

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ТОВАРОПОТОКОВ МЕЖДУ СТРАНАМИ

*А.М. Кулакова*

*М.В. Радионова*

*Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, г. Пермь*

*В работе предпринята попытка построения модели товаропотоков (здесь и далее под моделью товаропотока понимается модель внешней торговли на уровне отдельных товаров и товарных групп), учитывающей влияние факторов со стороны спроса и предложения, а также торговых барьеров между странами, проведена верификация предложенной модели на реальных данных.*

Международная торговля – старейшая форма международных экономических отношений, являющаяся в современном мире одним из важнейших факторов развития, как мировой, так и национальных экономик. Развитие международных торговых отношений связывает все страны мира в одну производственную цепочку. Образование этой цепочки обуславливает синхронность экономических циклов всех экономик мира. В связи с этим все более существенным становится понимание механизмов международной торговли, и оценка влияния на нее ограничительных мер, предпринимаемых странами.

Для многих органов государственного управления, международных организаций и представителей бизнеса наибольший интерес представляют модели внешней торговли на уровне отдельных товаров и товарных групп, поскольку позволяют оценить и спрогнозировать объемы денежных поступлений от международной торговли конкретным товаром, а также оценить возможное влияние вводимых в процесс международной торговли ограничительных мер на ее объемы и направления развития.

Перед построением модели товаропотоков были изучены представленные в научной литературе модели внешней торговли, которые можно объединить в три группы:

1) Гравитационные модели. К гравитационным моделям относятся модификации модели, впервые предложенной Яном Тинбергеном [1.9], оценивающей объемы взаимной торговли между странами, основными факторами в которых выступают размеры торгующих экономик и расстояние между ними, а также прочие факторы, способствующие или препятствующие взаимной торговле [1,2,5,7,12]. Гравитационный подход

к моделированию внешней торговли завоевал популярность среди многих ученых, и получил множество спецификаций. Обзор наиболее важных исследований первого десятилетия XXI века, посвященных гравитационным моделям внешней торговли, представлен в работе [1.5];

2) Регрессионные модели. К регрессионным моделям относятся модели, оценивающие объемы элементов внешней торговли (экспорт или импорт) и их совокупность в рамках одной страны, в зависимости от значений основных социально-экономических показателей данной страны. Стоит отметить, что данный класс моделей в литературе в основном представлен моделями объемов экспорта разных стран. Существующее многообразие моделей позволяет выделить основные факторы, влияющие на объемы внешней торговли, к которым относят: объем ВВП (положительно влияет на величину экспорта), реальный курс национальной валюты (отрицательно влияет на величину экспорта), объем импорта (положительно влияет на величину экспорта), объем производства экспортно-ориентированных отраслей (положительно влияет на величину экспорта) [10,11]. Не смотря на достаточную распространенность регрессионных моделей объемов внешней торговли, они значительно уступают в популярности, как описанным выше гравитационным моделям, так и представленным далее динамическим моделям;

3) Динамические модели. К динамическим моделям относятся модели, учитывающие при оценке объемов внешней торговли не только текущие значения входящих в модель переменных, но и их предыдущие значения. Наиболее широко класс динамических моделей внешней торговли в литературе представлен моделями коррекции ошибок. Динамические модели, как и регрессионные, в литературе в основном представлены моделями объемов экспорта стран. В качестве факторов, связанных с объемом экспорта долгосрочными связями, в таких моделях наиболее часто выступают следующие экономические показатели: объем ВВП, реальный курс национальной валюты по отношению к доллару США, объем спроса на экспортируемые товары и услуги в странах-импортерах [3,4,6,8]. Наличие долгосрочных связей объемов экспорта с вышеперечисленными показателями, характерно для всех экономик мира. Основой для такого вывода служит наличие множества работ, в которых представлена модель коррекции ошибок объемов экспорта с подобным набором переменных, для стран с развитой и развивающейся экономикой, а также для стран со слабо развитой экономикой.

Существующие модели внешней торговли применяются для оценки агрегированных объемов внешней торговли, то есть для суммарного объема экспорта или импорта товаров и услуг. Такие модели представляют интерес для анализа экономических процессов на макроуровне. Поскольку целью работы является модели внешней торговли на уровне отдельных товаров и товарных групп, была предпринята попытка построения и теоретического обоснования модели внешней торговли на уровне отдельных товаров и товарных групп. В данной работе предлагается модель товаропотока в форме закона Ома:

$$I = \frac{U}{R},$$

где  $I$  – сила тока в электрической сети;

$U$  – электрическое напряжение;

$R$  – сопротивление в электрической цепи.

Для построения такой модели при помощи метода аналогии, описанным выше физическим понятиям были сопоставлены экономические категории, имеющие отношение к международной торговле.

Товаропоток – перераспределение товара из одной страны в другую, то есть это направленное движение товара. Таким образом, категории «товаропоток» можно сопоставить физическое понятие «электрический ток». Однако статистика отображает не перемещение товара, как таковое, а интенсивность (объемы) этого перемещения. Поскольку дальнейший анализ основан на статистических данных, исследуемое явление «товаропоток» можно соотнести с физической категорией «сила тока».

Электрическому напряжению можно сопоставить потенциальный объем товаропотока между страной-экспортером и страной-импортером. В качестве потенциала страны-экспортера можно рассматривать количество товара, которое страна может экспортировать, то есть разность между объемом производства товара и объемом потребления товара за какой-либо период времени. Потенциал страны-импортера в данном контексте будет равен недостатку товара в стране, то есть численно равен разности между объемами производства и потребления. Знакоопределенность потенциалов стран, является очень важным моментом в рамках данной модели, так как объясняет существование товаропотока между странами с физической точки зрения: упорядоченное движение зарядов возникает только в случае различных знаков у источника и приемника заряда.

Электрическому сопротивлению можно поставить в соответствие различные торговые барьеры между странами, к которым относятся: ставки таможенных пошлин, величину таможенных сборов, стоимость лицензий и другие меры тарифного и нетарифного регулирования внешней торговли. Кроме того, в электродинамике существует такое понятие как «сопротивление проводника», которому можно сопоставить расстояние между странами.

В данной работе предлагается модель импорта в форме:

$$I_{ij}^k = \alpha_0 \frac{U_{kij}^{\alpha_1}}{R_{ij}^{\alpha_2}}, \quad (1)$$

где  $I_{ij}^k$  – объем товаропотока  $k$  из страны  $i$  в страну  $j$ ;

$U_{kij}$  – потенциальный объем товаропотока  $k$  из страны  $i$  в страну  $j$ ;

$R_{ij}$  – величина, отражающая размер торговых барьеров между странами и затраты на транспортировку;

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$  – оцениваемые параметры модели.

Оценка модели товаропотоков проводилась на данных официальной статистики в период с I квартала 2008 года до IV квартала 2012 года, предоставляемых службами государственной статистики Российской Федерации [1.13] и Украины [2], а также на данных Федеральной Таможенной Службы Российской Федерации [3].

Используемые в модели показатели:

- Объем производства мяса и птицы в тысячах тонн, в России и Украине;
- Объем потребления мяса и птицы в тысячах тонн, в России и Украине;
- Объем импорта мяса свежего и мороженного (включая мясо птицы) в тоннах из Украины в Россию;
- Средние цены производителей сельскохозяйственной продукции в животноводстве на скот и птицу, рублей за тонну и гривен за тонну;
- Курс гривны к рублю в среднем за квартал, по данным Центрального Банка России;
- Среднее расстояние между центральными городами регионов Украины, производящими основную долю мяса и птицы, до Москвы по автомобильным дорогам, км;
- Средневзвешенные таможенные пошлины на ввоз товаров группы 02 «Мясо и пищевые мясные субпродукты» по данным ФТС России, %.

Выбор в качестве моделируемого показателя объема импорта из Украины в Россию товаров группы 02 «Мясо и пищевые мясные субпродукты» обусловлен спецификой его перераспределения между

странами, которая соответствует основным положением теории Хекшера-Олина: так как товары выбранной группы являются потребительскими, и кроме того необходимыми для поддержания жизнедеятельности населения, экспортируются они только в случае избытка производства. Выбор же торгового партнера обусловлен значительной долей Украины в российском импорте выбранного товара.

Использование в качестве оценки расстояния между странами среднего значения расстояний от центральных городов районов Украины до Москвы по автомобильным дорогам обусловлено спецификой торговли мясом и птицей между странами: большая часть украинского мяса поступает на рынки центральных регионов РФ, в связи с коротким периодом хранения выбранного товара. Кроме того большую часть украинского импорта обеспечивают регионы, на долю которых приходится основной объем производства выбранного продукта, к этим регионам относятся: Черкасская область, Днепропетровская область, Донецкая область, Киевская область, Львовская область и Винницкая области. Также необходимо учитывать, что транспортировка мяса и птицы из Украины в Россию преимущественно осуществляется при помощи автомобильного транспорта.

При построении модели товаропотоков, использовались следующие факторы:

1) Переменная  $U_{kij}$  отражает, какую долю рынка товара, непокрытого внутренним производством страны-импортера, может занять страна-экспортер, поставляя весь свой излишек в эту страну, т.е. потенциальный объем товаропотока, оценивается по формуле:

$$U_{kij} = \left| \frac{Production_{ki} - Consumption_{ki}}{Production_{kj} - Consumption_{kj}} \right|, \quad (2)$$

где  $Production_{ki}$  – объем производства товара k в стране-экспортере;

$Consumption_{ki}$  – объем потребления товара k в стране-экспортере;

$Production_{kj}$  – объем производства товара k в стране-импортере;

$Consumption_{kj}$  – объем потребления товара k в стране-импортере.

2) Переменная  $R_{ij}$  отражает разницу в ценах на внутреннем рынке на товар, произведенный внутри страны и импортируемый. Или другими словами: переменная  $R_{ij}$  показывает, насколько целесообразно ввозить данный товар из данной страны. Рассчитывается по формуле:

$$R_{ij} = \frac{P_{jk}}{P_{ik} \left( 1 + \frac{r_{jk}}{100} \right) + \frac{P_{jk} - P_{ik}}{d_{ij}}}, \quad (3)$$

где  $P_{jk}$  – средние цены производителей на товар k в стране-экспортере;

$P_{ik}$  – средние цены производителей на товар k в стране-импортере;

$r_{jk}$  – средневзвешенная ставка ввозных таможенных пошлин на товар  $k$  в стране-импортере;

$d_{ij}$  – расстояние между странами;

$P_{ik} \cdot \left(1 + \frac{r_{jk}}{100}\right)$  показывает цену на товар, образующуюся в результате уплаты таможенных пошлин;

$\frac{P_{jk} - P_{ik}}{d_{ij}}$  отображает средние затраты на транспортировку товара.

Поскольку предложенное уравнение (1) является нелинейным, для упрощения процесса оценки можно перейти к его линейной форме путем логарифмирования, что даст следующую форму уравнения:

$$\ln(I_{ij}^k) = \ln(\alpha_0) + \alpha_1 \ln(U_{kij}) - \alpha_2 \ln(R_{ij}) \quad (4)$$

где  $I_{ij}^k$  – объем импорта мяса свежего и мороженого (включая мясо птицы) из Украины в Россию;

$U_{kij}$  – оценка «напряжения» между Россией и Украиной в торговле мясом и мясopодуктами, полученная из уравнения 2;

$R_{ij}$  – оценка «сопротивления» между Россией и Украиной в торговле мясом и мясopодуктами, полученная из уравнения 3.

Для построения модели использовался инструмент моделирования и прогнозирования, входящий в интегрированную платформу Prognoz Platform 7. Выбор данного инструмента обусловлен простотой его использования, широким спектром методов моделирования, большим набором встроенных диагностических тестов.

Перед оценкой модели моделируемый ряд был исследован на стационарность при помощи теста Дики-Фуллера, результаты которого показали, что ряд является стационарным (таблица 1).

Таблица 1

**Результаты теста Дики-Фуллера на стационарность моделируемого ряда**

	ADF-статистика	1% значимости	5% значимости	10% значимости	Стационарность
$\ln(I_{ij}^k)$	-3,54	-4,53	-3,67	-3,28	есть

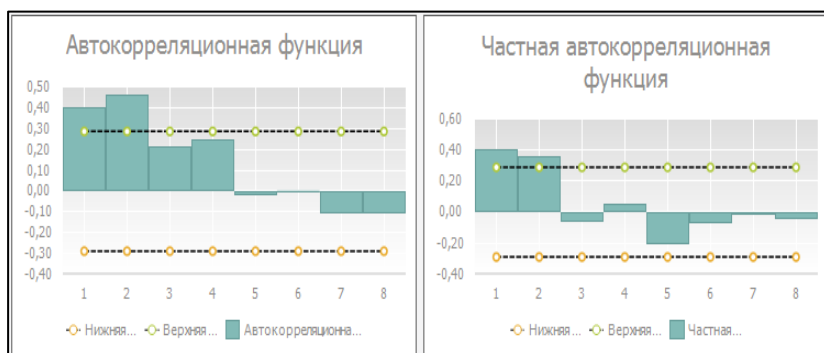
Форма оцениваемого уравнения 4 в ходе работы претерпела некоторые изменения: в модель были включены процессы авторегрессии и скользящего среднего. Вывод об обоснованности включения данных параметров, а также получить значения порядков этих процессов, позволил анализ графиков автокорреляционной и частной автокорреляционной функций (рис.1): графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций имеют по два ненулевых значения,

то есть имеют место процессы авторегрессии и скользящего среднего второго порядка. Включение в модель этих параметров имеет также и экономическую интерпретацию: на внешнюю торговлю между странами оказывает существенное влияние государство, стараясь максимально приблизить сальдо внешней торговли к 0, поэтому в течение года объемы внешней торговли корректируются, в зависимости от значений в предыдущие периоды.

В итоге, оценивалась линейная регрессионная модель в форме:

$$\ln(I_{ij}^k) = A_0 + A_1 \cdot \ln(U_{kij}) + A_2 \cdot \ln(R_{ij}) + [AR(2) = A_3, MA(2) = A_4] \quad (5)$$

Коэффициенты модели были получены при помощи метода наименьших квадратов. Результаты оценки итоговой модели товаропотока мяса и мясопродуктов из Украины в Россию представлены в таблице 2 и на рисунке 2.



**Рис. 1. Графики АКФ и ЧАКФ моделируемого ряда**

. Из таблицы 1 видно, что все коэффициенты модели статистически значимы. Кроме того, все коэффициенты имеют логически правильные знаки.

Таблица 2

## Результаты оценки эмпирической модели

Коэффициент	Значение	Стандартная ошибка	t-статистика	Вероятность
Константа	4,69663	0,65851	7,13218	0,00001
при X1 (log(Напряжение с Украиной[t]))	0,43563	0,21969	1,98294	0,06891
при X2 (log(Сопротивление с Украиной[t]))	-6,35671	1,05326	-6,03529	0,00004
при AR(2)	0,51055	0,08757	5,83034	0,00006
при MA(2)	-0,98666	0,02612	-37,77884	0,00000

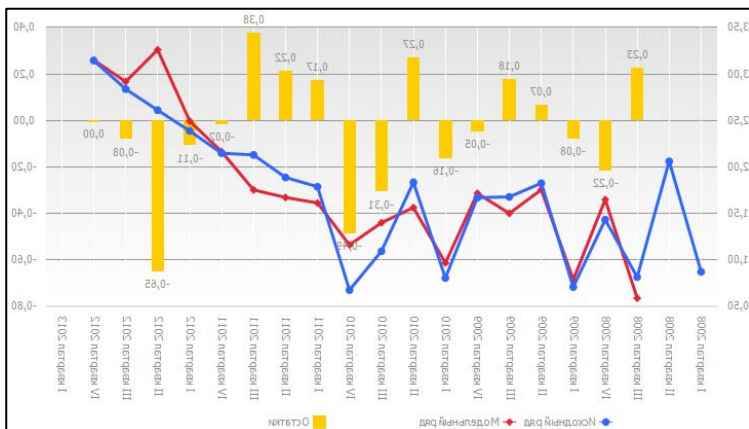


Рис. 2. График исходного ряда, модельного ряда и остатков

Обоснованность включения используемых факторов модели подтверждает корреляционная матрица, представленная в таблице 3. Значения коэффициентов корреляции между моделируемым показателем



и факторами, включенными в модель, свидетельствуют о наличии взаимосвязи, а их знаки совпадают со знаками коэффициентов при факторах в модели, и не противоречат логике. Кроме того из матрицы корреляции видно, что факторы не зависят друг от друга, из чего можно сделать вывод об отсутствии мультиколлинеарности.

Таблица 3

### Корреляционная матрица

	log(Y)	X1	X2
log(Y)	1	0,77374	-0,6226
X1	0,77374	1	0,49875
X2	-0,6226	0,49875	1

О качестве модели свидетельствуют значения статистических характеристик (таблица 4):

- значения коэффициента детерминации и скорректированного коэффициента детерминации близки друг к другу, и достаточно велики, что говорит о высоком качестве модели;
- вероятность статистики Фишера близка к 0 и меньше, чем уровень значимости, на котором оценивается модель, то есть гипотеза о равенстве 0 коэффициентов модели отвергается;
- значение статистики Дарбина-Уотсона близка к 2, что говорит об отсутствии автокорреляции остатков модели.

Таблица 4

### Статистические характеристики модели

Название	Значение
Критерии качества	
Коэффициент детерминации ( $R^2$ )	0,86561
Скорректированный коэффициент детерминации (adj $R^2$ )	0,82426
Статистика Фишера (F)	20,93285
Вероятность статистики Фишера (p-v)	0,00001
Диагностические критерии	
Статистика Дарбина-Уотсона (DW)	1,72065

Чтобы убедиться в высоком качестве построенной модели, были проведены следующие диагностические тесты:

1) Тест Годфрея на автокорреляцию остатков (таблица 5):

Таблица 5

**Результаты теста Годфрея на автокорреляцию остатков**

	Значение	Вероятность	Гипотеза об отсутствии автокорреляции остатков	
Статистика Фишера	0,57944	0,57643	Принимается	
Статистика Хи-квадрат	1,40747	0,49473	Принимается	
Кoeffициенты модели				
Кoeffициент	Значение	Стандартная ошибка	t-статистика	Вероятность
Константа	0,24716	0,73313	0,33712	0,74237
при log(Напряжение с Украиной[t])	0,07769	0,24175	0,32135	0,75397
при log(Сопротивление с Украиной[t])	0,12416	1,10227	0,11264	0,91235
при Остатки[t-1]	0,21540	0,32838	0,65595	0,52534
при Остатки[t-2]	-0,29727	0,30603	-0,97137	0,35224
при AR(2)	0,00899	0,09248	0,09724	0,92429
при MA(2)	0,01280	0,03057	0,41869	0,68350

2) Тест Уайта на гетероскедастичность остатков (таблица 6):

Таблица 6

**Результаты теста Уайта на гетероскедастичность**

	Значение	Вероятность	Гипотеза о нулевом среднем распределении остатков

Статистика Фишера	0,51077	0,76325	Принимается	
Статистика Хи-квадрат	3,15855	0,67556	Принимается	
Кoeffициенты модели				
Кoeffициент	Значение	Стандартная ошибка	t-статистика	Вероятность
Константа	0,12112	0,05834	2,07623	0,06002
при grad_1^2	0,02701	0,08632	0,31289	0,75974
при grad_2^2	-0,00309	0,00666	-0,46308	0,65159
при grad_3^2	-0,20974	1,04447	-0,20081	0,84421
при grad_4^2	0,00430	0,00672	0,64017	0,53409
при grad_5^2	-0,00204	0,00212	-0,96202	0,35502

3) Тест Рамсея на приемлемость функциональной формы модели (таблица 7):

Таблица 7

**Результаты теста Рамсея на приемлемость функциональной формы модели**

	Значение	Вероятность	Гипотеза о нулевом среднем распределении остатков	
Статистика Фишера	1,42190	0,25614	Принимается	
Статистика Хи-квадрат	2,01566	0,15568	Принимается	
Кoeffициенты модели				
Кoeffициент	Значение	Стандартная ошибка	t-статистика	Вероятность
константа	2,88077	1,19724	2,40617	0,03314
при log(Напряжение с Украиной[t])	0,32032	0,22592	1,41787	0,18167
при log(Сопротивление с Украиной[t])	-2,16925	2,46653	-0,87948	0,39641

при Модельный ряд[t]^2	0,12228	0,05811	2,10433	0,05710
при AR(2)	0,41765	0,16976	2,46021	0,03003
при MA(2)	-1,00000	0,13206	-7,57204	0,00001

Результаты оценки эмпирической модели говорят о высоком уровне качества построенной модели, корректности использования выбранных факторов, а также о приемлемости выбранной функциональной формы модели.

Международная торговля – сложный, многоуровневый процесс, оказывающий влияние на все стороны нашей жизни. Для упрощения и регламентации этой стороны международных отношений создаются различные торговые организации, такие как ВТО, ГАТТ и другие, которые осуществляют свою деятельность посредством установления правил международной торговли. Кроме того, существенную роль в международной торговле играют органы государственной власти, которые осуществляют регулирование объемов внешней торговли при помощи ограничительных инструментов. В связи с глобализацией всех экономических процессов сегодня особенно остро стоит вопрос об оценке объемов внешней торговли, а также об изучении влияния различных факторов на их изменение. В данной работе были изучены существующие теоретические подходы к моделированию объемов внешней торговли и их практическое применение. При построении модели товаропотоков были проведены междисциплинарные аналогии, основанные на предположении о сходстве характеров изучаемого экономического процесса и такого физического явления как электрический ток. Результаты верификации модели позволяют говорить об оправданности использования предложенного подхода к моделированию товаропотоков.

### *Список литературы*

1. *Anderson, Van Wincoop.* Gravity With Gravititas: A Solution To The Border Puzzle. / *The American Economic Review.* – 2003. - №1. – С. 170-192.
2. *Baier, Bergstrand.* Bonus Vetus OLS: A Simple Method For Approximating International Trade-Cost Effects Using The Gravity Equation. / *Journal Of International Economics* – 2009. - №77. – С.77–85
3. *Belke, Oeking, Setzer.* Exports and Capacity Constrains – A smooth transition regression model for six Euro Area countries. / *Ruhr economic Papers.* – 2013. - №449. – С. 3-33

4. *Ca' Zorzi, Schnatz*. Explaining and forecasting Euro Area exports: wich competitiveness indicator performs best? / European Central Bank: Working papers series. – 2007. - №833.
5. *Karlaftis, Kerpaptsoglou, Tsamboulas*. The Gravity Model Specification for Modeling International Trade Flows and Free Trade Agreement Effects: A 10-Year Review of Empirical Studies. / The Open Economics Journal. – 2010. - №3. – С.1-13
6. *Kjersti-Gro Lindquist*. Empirical Modelling of Norwegian Exports: A Disaggregated Approach. / Discussion Paper Research Department, Statistics Norway. – 1993. - №100. – С.1-37
7. *McCallum*. National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns. / The American Economic Review. – 1995. - №3. – С. 615-623
8. *Murata, Le Foulter, Turner, Rae*. Modelling manufacturing export volumes: A system estimation approach. / OECD Economics Department Working. – 2000 - №235. – С.2-38
9. *Tinbergen*. *Shaping The World Economy*. / The International Executive Volume 5, Issue 1. – 1963
10. *Бурдыко Н.М., Кравцов М.К.* Эконометрические модели анализа и прогнозирования важнейших показателей внешней торговли Республики Беларусь. / Белорусская экономика: анализ, прогноз, регулирование. – 2004. - №1 (79). – С. 10-26
11. *Емельянов С.С.* Моделирование экспорта и импорта Российской Федерации в системе прогнозно-аналитических расчетов. / Проблемы прогнозирования. – 2007. - №2. – С.116-126
12. *Идрисов Г.И., Каукин А.С.* Пространственная гравитационная модель внешней торговли // mimeo, Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара. – 2013.
13. <http://www.gks.ru/>
14. <http://ukrstat.gov.ua/>
15. <http://www.customs.ru/>