

INSTYTUT ORGANIZACJI I KIEROWANIA

POLSKIEJ AKADEMII NAUK  
MINISTERSTWA NAUKI SZKOLNICTWA WYŻSZEGO I TECHNIKI

**ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО  
УПРАВЛЕНИЯ, КИБЕРНЕТИКИ И  
ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИИ**

МАТЕРИАЛЫ СОВЕЩАНИЯ  
ЭКСПЕРТОВ СТРАН-ЧЛЕНОВ СЭВ  
БЫТОМ, ДЕКАБРЬ 1974

МАТЕРIAŁY KONFERENCYJNE

WARSZAWA

9 7 6

Redaktor  
Piotr Oziębło  
Redaktor techniczny  
Iwona Dobrzyńska  
Korekta  
Barbara Czerwińska

Opracowanie naukowe  
mgr inż. Jan Studziński



Nr inw. IBS PAN

31708

## СИМУЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ВЕНГЕРСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### 1. Определение задачи

Нашей задачей было определить такую политику решений, касающихся желаемой структуры венгерской нефтегазовой промышленности, которая удовлетворяет некоторым требованиям, например обеспечивает подходящее удовлетворение потребителям, прибыльную деятельность в отрасли промышленности, довольно ограниченный уровень импорта и т.д.

Схема вышеуказанной системы показана на рис. 1.

Нефтегазовая промышленность состоит из производственных единиц (например, из объектов нефтедобычи и газодобычи, из нефтеобрабатывающих заводов, газовых заводов и т.п.) находящихся друг с другом в сложной горизонтальной и вертикальной связи и из сбытовой единицы. Между объектами проходит непрерывный поток сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Управляющая единица нефтегазовой промышленности обеспечивает согласованную деятельность вышеуказанных объектов и их приспособление к изменениям экономической среды. Управляющая единица выполняет принятие двойной функции. Первую часть ее деятельности составляет принятие оперативных решений, связанных например с разделением ресурсов и произведенных продуктов. Вторую часть, которая является предметом нашей задачи, составляет принятие структурных решений относящихся прежде всего к временному приостановлению или прекращению функционирования мощностей, или отпоящихся к созданию, расширению мощностей, используя собственные ресурсы отрасли промышленности.

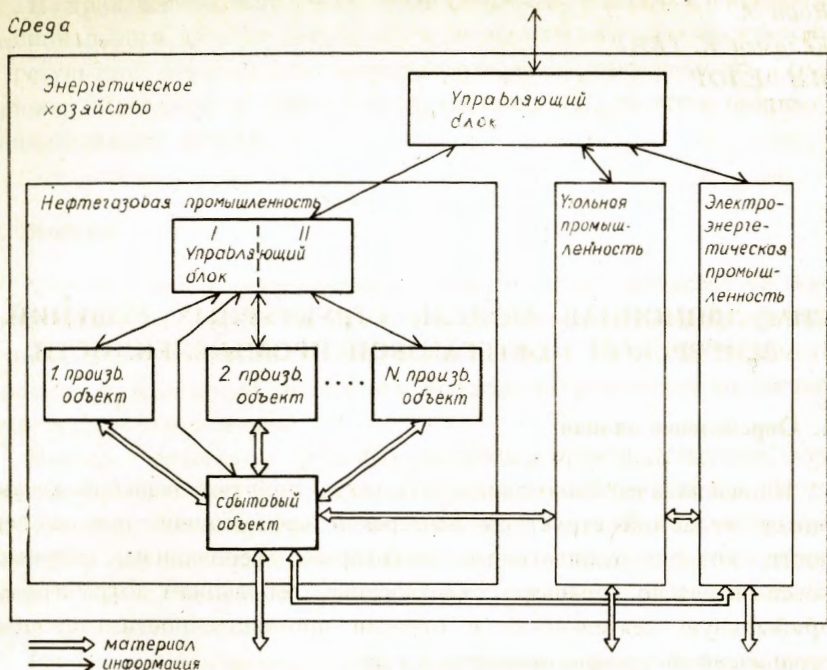


Рис. 1. Структура венгерской нефтегазовой промышленности

Одновременно -рядом с угольной и электроэнергетической промышленностью — нефтегазовая промышленность является одной из подсистем энергетического хозяйства.

К функциям управляющей единицы нефтегазовой промышленности относится — между прочим — принятие структурных решений, касающихся использования из внешних источников происходящих сумм, намеченных на капиталовложения энергетической промышленности, определения производственных пропорций носителей энергии и также уровня их цен.

## 2. Определение метода решения

Оптимизацию вышеупомянутых оперативных решений можно обычно хорошей эффективностью выполнить с помощью линейного программирования [1].

Однако, кажется, что оптимизация структурных решений на практике невозможна без значительной редукции задачи. Главными причинами этого являются, с одной стороны, статическая и динамическая комплексность системы, с другой стороны, трудность нахождения целевой функции отражающей консистенцию перспективной деятельности. Вследствие этих причин считается необходимым отказываться от критерия оптимальности. Вместо этого кажется целесообразным с помощью серии симуляционных экспериментов исследовать эффект нескольких политик решений и выбрать самый подходящий вариант, удовлетворяющий требованиям.

Симуляционная модель была разработана и внедрена для исследования перспективной консистенции структурных решений принятых на уровне системы энергетического хозяйства и согласованности капиталовложений, потребительских требований и пропорции цен [2]. На основе результатов действия этой модели симуляционная модель и серия исследований, подходящие к исследованию структурных решений нефтегазовой промышленности, были нами спроектированы.

Так как в дальнейшем мы планируем соединение моделей разных уровней, для симуляции нефтегазовой промышленности мы взяли в основу систему модель энергетического хозяйства. Оперативные решения отображаются частью алгоритмами модели, частью экзогенными данными.

Они отражают нынешнюю практику, в будущем можно будет получить их также из выводов моделей оптимизации.

### **3. Главные функции модели**

С помощью проведения экспериментов на описанной модели — в зависимости от того, какую группу вводных данных в серии экспериментов мы считаем фиксированной или переменной функцией от какой-то политики или какую часть характеристики состояния мы считаем выводными данными — мы можем получить ответ на разные вопросы. Вопросы могут относиться к перспективному действию целой системы нефтегазовой промышленности, например к тому, насколько система — при условиях данной структуры потребительских требований — способна удовлетворить этим требованиям, или насколько успешное ее действие при разных структурных решениях. Мы можем получить ответ на вопрос,

в какой мере следует расширить или перегруппировать мощности транспорта и хранения для того, чтобы они соответствовали нарастающим из-за изменения структуры производства требованиям транспорта и хранения сырья и готовой продукции.

Естественно, что мы не только о целой системе нефтегазовой промышленности можем получить информации, но также о действии отдельных участков производства и подсистем транспорта и хранения и о связи между ними. Это позволяет раскрыть узкие места и обратить на них внимание при принятии структурных решений. Модель показывает и распространяющиеся эффекты динамически наступающих изменений внутри нефтегазовой промышленности и в ее окружении. Кроме перспективной тенденции, благодаря исследованиям процессов, вызванных сезонными и случайными колебаниями, мы можем получить информации о динамических характеристиках системы (например стабильность, промедление посредственных эффектов и т.п.).

Так как модель охватывает и оперативные решения — с помощью соответствующих изменений или алгоритмов — можно выполнить и связанные с ними эксперименты.

Модель следующим способом образует объекты системы нефтегазовой промышленности:

Производственные единицы, применяемые сырью, технологии, возможные интенсивности, а также производственные расходы принадлежащие к ним, были характеризованы описательными параметрами и наконец, запасами их основных материалов. Деятельность по производству и хранению основных материалов на складах была представлена алгоритмами.

Сбытовая единица была характеризована данными транспорта основных материалов внутри отрасли промышленности, данными транспортных и складских мощностей используемых в целях реализации готовой продукции и данными принадлежащих к ним расходов.

Хранение на складах; транспорт основных материалов и продуктов — функции единицы описываются моделирующими алгоритмами.

Часть функций решения управляющей единицы, например определение соблюдаемых предпочтений при разделении основных материалов, транспортных и складских мощностей, создание расчетных

цен действительных внутри отрасли промышленности, описываются фиксированными данными модели; другая часть, например определение производственных пределов для производственных мест, было доведено к алгоритмам.

Структурные решения направленные к динамическому изменению мощностей производства, транспорта и хранения на складах, описываются характерными для данной политики решения временными рядами.

Потребительскую систему, создающую экономическое окружение нефтегазовой промышленности, характеризуют потребительские спросы и цены, возможности для сбыта избытка, а также цены на импортные товары.

#### 4. Процесс симуляции

Блоковая система симуляции видна на рис. 2. Процесс симуляции состоит из трех фаз:

- записи основных данных,
- серии экспериментов,
- обработки и напечатания результатов.

Задача *первого рабочего процесса* состоит из ввода, преобразования и блокировки основных данных.

Одна из групп данных описывает факторы не поддающиеся влиянию экспериментатора (например потребительские спросы, ограничения в реализации, цены) — другая группа отражает политику решений (например временные ряды описывающие производственные, складские и транспортные мощности и расходы). Первые являются постоянными во времени проведения всей серии экспериментов — другие изменяются с эксперимента на эксперимент. Основные данные состоят из постоянных данных и из основных значений переменных, изменяющихся в серии экспериментов.

Задача *второго рабочего процесса* это серия экспериментов.

Серия экспериментов состоит из экспериментов любого количества. Для каждого эксперимента имеет место изменение значений переменных в сравнении с их основными значениями.

Каждый эксперимент охватывает несколько любых, но фиксированных по длине периодов. В начале каждого эксперимента устанавливаются те значения переменных описывающих состояние системы,

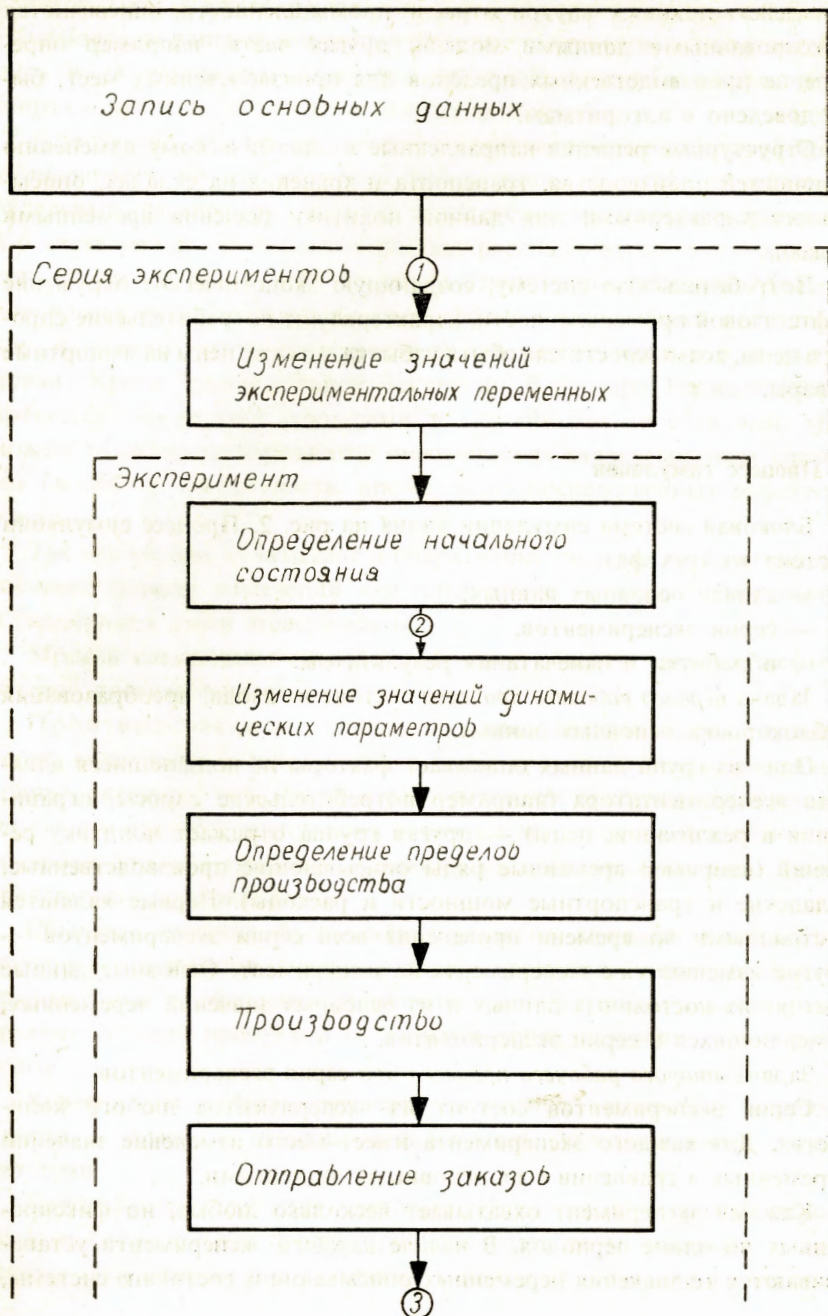
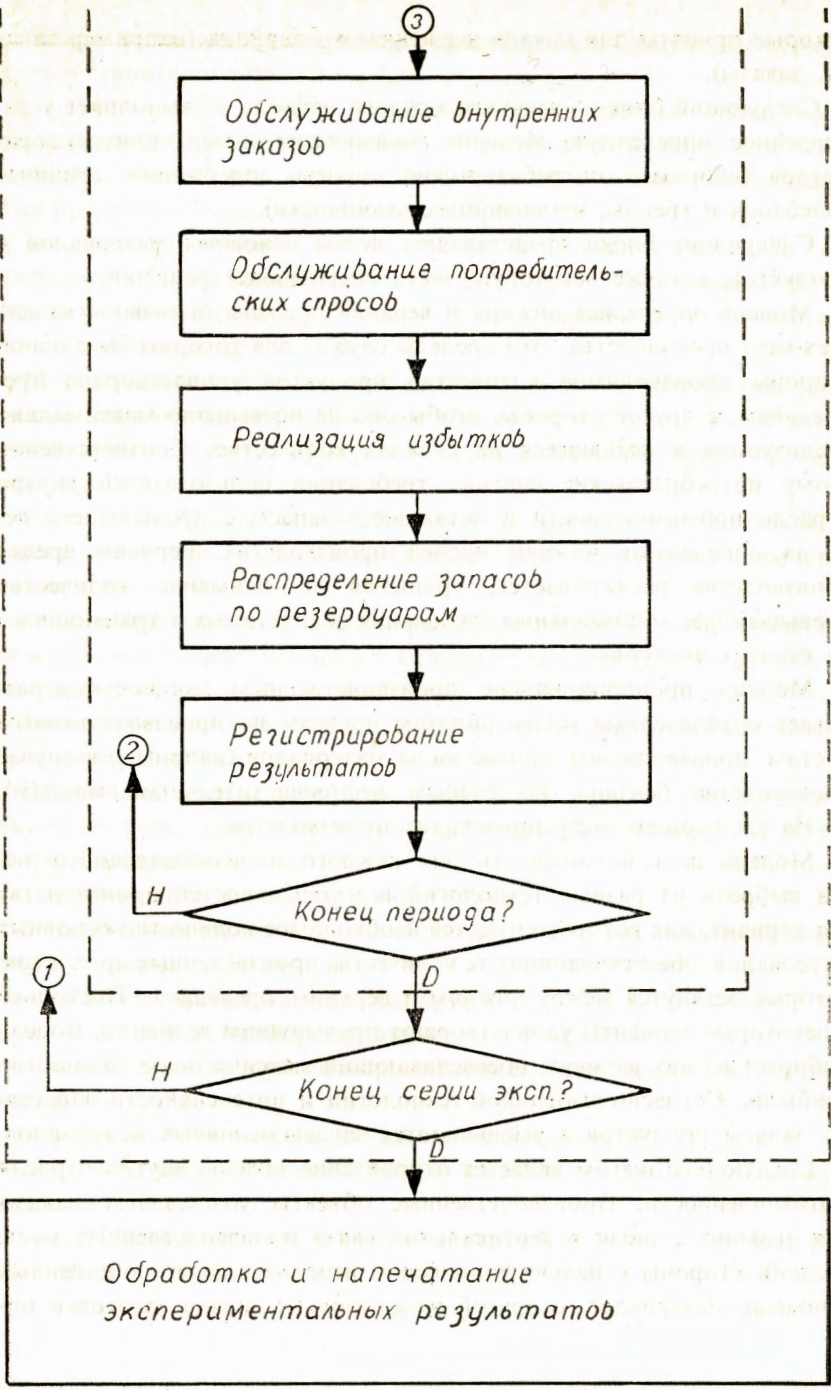


Рис. 2. Блочная система симуляции модели нефтегазовой промышленности





которые приняты для начала исследуемого периода (например запасы, заказы).

Следующий блок — в начале каждого периода — выполняет установленное определение величин динамически изменяющихся параметров (например потребительские спросы, содержащие сезонные колебания и тренды, изменяющиеся мощности).

Следующие блоки представляют поток основных материалов и продуктов, а также некоторую часть оперативных решений.

Модель определяет нижний и верхний пределы производства для всех мест производства. Эти пределы служат для того, чтобы с одной стороны производимое количество продуктов удовлетворяло требованиям, с другой стороны, чтобы оно не превышало максимально реализуемое и оставшееся на складах количество. Соответственно этому потребительские спросы, требования пользователей внутри отрасли промышленности и оставшиеся запасы с предыдущего периода определяют нижний предел производства. Верхний предел производства рассчитывается, принимая во внимание количество превышающее минимальные требования реализуемых и хранящихся на складах товаров.

Модель, пропорционально производственным мощностям, разбивает определенные таким образом пределы по производственным местам производящим данные виды материалов (например в случае производства бензина, по разным нефтеочистительным заводам).

На следующем шагу происходит производство.

Модель дает возможность для каждого производственного места выбрать из разных технологий и интенсивностей производства тот вариант, для которого имеется необходимое количество основных материалов, обеспечивающих те количества произведенных продуктов, которые останутся между нижним и верхним пределами. Поскольку и некоторые варианты удовлетворяют предыдущим условиям, модель выбирает из них вариант, обеспечивающий максимальное количество прибыли. Согласно выбранной технологии и интенсивности нарастают запасы продуктов и уменьшаются запасы основных материалов.

Следующим шагом является отправление заказов внутри отрасли промышленности. Производственные объекты отправляют заказы для стоящих с ними в вертикальной связи производственных мест, с одной стороны с целью дополнения использованных собственных основных материалов, с другой же стороны с целью заготовки по-

требности в основных материалах нарастающих в следующем периоде из-за капиталовложений.

Три блока моделируют реализацию произведенных продуктов. Обслуживание внутренних заказов для основным атериалов и внешних потребительских спросов ограничивается имеющимися запасами продуктов и мощностями транспорта.

Во время реализации запасы продуктов снижаются по мере соответствующей реализованному количеству. Склады основных материалов наполняются в зависимости от предложения и от количества имеющихся транспортных средств.

Модель вычисляет на данный период доходы от потребительской реализации, количество реализуемых и нереализуемых из-за недостатка транспортных средств продуктов, и возникающие транспортные расходы.

Часть потребительских требований не покрытых из отечественных запасов или не обслуженных из-за недостатка транспортных средств удовлетворяется из импорта.

Если запасы оставшиеся после реализации на складах превышают пределы имеющихся мощностей складских помещений, то согласно возможностям имеет место реализация избытков.

Запасы распределяются по разным типам резервуаров (например трубопроводы, цистерны), согласно их максимальной емкости.

Следующий блок служит для закрепления результатов экспериментов. Он регистрирует следующие характеристики во всех периодах:

- пределы производства,
- — произведенное количество продуктов,
- — реализованное количество продуктов в целях обслуживания потребительских спросов,
- — объем потребительского импорта,
- — объем добавочной реализации,
- — количество продуктов нереализуемых из-за недостатка транспортных средств,
- — недостаток мощности складских помещений,
- — возникающие производственные расходы, расходы транспорта и хранения на складах,
- — доходы полученные в результате обслуживания потребительских спросов и добавочной реализации,
- — расходы потребительского импорта.

*Третий рабочий процесс* исполняет желанную разработку зарегистрированных экспериментальных результатов и создание выходных таблиц. Об алгоритмах исполненных рабочим процессом будет речь подробнее в следующем.

## 5. Анализ результатов эксперимента

Двумя главными требованиями предъявленными к отрасли промышленности мы считаем — удовлетворение потребительных требований и прибыльность системы.

Поэтому и анализ результатов экспериментов следует исполнить согласно вышеуказанным точкам зрения. Таким образом необходимо устроить процессы группирующие и обрабатывающие зарегистрированные во время серии экспериментов результаты по вышеприведенным точкам зрения.

Для поддержки анализа ориентированного на прибыль могут быть получены следующие справки:

- годовые итоги разных расходов по видам продуктов, объектам производства, типам транспортных средств и типам резервуаров,
- годовые итоги сбытовых доходов по продуктам, группам потребителей и возможным добавочным реализациям,
- годовой полный итог расходов и сбытовых доходов промышленности,
- годовая прибыль.

Для исследования удовлетворенности потребительных требований необходимо создать более сложный математический аппарат чем предыдущий. Потребительные требования к большинству продуктов нефтегазовой промышленности (топлива, горючие) кроме перспективного тренда содержат сезонные и случайные компоненты. Целесообразно определить связь спроса и предложения по одному для различных составляющих. Для этой цели подходит спектральный анализ [4, 5, 6].

Метод опирается на преобразовании Фурье делающем возможным разложение относящихся к разным периодам (или частотам) составляющих временных рядов.

Так называемые коэффициенты когерентности, усиления, фазового спектра способны к определению связи между двумя временными рядами следующим образом.

Коэффициент когерентности показывает меру линейности между соответствующими компонентами временных рядов входа и выхода (величина может измениться между 0 и 1).

Коэффициент усиления указывает, какая величина соответствует единичному компоненту входного временного ряда в соответствующем компоненте выходного временного ряда.

Фазовый спектр характеризует задержку времени между соответствующими компонентами временных рядов входа и выхода.

Блоковая схема спектрального анализа показана на рис. 3.

Из точки зрения выше указанного метода исследованная система может быть характеризована следующим образом.

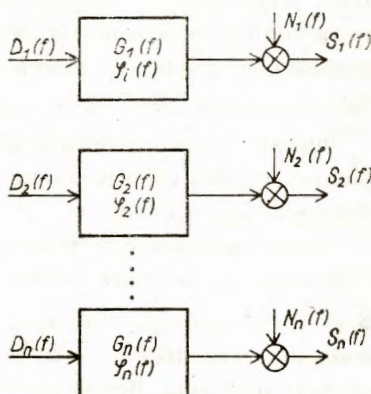


Рис. 3. Блоковая система спектрального анализа;  $D_i(f)$  — спектр спроса продукта  $N^{\circ}i$ ,  $S_i(f)$  — спектр предложения продукта  $N^{\circ}i$ ,  $G_i(f)$  — функция усиления  $N^{\circ}i$ ,  $\varphi_i(f)$  — функция фазы  $N^{\circ}i$ ,  $N_i(f)$  — спектр шума  $N^{\circ}i$ .

Производственные мощности и запасы сырья ограничены. Эти пределы мощности имеют результатом нелинейность системы в том случае, если входные сигналы превышают определенные пределы.

Пределы мощности изменяются из-за капиталовложений.

Систему можно считать изменяющейся во времени; для большинства видов продукта можно её считать соответственно медленно и равномерно изменяющейся.

Входные переменные системы представляют потребительные требования, возникающие по кварталам по каждому виду продукта, ее выходные переменные представляют количества сопоставимых им продуктов (запасов). Не определенные стохастические процессы порождают эти переменные, большинство которых содержит значительный тренд и сезонные колебания.

Процессы порождающие входные и выходные сигналы могут быть моделированы следующим способом:

$$\{Y_t\} = m_t + d_t\{X_t\}$$

где:  $\{Y_t\}$  — порождающий процесс,

$m_t$  — тренд,

$d_t$  — гладкая детерминистическая функция времени,

$\{X_t\}$  — стационарный процесс.

Спектральные функции, задающие линейные характеристики системы, доставляют информации также о характере нелинейностей в нелинейных областях. Характер изменений позволяет применить методы спектрального анализа разработанные для постоянных во времени систем, в результате чего получаем среднюю величину для исследованного периода спектральных функций [7].

Разработанная нами система программ [8] исчисляет:

— оценку спектра и взаимного спектра уменьшенной дисперсии временных рядов (сприменением спектрального окна Тюки), а также их функцию когерентности,

— оценку функции усиления и фазы линейной или линеаризованной системы, а также их диапазоны конфиденции.

В качестве примера показываем в таблице результаты спектрального анализа выполненного на временных рядах спроса и предложения некоторого продукта. Временный масштаб модели — то есть интервал взятия пробы — составил 1 квартал (1 кв), и так максимальная частота во спектрах была  $0,5 \text{ кв}^{-1}$ . Длина временных рядов составила 52 кв. Во время проведения исследований разбивка  $\Delta = 1/16 \text{ кв}^{-1}$  оказалась самой пригодной.

Из спектров первого временного ряда легко можно определить, что их компонент самой высокой мощности имеет частоту  $0,25 \text{ кв}^{-1}$ , значит во временном ряде годовое периодическое колебание является самым важным. Кроме того, важен и компонент принадлежащий к частоте  $0,5 \text{ кв}^{-1}$ , значит имеется и значительное полугодовое периодическое колебание.

Спектр второго ряда двигаясь по направлению от низких частот к высоким показывает возрастание; максимальную величину он получает при частоте  $0,5 \text{ кв}^{-1}$ . И так, здесь самым значительным является полугодовое периодическое колебание.

Результаты спектрального анализа

Частота (кв <sup>-1</sup> )	Спектры временного ряда № 1 (t <sup>2</sup> · кв)	Спектры временного ряда № 2 (t <sup>2</sup> · кв)	Кoeffи- циент коге- рентности	Усиление	Фаза (ряд)
0.00000	24.24464	2529.70420	0.68724	8.46726	0.00000
0.03125	36.04927	2439.89054	0.43693	5.43777	0.09500
0.06250	16.91126	2271.52460	0.68614	9.59961	0.06700
0.09375	0.00000	2197.24043	0.00000	0.00000	0.57300
0.12500	0.00000	2249.94832	0.00000	0.00000	0.45600
0.15625	492.56475	2545.19852	0.07661	0.60395	0.87200
0.18750	1489.98730	2546.50944	0.20063	0.58557	1.16000
0.21875	2560.68297	3175.00323	0.27388	0.58274	1.21100
0.25000	3053.61340	4466.12300	0.22255	0.57053	1.19100
0.28125	2636.48289	6152.55557	0.12898	0.54863	1.11200
0.31250	1593.25654	7736.74691	0.05774	0.52952	0.96900
0.34375	581.09867	9482.92627	0.02784	0.67403	0.77000
0.37500	102.91333	12926.12447	0.16337	4.52991	0.61500
0.40625	198.07146	19700.90711	0.39484	6.26674	0.43400
0.43750	565.79606	29317.95413	0.40117	4.55930	0.26200
0.46875	887.90237	38253.30135	0.45023	4.40424	0.12100
0.50000	1006.67425	41906.41747	0.47425	4.44481	0.00000

Кoeffициент когерентности двух временных рядов достаточно велик в окружении частоты 0. В окружении частоты 0,5 кв<sup>-1</sup> он принимает среднюю величину, а в других диапазонах частоты он является очень низким. Этот факт указывает на то, что исследованная модель может быть считана близко к линейной лишь в окружении 0, или 0,5 кв<sup>-1</sup>. В этих диапазонах частоты фазовой угол является близким к 0, и так предложение следует за колебаниями спроса и без передвижки в низком и в высоком диапазонах частоты. Величина усиления составляет в низких частотах 8—10, а в высоких 4—7, что является следствием того, что продукт может быть экспортирован почти без ограничений.

В окружении частоты 0,25 кв<sup>-1</sup> низкий коэффицент когерентности указывает на нелинейность модели. Это является следствием того, что система не может следовать соответствующим образом за великими колебаниями спроса из-за своих органиченных мощностей.

В этом диапазоне усиление составляет 0,6; кроме этого возникает и фазовый угол величины 1,2 ряда, соответствующий в этом диапазоне частоты передвижке 1/5 года.

В нашем примере связь сбора и предложения исследован лишь относительно одного вида продукта; конечно целесообразно расширить анализ и на совместное исследование нескольких разных видов продукта — с помощью спектрального анализа многопеременных систем. Значит, производство одного вида продукта является функцией не только от спроса на данный вид продукта (напр. потребности на готовые продукты влияют и на производство основных материалов).

Наши дальнейшие исследования имеют целью расширить круг алгоритмов для обработки результатов, для того, чтобы они давали соответственно редуцированную информацию для проектировщиков и исполнителей экспериментов. Лишь таким образом можем достичь соответственно эффективного применения модели.

#### Литература

- [1] *Coker P. B.*: Further Developments in the Use of Linear Programming in the Operation of a Multi Refinery System. Proc. of the NPRA Computer Conference, 1970.
- [2] *Rabar F.*: Dynamic Investigation of the Energy Industry through Simulation. Internal report, INF. paper No. 1047/a/72.
- [3] *Vari A., Kelemen K.*: Formal and Verbal Description of the Simulation Model of Structural Decisions in the Hungarian Oil Industry. Internal report, INF. 1316/1974.
- [4] *Granger, Hatanaka*: Spectral Analysis of Economic Time Series. Princeton University Press, 1964.
- [5] *Granger.*: New Techniques for Analysis Economic Time Series and their Place in Econometrics. Essays in Mathematical Economics, edited by Shubik, Princeton University Press, 1967.
- [6] *Jenkins, Watts.*: Spectral Analysis and its Applications. San Francisco, Holden-Day Inc., 1968.
- [7] *Hatanaka, Suzuki.*: A Theory of the Pseudospectrum and its Application to Non-stationary Dynamic Econometric Models. Essays in Mathematical Economics, edited by Shubik, Princeton University Press, 1967.
- [8] *Keleman K., Vari A.*: Spectral Analysis of Results of Simulation Experiments. Internal report, INF. 1233/1974.



101  
LOK  
BYN

31708