местом в процессе производства, можно с помощью ЭВМ вычислить запасы товаров, денег, количество рабов у слоев населения в следующем году. Результаты подсчета поступают операторам — людям, имитирующим органы, которые принимают экономические и политические решения полисов в рассматриваемой системе. Эти решения касаются спроса и предложения на товары на различных рынках в следующие годы, объявления войны, организации войска, совершения некоторых военных акций (походы, осады), заключения союзов и т. д. Эти решения дают возможность рассчитать анализируемые величины (запасы товаров и денег, количество рабов) в следующие годы. Операторы анализируют полученные результаты, корректируют их и принимают новые решения, по которым на ЭВМ рассчитываются следующие годы. Этот процесс принято называть «имитационным экспериментом». ЭВМ избавляет исследователя от многочисленных подсчетов экономических параметров системы, делает его труд более производительным.

Общей целью исследования было воссоздание такой системы данных, характеризующих рассматриваемый процесс (численность населения полисов, численность его слоев, площади обрабатываемой земли, данные о производительности труда, цены и т. д.), чтобы в результате проведения имитационных экспериментов последовательность полученных величин, характеризующих запасы продуктов, денег, количество рабов у слоев населения полисов, не противоречила общему ходу исторического процесса, различным данным, имеющимся в источниках, естественным образом объясняла бы принятые политические решения.

В процессе имитационного эксперимента ЭВМ осуществляет расчет величин, характеризующих экономическое функционирование системы полисов, после того как все решения экономического, политического и военного характера выработаны операторами, экспертами, ана-

лизирующими течение имитационного эксперимента. Именно эксперты оценивают и учитывают субъективные факторы, безусловно, влияющие на ход исторического процесса. Тем не менее имитационная модель и проводимые с ее помощью эксперименты дают принципиальную возможность глубокого понимания соотношения объективного и субъективного в исторических процессах. Зная динамику экономического функционирования анализируемой системы, то влияние, которое могут оказывать на эту динамику экономические, политические и военные решения, можно с большей достоверностью отделить случайное от закономерного, глубже почувствовать те пределы, в которых возможно влияние субъективных факторов на ход объективного исторического процесса. Таким образом, имитационное моделирование позволяет сочетать формальные и неформальные приемы анализа ситуаций и качества решений.

На основе разработанных математических уравнений и соотношений, отражающих связи между всеми параметрами системы, была составлена блок-схема вычислительного процесса (см. рис. 2). С помощью такой блок-схемы была написана математическая программа (на языке «ALGOL-60»), по которой на ЭВМ реализуется вычислительный процесс.

Для одного шага моделирования по программе вычислительного процесса решаются свыше 2 тыс. уравнений. Вводилось при этом как можно меньше параметров, учитывались наиболее важные, в ряде случаев составлялись более простые соотношения, чем хотелось бы. Все это обусловливалось возможностями используемой нами вычислительной техники. При разовом обращении к машине просчитывалось пять шагов — лет. При этом в вычислительном процессе участвовало свыше 20 тыс. параметров. Конечно, без использования математических методов, без ЭВМ проделать такое количество расчетов один историк не может.

Поскольку отрывочный цифровой материал оказывался связанным в единую систему, удавалось реконструировать и уточнять некоторые цифры. Проиллюстрируем это на следующем примере, где определенную систему образуют такие величины, как дневная плата наемного рабочего (ремесленника), цены на продукты первой необходимости и величина участка мелкого землевладельца. Если брать отдельно каждую величину, то трудно определить ее количественную характеристику. Но, связанные в определенную систему, они могут дать хотя бы приблизительное решение. Известно, что наемному рабочему на государственных стройках платили 1 драхму в день (SIZ, № 572) [17]. Таким образом, в год рабочий зарабатывал около 360 драхм (неучет праздников и выходных дает погрешности порядка 10—15%, что является вполне приемлемым для разработанной модели: многие данные имеют бо́льшую погрешность). На эти деньги он содержал свою семью. Приблизительно столько же зарабатывал ремесленник. Зная цены на некоторые ремесленные изделия и предполагая, что все ремесленники имеют одинаковую производительность труда (индивидуальные отклонения не учитываются) и производят один и тот же набор товаров, оказалось возможным определить состав этого набора товаров. При этом учитывалось удовлетворение спроса на основные ремесленные изделия внутри полиса.

В источниках имеются следующие случайные цифры на вино: 1 л высокоценного хиосского вина стоит 2,5 драхмы, 1 л высококачественного аттического вина стоит 1,8 об., 1 л обычного аттического вина — 0,6 обола. Попытаемся выбрать лучший вариант цен. Примем стоимость 1 л ви-

[17] В этой надписи речь идет о плате строительным рабочим при постройке Эрехтейона в 409 г. до н. э.; см. также Л. М. Глускина. Указ. соч., стр. 32.

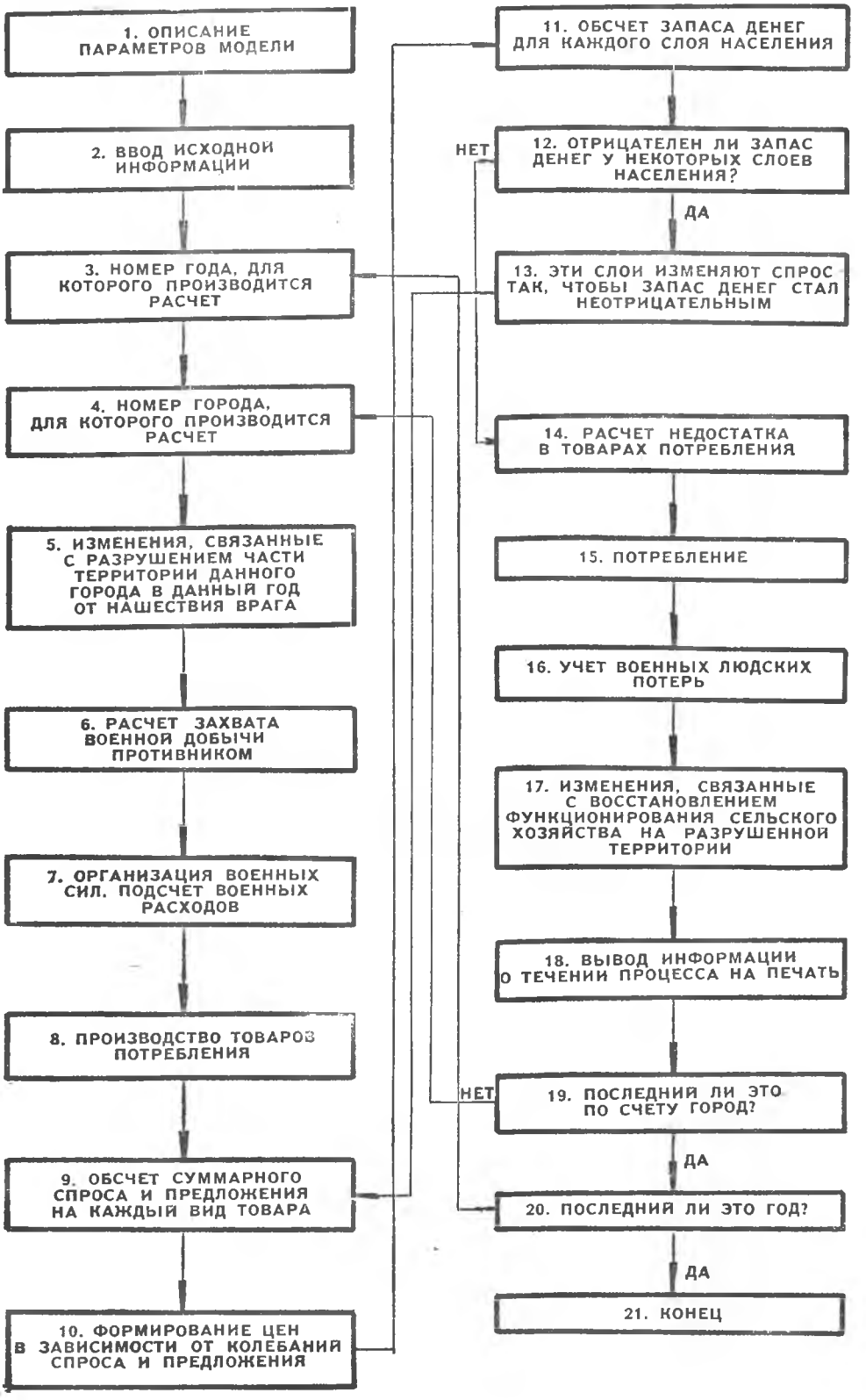

Рис. 2. Блок-схема вычислительного процесса

на за 0,6 обола. Тогда в год человеку нужно: 108 об. на вино (180л×0,6 об./л=108 об.), 72 об. на зерно (6 мед×12 об./мед=72 об.), 30 об. на мясо (10 кг×3 об./кг=30 об.), 42 об. на масло (7 л×6 об./л=42 об.) [18]. Итого, на продукты питания нужно 252 обола. На покупку шерсти и набор предметов обихода одному человеку нужно 100 оболов [19]. Предположим, что семья состоит из четырех человек. Тогда вся семья в год расходует 352×4=1408 оболов.

Строительный рабочий зарабатывает в год 360 драхм=2160 об., следовательно, в запасе у него остается: 2160 об.— 1408 об.= 752 об. в год. Это весьма высокая сумма. Однако продолжим расчеты. Если принять стоимость 1 л вина в 1 об., то, проведя аналогичные расчеты, получим, что семья в год расходует 1696 оболов. Тогда в запасе остается всего 464 обола. Если взять стоимость 1 л вина выше 1 об., то в этом случае сумма в 360 драхм окажется недостаточной для содержания семьи. Наиболее вероятной ценой 1 л вина нам кажется 1 об.; это более соответствует общей хозяйственной ситуации Афин того времени.

Продолжим анализ системы дальше. В частности, проведем расчет продуктов, получаемых с участка земли мелкого землевладельца в 2 га. Предположим (для удобства расчетов), что все хозяйства равномерно смешанные (то есть участки засажены зерновыми, виноградником, маслинами в одинаковых пропорциях). Исходя из обычной урожайности культур определяем величину урожая. Со своего участка в 2 га мелкий землевладелец ежегодно получает 15 медимнов зерна, 1360 л вина, 72 л масла, 35,6 кг мяса, 14 кг шерсти. Вместе со своей семьей в год он потребляет 22 медимна зерна [20], 720 л вина, 28 л масла, 20 кг мяса, 8 кг шерсти. У него остается: 1360 л—720 л = 640 л вина, 72 л—28 л = 44 л масла, 35,6 кг—20 кг=15,6 кг мяса, 14 кг—8 кг=6 кг шерсти. От продажи излишков продукции он получает 640 л вина×1 об./л = 640 об., 44 л масла×6 об./л=264 об., 15,6 кг мяса×3 об./кг=46,8 об., 6 кг шерсти×20 об./кг=120 об., всего — 1070,8 обола. Его расходы таковы: 84 об. за 7 медимнов зерна, 256 об. за 4 набора предметов обихода, 300 об. за 2 сельскохозяйственных орудия [21]. Общая сумма расходов равна 640 оболам. В результате у мелкого землевладельца остается 430,8 об. чистого дохода в год, это близко к доходу, получаемому ремесленником или наемным работником, и соответствует одинаковому общественному положению этих лиц.

Если принять стоимость 1 л вина в 0,6 об., то чистый доход мелкого землевладельца составил бы 40 об., что не соответствует общей характеристике экономического положения этого слоя. Площадь участка у мелкого землевладельца была взята в 2 га не только потому, что она встре-

---

[18] В. Д. Блаватский. Античный город. «Античный город». М. 1963, стр. 13. Здесь приводятся некоторые цены; см. также М. С. Альтман. К технике виноделия в Древней Греции. «Из истории материального производства в античном мире». М.-Л. 1935, стр. 140—146.

[19] Под набором предметов обихода понимается набор предметов обихода, который потребляется одним человеком за год. Его цена равна 60 оболам. Стоимость 1 кг шерсти — 20 оболов. Один человек использует за год 2 кг шерсти.

[20] В принятом расчете зерна не хватает для потребления семьи мелкого землевладельца. При развитии товарного производства в Афинах второй половины V в. до н. э., росте спроса на вино и масло вполне допустимо такое хозяйство даже мелкого землевладельца. Последнему было выгоднее производить на продажу вино и масло, чем занимать землю менее ценными зерновыми. Конечно, существовали и автаркичные хозяйства, обеспечивавшие себя хлебом, вином и маслом, но и не вывозившие свои излишки на рынок. В таком случае соотношение площадей под культурами было другим.

[21] Был составлен перечень предметов, которые имеются в хозяйстве. Из этого перечня выписаны те предметы, которые землевладелец покупает у ремесленника на рынке. Из расчета, что срок использования металлических предметов — 10 лет, а гончарных изделий — 5 лет, было определено количество предметов, которое ежегодно покупается для хозяйства определенного размера. За 1 сельскохозяйственное орудие принят тот набор орудий труда, который приобретается ежегодно для хозяйства размером в 1 гектар.

чается в источниках[22], но и потому, что сельскохозяйственных продуктов, получаемых с площади в 1 га, не хватило бы для прокорма семьи, в то время как с земельного участка в 3 га чистый доход мелкого землевладельца равнялся бы 1 370 оболам, а это в несколько раз больше, чем у ремесленника или работника по найму. Кроме того, это не соответствует тому, что, как правило, семья мелкого землевладельца потребляет большую часть производимой продукции, тогда как при доходе в 1 370 об. солидная часть продукции должна продаваться на рынке.

Итак, приведенные подсчеты таких параметров, как цены на предметы первой необходимости, дневная заработная плата ремесленника и минимальный размер земельного участка, показали их тесную взаимосвязанность и позволили внести некоторые уточнения (в частности, видимо, обычная цена вина в Аттике равнялась все-таки не 0,6 об. за литр, как это известно из одного случайного упоминания, а 1 оболу). Этот же анализ позволяет более уверенно судить об усредненном участке мелкого землевладельца Аттики — он достигал 2 гектаров. Конечно, были бóльшие и мéньшие участки, но более типичным и распространенным для этого слоя был участок в 2 гектара[23].

Поскольку в наших расчетах большую роль играли доходы от разработок Лаврионских серебряных рудников, проиллюстрируем наши расчеты этих доходов. Известно, что раб, работающий на этих рудниках, ежедневно приносит 1 обол дохода своему хозяину и что на этих рудниках работало свыше 20 тыс. человек[24]. Предположим, что на рудниках работают 10 тыс. государственных рабов, 3 тыс. рабов, принадлежащих крупным землевладельцам, 2 тыс. рабов, принадлежащих средним землевладельцам, 5 тыс. наемных рабочих. Раб ежедневно потребляет продукты стоимостью около 1 обола. Конечно, труд его приносил доход государству еще не менее 0,5 обола. Если это выразить в стоимости добытого серебра, то получится, что ежедневно один раб добывает руды на 2,5 об. серебра. Один наемный рабочий ежедневно получает 1 драхму на свое содержание и, конечно, приносит доход государству, допустим, не менее 1 об., то есть ежедневно добывает 7 об. серебра. Общее количество серебра, ежегодно добываемого на Лаврионских рудниках, следовательно, может быть таким: 15 тыс. рабов$\times$2,5 об./день$\times$360 дней[25] = =375 талантам; 5 тыс. наемных рабочих$\times$7 об./день$\times$360 дней$=$350$\times$36 тыс. об.$=$350 талантам. Иначе говоря, за год добывается 375$+$350$=$725 талантов серебра.

На основе других данных и аналогичных подсчетов были уточнены размеры участков земли у представителей различных слоев населения, цены на некоторые товары, численность войска, ежегодные военные расходы, ежегодное состояние государственной казны.

Приведенные выше примеры можно назвать примерами «статического системного анализа» числовой информации. Они поясняют, каким образом готовился «исходный» числовой материал, с которого начались имитационные эксперименты. В ходе последних многие величины (военные расходы, численность войска из каждого слоя населения, степень ухудшения обработки земли, численность рабов у каждого слоя населения и т. д.) подвергались коррекции так, чтобы в результате возникла непротиворечивая картина течения процесса на протяжении всего ана-

---

[22] В. Н. Андреев. Указ. соч., стр. 125—126.

[23] Там же, стр. 122, 142 и др.

[24] «Древняя Греция». М. 1956, стр. 250. Вопрос о количестве рабов, занятых на Лаврионских рудниках в IV в. до н. э., подробно исследуется С. Лауфером (S. Lauffer. Die Bergwerkssklaven von Laureion. Wiesbaden. 1955—1956). См. рецензию на эту работу Л. М. Глускиной (ВДИ, 1959, № 3). С. Лауфер считает, что на Лаврионских рудниках в IV в. до н. э., в период наивысшей их активности, работало около 35 тыс. рабов.

[25] В Риме II в. до н. э.— I в. н. э. в сельском хозяйстве рабы не имели выходных и праздничных дней.

лизируемого периода времени. Таким образом, имитационный эксперимент дает возможность выполнить «динамический системный анализ» исторической информации. Конечно, если бы историки располагали более широким объемом точных данных, чем было в описываемом опыте, то с помощью модели, экспериментальных расчетов модели на ЭВМ можно было бы расширить информацию (числовой материал) о процессе, получить значительно более точные значения параметров, известных в данном случае неточно или вообще неизвестных.

В модели земледельческие слои населения, возделывая землю, получают сельскохозяйственные продукты, часть которых используют для личного потребления. В модели каждый полис имеет свой рынок, на котором вступают в сделки все слои населения. Учтены расходы соответствующего слоя населения на уплату пошлин трех видов: за вывоз товаров, за ввоз товаров, за право продажи на рынке. Все слои населения могут изменять свое предложение товаров и спрос на них, число нанимаемых рабочих. В модели учитывается ежегодное изменение цен на данный вид товара в каждом полисе в зависимости от колебаний спроса и предложения на него. Каждый слой населения платит систему налогов. Учтены чеканка монет, судебные сборы, оплата государственных должностей, дань союзных государств, строительство крупных государственных сооружений. Государство имеет возможность экспортировать и импортировать товары. Ведется подсчет количества ввозимых и вывозимых товаров.

Анализ расчета мирного периода (436—432 гг. до н. э.) показал, что во всех пяти полисах у всех слоев населения происходит процесс увеличения запасов товаров, денег. В Афинах разность между стоимостью экспортируемых и импортируемых товаров равна 750 талантам серебра. На Лаврионских рудниках ежегодно добывается 725 талантов серебра. Ежегодная дань союзных государств, форос, в эти годы равен 600 талантам. Таким образом, количество серебра и ценностей (золотых украшений и т. д.) в Афинском государстве ежегодно увеличивается на $725+750+600=2075$ талантов. Ежегодно ввозится 800 тыс. медимнов зерна стоимостью в 266 талантов (800 тыс.$\times$12 об.), 45 тыс. кг шерсти стоимостью в 25 талантов (45 тыс.$\times$20 об.), вывозятся вино, оливковое масло, текстильные изделия, предметы обихода, роскоши общей стоимостью свыше 1 тыс. талантов. Подсчеты по модели доходов и расходов Афинского государства показывают, что ежегодно в казне Афинского полиса остается свыше 500 талантов в запасе.

В Фивах разность между стоимостью экспортируемых и импортируемых товаров равна 275 талантам. Полис обеспечивает себя сельскохозяйственными продуктами и ремесленными изделиями. Из него вывозится 250 тыс. медимнов зерна, 2000 тыс. л вина, 325 тыс. л масла, 155 тыс. кг мяса, 116 тыс. кг шерсти.

В военное время организуется войско четырех видов: всадники, тяжеловооруженные, легковооруженные, матросы. В модели учитываются расходы государства на постройку кораблей. Если в данный год подверглась захвату некоторая площадь обрабатываемой земли, то люди покидают эти земли и не собирают урожай в этот год. В модели учитываются степень внезапности нападения, военная добыча, степень разрушения садов и виноградников. Та часть людей, сады и виноградники которых не сильно пострадали и были восстановлены на будущий год, причисляется к своему слою, другая же часть относится при расчетах к слоям с частично восстановленным хозяйством.

Счет первых пяти лет войны (431—427 гг. до н. э.) показал, что хозяйству Спарты в целом не был нанесен серьезный ущерб. Правда, внезапные набеги афинян на побережье Спарты причиняют большой урон населению, проживающему там, но площади разрушения и число людей, живущих на этой территории, незначительны. Территория Фив

и Коринфа не подвергалась разрушительному нападению врага. Поскольку в Фивах войско не оплачивается, то государство не несет больших военных расходов. Мобилизация же гоплитов наносит ущерб их хозяйству. Население испытывает недостаток в ремесленных изделиях, так как сокращены некоторые отрасли ремесленного производства в связи с усилением активности мастерских, обслуживающих военные нужды. Однако при слабом развитии ремесла это не играло заметной роли в общей ситуации.

В Коринфе войско оплачивается, поэтому из государственной казны ежегодно расходуются значительные суммы. Ремесленное производство переживает спад, так как часть ремесленников мобилизуется в войско. Сокращение ремесленного производства сказывается главным образом на уменьшении экспорта ремесленных изделий. Сами ремесленники живут на деньги, получаемые за несение воинской службы, и не испытывают материального недостатка. Государство покрывает военные расходы за счет своих доходов: торговых пошлин и налогов с богатых слоев населения. Однако жители Коринфа, особенно в первые годы Пелопоннесской войны, принимали лишь небольшое участие в объединенной армии противников Афин. Коринф главным образом финансировал пелопоннесцев. Его финансовое благополучие оказывалось стабильным. Лишь активизация афинской политики на западе Греции после 427 г. стала представлять серьезную угрозу положению Коринфа, и ему пришлось подталкивать Спарту к более решительным действиям. Не исключено, что организация похода Брасида на Халкидику — дело рук Коринфа. Во всяком случае, социально-экономическое положение Коринфа в первое пятилетие войны было довольно стабильным.

Совсем другое происходит в Аттике. Половина площади обрабатываемых земель подверглась здесь опустошению. Владельцам этих земель нанесен большой ущерб. Они живут за счет запасов продуктов и денег, а также за счет средств, получаемых из государственной казны за несение воинской службы. Наблюдается увеличение импорта сельскохозяйственной продукции и сокращение экспорта ремесленных изделий. Афинское государство содержит большое войско и флот, поэтому военные расходы его огромны. За первые пять лет войны государственная казна, самая богатая в Греции, значительно опустела.

В начале войны в афинской государственной казне было 9 500, в 428 г.— 4300, а к концу пятого года войны — только 3500 талантов. Военные расходы Афинского государства ежегодно составляли не менее 2200—2300 талантов. Основная часть военных расходов (около 2 тыс. талантов) идет на содержание армии. Служащие в ней не испытывали недостатка в деньгах. Наоборот, у бедных слоев доходы в военное время были выше, чем в мирное. Разность между стоимостью импортируемых и экспортируемых товаров составляет 600—700 талантов, то есть ежегодно через рынок из государства уходит 600—700 талантов серебра, тогда как в мирное время населению через рынок поступает 750 талантов. Афиняне, видимо, не ожидали столь быстрого истощения своих обильных денежных средств, которые в начале войны казались Периклу почти неисчерпаемыми. Поэтому к началу 427 г. они вынуждены изменить политику ведения войны.

Сторонники афинской олигархии — крупные землевладельцы, поддерживаемые афинским крестьянством, предлагали заключить мир и тем самым стабилизировать военное и финансовое положение, и это действительно было реальным выходом из того тупика, в котором оказались Афины. В мирных условиях можно было за несколько лет накопить новые средства и поправить финансовые дела государства. Ремесленное население во главе с владельцем крупной кожевенной мастерской Клеоном предлагало ликвидировать финансовые трудности путем увеличения фороса с союзников, литургий (государственные повинно-

сти), введения прямого военного сбора с граждан, главным образом богатых, и активизировать военные действия против Спарты и Коринфа. В 427 г. предложение группы Клеона было принято. Форос с союзников был повышен до 1300 талантов, введена эйсфора (прямой налог на граждан) в 200 талантов, возможно, повышены литургии. Активизировалась афинская военная политика. Эти чрезвычайные меры на некоторое время поправили финансовое положение Афин, привели к ряду военных успехов.

Построение математической модели позволяет более конкретно представить реальный ход исторического процесса, в данном случае Пелопоннесской войны, положение воюющих сторон, поведение союзников и политических группировок. Хотя в основных чертах все эти события известны, но тем не менее модель позволяет сделать это знание значительно более конкретным, точным. Например, из описания Фукидида известно, что главным зачинщиком войны с пелопоннесской стороны был Коринф, представители которого всячески подталкивали Спарту на военное выступление. Мало того, коринфяне даже грозили выходом из Пелопоннесского союза и присоединением к Афинскому союзу, если спартанцы не откроют военных действий (Thuc. I, 68—71). Но лишь математическая модель может проиллюстрировать реальность и конкретность этого требования Коринфа.

Коринф — значительный торгово-ремесленный центр Греции. В руках крупных и средних ремесленников здесь сконцентрированы большие денежные ресурсы. Полис импортирует 1260 тыс. медимнов зерна стоимостью в 420 талантов, 870 тыс. кг мяса стоимостью в 72,5 таланта, 480 тыс. кг шерсти стоимостью в 267 талантов. Полис обеспечен своим зерном на 15%, мясом — на 30%, шерстью — на 25%. Разность между стоимостью экспортируемых и импортируемых товаров составляет 2700 талантов. Отсюда ясно, что торговля — жизненная необходимость для полиса, и блокада Коринфа с моря грозит его населению голодом. Действительно, такую массу продуктов соседние полисы не в состоянии предложить Коринфу. Если, например, предположить, что Спарта не начинает Пелопоннесскую войну и оставляет Коринф в одиночестве, то нетрудно спрогнозировать вступление его (добровольно или принудительно) в состав Афинского морского союза. Слияние же флота и финансов этих полисов привело бы к установлению полного господства Афин в Греции. Организация же Коринфом блока с другими членами Пелопоннесского союза (без Спарты) способствовала бы конфликту между Спартой и другими членами Пелопоннесского союза. Это также грозило гибелью Спарте. Расчеты подтверждают, что объявление Спартой войны Афинам было необходимостью.

Или другой пример. Хорошо известно, что от пелопоннесских вторжений прежде всего пострадало сельское население Аттики, включая крестьян и владельцев крупных и средних рабовладельческих хозяйств, которые составляли питательную среду для олигархических группировок, настаивавших на мире со Спартой. Однако построение математической модели и расчет понесенных потерь показали, насколько пострадали эти слои и, следовательно, сколь сильны были мирные настроения в Аттике. В хозяйствах, подвергшихся нападению врага, не производились вино и масло. Известно, что виноградники могут быть восстановлены лишь через три-четыре года, а масличные рощи — через 12—15 лет после разрушения. В результате Афины из государства, экспортирующего вино и масло, превратились в государство, их импортирующее, что видно из таблицы (см. 108 стр.).

Ущерб, нанесенный одному хозяйству крупного землевладельца, составляет 30 тыс. об. в год, среднего землевладельца — 15 тыс. об., зевгита — 4 тыс. об., мелкого землевладельца — 2 тыс. оболов. Расчеты по модели с учетом изложенных выше обстоятельств, то есть степени раз-

	Зерно (мед.)	Вино (л)	Масло (л.)	Мясо (кг)	Шерсть (кг)	Предметы обихода	Текстильн. изд.	Предм. роскоши	Рабы
Экспорт (тыс.)	0	0	0	0	0	40	40	20	0
Импорт (тыс.)	880	15 000	500	300	300	0	0	0	5,4

рушения садов и виноградников и функционирования слоев с частично восстановленным хозяйством, показывают, что эти хозяйства дают 10% довоенной продукции.

Невозможно описать здесь все особенности построенной имитационной модели, указать на те важные и существенные уточнения, которые она вносит. Поскольку эта модель — одна из первых, то ее основной задачей было не столько открытие каких-либо новых существенных сторон хода Пелопоннесской войны, сколько отработка методики построения модели: отбор и уточнение методики вычисления параметров, реконструкция, перепроверка и оценка значений случайных цифр, сохранившихся в источниках, математическая обработка параметров, приспособление их к языку машины данного типа, устранение противоречий и создание непротиворечивой реальному ходу войны математической картины. Попутно были, разумеется, получены и некоторые новые выводы, которые могут стать предметом научного размышления. Так, расчет первых пяти лет войны показал, что в Афинах должен был происходить рост цен. Об этом очень глухо и в самой общей форме упоминается в литературе, хотя данный факт сам по себе довольно важен. Модель не только подтвердила его, но и показала (конечно, гипотетически) возможные темпы этого роста. Общая стоимость всех необходимых в год одному человеку товаров возросла, согласно расчетам, на 20% (90 оболов). В военное время в первую очередь растут цены на дефицитные товары первой необходимости — на хлеб и масло. Цены на зерно, согласно расчетам, возросли вдвое — с 12 оболов за 1 медимн до 24 оболов, на масло — с 6 оболов за 1 л до 9 оболов (то есть на 50%).

Таким образом, выполненные на ЭВМ имитационные эксперименты позволили: реконструировать, уточнить и перепроверить в связи с другими параметрами числовой материал исследуемого исторического процесса; определить объем информации, который необходим для построения имитационной модели и просчета ее на ЭВМ; уточнить смысл и значение факторов и событий в ходе развития исторического процесса; прогнозировать события экономического характера и, оперируя социально-экономическими соотношениями, глубже и конкретнее понять политические решения. В целом построение таких моделей открывает новые горизонты перед историками. На самом деле, представить конкретно в цифровой системе основных параметров положение воюющих сторон год за годом — это мечта любого исследователя, и если это можно сделать (пусть с пропусками), то, значит, мы получаем в свое распоряжение новый инструмент познания.