

## ЭВОЛЮЦИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛН В КОНДЕНСАТНЫХ ПЛЕНКАХ

Проблема теоретического описания волновых процессов в конденсатных пленках [1, 2] далеко не исчерпана, что объясняется большим разнообразием проявлений эффектов нелинейности и дисперсии при волновых движениях пленок, особенно в процессах, сопровождающихся тепло и массообменом, а также фазовыми переходами. В этих процессах ситуация существенно усложняется в результате наличия источников тепла и массы, сильной неизотермичности и, соответственно, вследствие этих факторов, переменности физических свойств среды: вязкости, плотности, поверхностного натяжения и т.д.

Ранее было показано, что при стекании пленки конденсата может возникнуть ситуация, когда стационарная задача Нуссельта не имеет решения, и можно предполагать возможность генерации нелинейных волн в областях больших градиентов температуры и вязкости [3]. Сложность анализа волновых решений в случае плен-

очной конденсации заключается в том, что при наличии источника массы расход пленки возрастает. В настоящей работе предложены некоторые подходы к теоретическому описанию этой проблемы.

Для осуществления такого анализа получим прежде всего методом интегральных соотношений базовую систему уравнений для толщины пленки и расхода при пленочной конденсации. Уравнения движения и неразрывности в длинноволновом приближении [3]:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left( v \frac{\partial U}{\partial y} \right) + g_{ef} + \frac{\sigma}{\rho} \frac{dK_S}{dx}, \quad (1)$$

Граничные условия

$$y = 0 \Rightarrow U = V = 0, \quad y = h \Rightarrow \frac{\partial U}{\partial y} = 0. \quad (2)$$

Уравнение материального баланса конденсата

потоках между различными видами деятельности и институциональными секторами (предприятиями, домашними хозяйствами, государством, остальным миром). Модель предназначена для оценки экономической ситуации с использованием данных базового года. В ее основе лежат показатели Таблицы «Матрицы межотраслевого баланса Республики Казахстан – далее МОБ». Модель сконструирована в виде уравнений, большинство из которых являются нелинейными. Поведение различных экономических агентов формируется в соответствии с базовыми экономическими законами и отражается в уравнениях.

Помимо моделирования поведения экономических агентов с помощью уравнений задаются ограничения, которым должна удовлетворять макроэкономическая система в целом. Эти ограничения охватывают рынки товаров, факторов производства, а также агрегированные макроэкономические балансы: баланс инвестиций и сбережений, баланс государственного бюджета, платежный баланс страны.

Модель общего равновесия состоит из следующих основных элементов:

- информационной базы, содержащей статистические данные по институциональным секторам и видам экономической деятельности (данные Агентства Республики Казахстан по статистике);

- входного файла в форме крупноформатной электронной таблицы EXCEL. Основной входной информацией для оценивания является матрица социальных счетов Республики Казахстан, построенная на базе матриц межотраслевого баланса за период. Матрица социальных счетов представляет собой счета всех видов продукции по отраслям и товаром, факторов производства (капитал и труд) и институтов/экономических агентов (домашние хозяйства, предприятия, государство, весь остальной другой мир);

- программного блока, подготовленного с использованием пакета GAMS (General Algebraic Modelling System);

- выходного файла в форме крупноформатной электронной таблицы EXCEL, предназначенно для анализа результатов моделирования.

Обычно стандартная модель общего равновесия состоит из 3 блоков уравнений. Первое, рынок товаров и факторов производства, второе,

институциональные секторы, и третье рынки товаров.

### 1. Рынки товаров и факторов производства.

Предполагается, что каждый производитель, представленный тем или иным видом экономической деятельности, стремится к максимизации прибыли, подсчитываемой как разность между выручкой от реализации товаров и затратами на факторы производства и промежуточное потребление. Выпуск формируется в соответствии с производственным деревом, представленным на рис. 1.

На верхнем уровне производственного дерева происходит агрегирование добавленной стоимости и промежуточного потребления товаров и услуг. Этот процесс можно моделировать на основе использования функций с постоянными эластичностями замещения (функций CES<sup>1</sup>) или функций Леонтьева (функций с фиксированным соотношением между добавленной стоимостью и промежуточным потреблением). Обычно в моделях общего равновесия применяется второй подход. CES функции могут использоваться в отношении конкретных отраслей в случае, если эмпирические наблюдения показывают, что технологический цикл допускает некоторый уровень замещения между факторами производства и промежуточным потреблением товаров и услуг.

Добавленная стоимость формируется посредством использования функций CES для агрегирования факторов производства, в то время как совокупное промежуточное потребление состоит из отдельных ресурсов, решения о применении которых принимаются производителями, основываясь на подходе Леонтьева.

Каждый производитель производит хотя бы один товар. Производственный процесс характеризуется постоянной отдачей от масштаба. Доходы производителей зависят от уровня выпуска, производительности и цен на товары.

Максимизируя прибыль, каждый вид деятельности использует набор факторов производства до тех пор, пока предельный продукт каждого фактора становится равным его предельному доходу (цене фактора). Доходы факторов могут различаться по отраслям. Причем это относится и к относительно мобильным факторам производства. В этом случае модель учитывает различия,

<sup>1</sup> CES – аббревиатура от англ. Constant Elasticity of Substitution (рус. постоянная эластичность замещения).



Рис. 1. Производственное дерево

обусловленные экзогенными причинами. Например, различия в оплате труда по отраслям могут быть обусловлены такими факторами, как статус работника, условия труда, риск для здоровья и т.д.

Пользователь может делать выбор между альтернативными условиями рыночного равновесия на рынке факторов производства. По умолчанию используется неоклассический подход, при котором количество предложения факторов производства зафиксировано на уровне базового периода. Средние доходы факторов могут изменяться с тем, чтобы спрос на них со стороны различных отраслей приходил в равновесие с их предложением. При этом отношения отраслевых доходов факторов к их средним доходам зафиксированы на уровне базового периода.

С другой стороны, можно предположить, что предложение того или иного фактора производства может колебаться, а реальные доходы этого фактора оставаться фиксированными. Например, в отношении рынка труда это предположение состоятельно, если существует значительный уровень безработицы среди определенных специальностей. При таком подходе для достижения равновесия на рынке факторов производства их средние доходы и отношения отраслевых доходов

к средним фиксируются. Каждая отрасль может задействовать любое количество факторов по фиксированной цене. В этом случае переменная предложения того или иного фактора является незначимой, поскольку она просто отражает общий уровень спроса на факторы производства отдельных отраслей.

Следующий вариант моделирования условия равновесия на рынке факторов производства заключается в сегментировании этого рынка с тем, чтобы каждая отрасль могла использовать только количество факторов базового периода. Такой подход может быть предпочтительным при краткосрочном анализе и/или в случае, если существуют значительные различия в качестве факторов, используемых в тех или иных отраслях. В этой ситуации фиксируется количество спроса отдельных отраслей на факторы производства и средние доходы факторов. Остальные переменные (предложение факторов и отношения их отраслевых доходов к средним) являются свободными.

**2. Институциональные секторы.** В модели общего равновесия на рынке товаров и услуг институциональные секторы обычно представлены домашними хозяйствами, предприятиями, государством и остальным миром.

Домашние хозяйства получают доходы за предоставление труда, а также трансферты от других институциональных секторов. Полученные доходы идут на выплату прямых налогов, формирование сбережений, потребление, а также предоставление трансфертов другим институциональным секторам.

Потребление подразделяется на потребление товарной продукции, приобретаемой по рыночным ценам (ценам потребителей), включающим налоги на товары и торгово-транспортные наценки, и нетоварной продукции (продукции собственного производства, предназначенной для потребления внутри домашнего хозяйства), которое измеряется в ценах производителей на уровне конкретных отраслей экономики. Потребительские расходы домашних хозяйств распределяются по различным товарам в соответствии с функциями спроса линейной системы расходов.

Помимо домашних хозяйств доходы от факторов производства могут получать и предприятия. Наряду с этим предприятия могут получать трансферты от других институциональных секторов. Доходы предприятий направляются на выплату налогов, формирование сбережений и предоставление трансфертов. В отличие от домашних хозяйств у предприятий отсутствуют расходы на конечное потребление.

Государство собирает налоги и получает трансферты от других институциональных секторов. В базовой версии модели все налоги задаются в виде фиксированных адвалорных ставок. Свои доходы государство направляет на потребление, сбережение и трансферты. В базовой версии модели государственное потребление фиксировано в реальных величинах, в то время как трансферты индексируются с учетом индекса потребительских цен (ИПЦ). Сбережения государства (разница между доходами и расходами) формируются по остаточному принципу.

По счетам институционального сектора «Остальной мир» проходят все экспортно-импортные операции. Балансирующими переменными этого сектора являются обменный курс или сальдо платежного баланса, представляющее разницу между валютными поступлениями и расходами.

**3. Рынки товаров.** За исключением продукции, производимой и потребляемой внутри отдельных домашних хозяйств, все товарные пото-

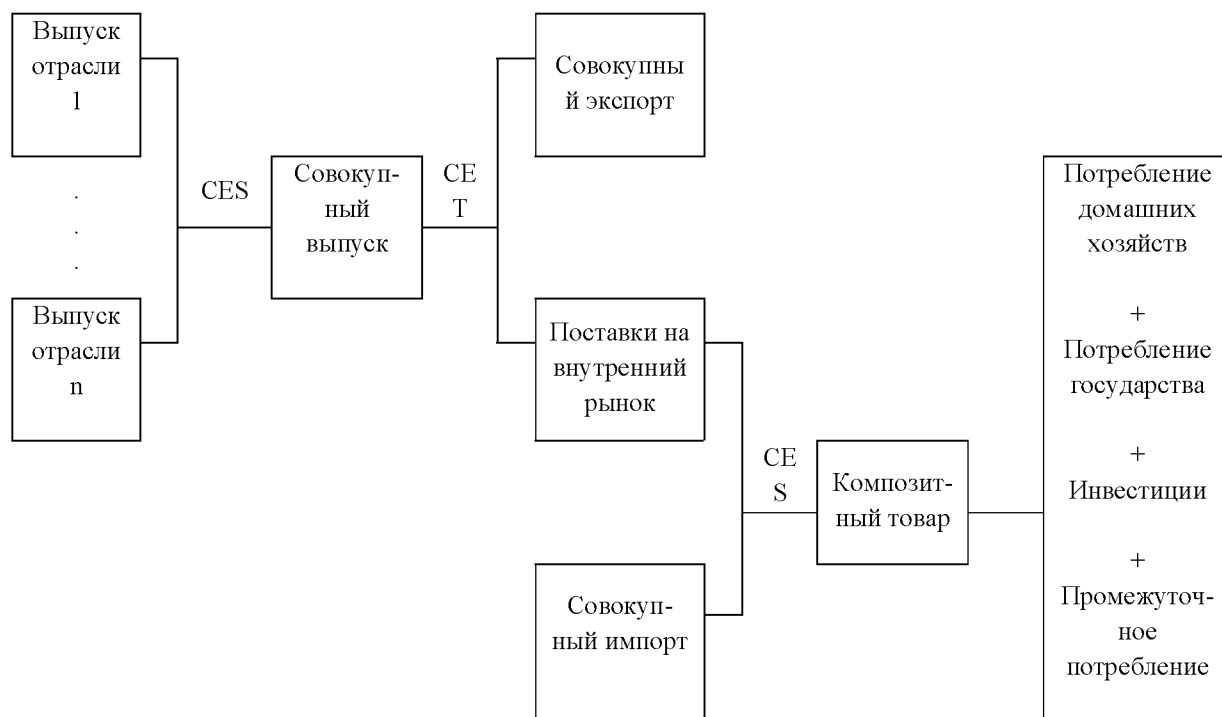
ки (товары внутреннего производства и импорт) изображены на рис. 2. На этом рисунке показаны физические потоки товаров и связанные с ними натуральные и ценовые переменные в соответствии с тем, как они определены в модели.

Для товарной продукции первая стадия в маркетинговой цепи состоит из генерации совокупного выпуска отдельными видами деятельности в промышленности и сфере услуг. Этот выпуск характеризуется несовершенным замещением как, например, результат различий в потребительских свойствах и качестве продукции, размещении отдельных отраслей. Поэтому для агрегации выпуска используется функция CES. Спрос на продукцию каждой отрасли выводится путем решения задачи минимизации издержек производства данного количества совокупного выпуска с использованием постоянных эластичностей замещения. Цены производителей уравнивают рынки отдельных товаров.

На следующей стадии совокупный выпуск распределяется между экспортом и продажами на внутреннем рынке при условии максимизации производителями выручки от реализации продукции, используя концепцию несовершенной трансформации между поставками товаров на экспорт и их продажей на отечественном рынке. На международном рынке спрос на экспорт моделируется как совершенно эластичный при данных мировых ценах. Выручка экспортеров корректируется на величину транзакционных издержек, связанных с доставкой товаров до границы, и экспортных налогов, если таковые имеются. Цена предложения товаров на внутреннем рынке подсчитывается как разница между ценой спроса и транзакционными издержками, сопровождающими доставку продукции от производителей потребителям, в расчете на единицу продукции.

Внутренний спрос состоит из суммы расходов на потребление домашних хозяйств, государства, инвестиций, промежуточного потребления предприятий, расходов на транспортировку и торгово-посреднических наценок (транзакционных издержек).

Если тот или иной товар импортируется, то совокупный спрос на этот товар формируется из спроса на импорт и продукцию отечественного производства. При этом предполагается, что потребители минимизируют издержки, исходя из несовершенного замещения между импортными



CES – функции с постоянными эластичностями замещения.

CET – функции с постоянными эластичностями трансформации продукции отечественного производства в экспорт.

Рис. 2. Товарные потоки

и отечественными товарами. Это моделируется посредством использования функций CES для агрегирования товаров<sup>2</sup>.

Спрос на импорт удовлетворяется за счет международных поставок, которые моделируются как совершенно эластичные при заданных мировых ценах. В цену импорта включены импортные налоги (пошлины и акцизы), измеряемые в адвалорном эквиваленте, и транзакционные издержки, связанные с доставкой товара от границы до конечного потребителя, в расчете на единицу импорта.

Спрос на продукцию отечественного производства удовлетворяется за счет внутренних поставок. В цену спроса включаются транзакционные издержки, связанные с доставкой товара от производителей потребителям. В цену предложения такие издержки не включаются. Цены являются гибкими, что приводит в равновесие спрос и предложение отечественных товаров на внутреннем рынке.

Предположения о несовершенной трансформации отечественной продукции в экспортные поставки и продажи на внутреннем рынке, а также о несовершенном замещении импортом товаров отечественного производства позволяют модели лучше отражать реальность. Это обусловлено тем, что при несовершенных трансформации и замещении внутренние цены не являются полностью зависимыми от мировых. В результате удается избежать нереалистичных экспортно-импортных потоков при различных сценариях развития экономической системы. На уровне отдельных товаров, эти предположения позволяют моделировать двухстороннюю торговлю, наличие которой во многих случаях подтверждено эмпирически даже среди практически однородных товаров.

В заключении хотелось бы отметить, что общее количество уравнений описывающие вышеперечисленные блоки состоят из 45-50. При этом, следует учесть, что их количество может достигать и до 100.

<sup>2</sup> Эту функцию принято называть функцией Армингтона, поскольку Поль Армингтон был первым, кто применил концепцию несовершенного замещения между импортом и отечественными товарами в экономико-математических моделях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Armington P.A.* 1969. A theory of demand for products distinguished by place of production. *IMF Staff Papers* 16 (1): 159.178.
2. *Blonigen, Bruce A., Joseph E. Flynn, Kenneth A. Reinert.* 1997. Sector-focused general equilibrium modeling // *Applied methods for trade policy analysis: A handbook*, ed. J. F. Francois and K. A. Reinert. New York: Cambridge University Press.
3. *Brooke A., Kendrick D., Meeraus A., Raman R.* 1998. *GAMS: A user's guide*. Washington, D.C.: GAMS Development Corporation.
4. *Dervis K., J. de Melo, Robinson S.* 1982. *General equilibrium models for development policy*. New York: Cambridge University Press.
5. *Devarajan S., Lewis J.D., Robinson S.* 1993. External shocks, purchasing power parity, and the equilibrium real exchange rate. *World Bank Economic Review* 7 (1): 45.63.
6. *Pyatt, G., Round J.* 1985. *Social accounting matrices: A basis for planning*. Washington, D.C.: World Bank.
7. *Robinson S.* 1989. Multisectoral models. In *Handbook of development economics, vol. II*, ed. H. Chenery and T. N. Srinivasan. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
8. *Robinson S.* 1991. Macroeconomics, financial variables, and computable general equilibrium models. *World Development* 19: 1509.1525; *Robinson S., Roland-Holst D.W.* 1988. Macroeconomic structure and computable general equilibrium models. *Journal of Policy Modeling*
9. *Taylor L.* 1990. Structuralist CGE models. In *Socially relevant policy analysis*, ed. L. Taylor. Cambridge, Mass., U.S.A.: MIT Press.
10. *Thomas M., Bautista R.* 1999. A 1991 social accounting matrix (SAM) for Zimbabwe. Trade and Macroeconomics Division, Discussion Paper No. 36. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.