

*Ю.А. Щербанин, Е.А. Ивин,
А.Н. Курбацкий, А.А. Глазунова*

**ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА НА ГРУЗОВЫЕ
ПЕРЕВОЗКИ В РОССИИ В 1992-2015 гг.**

Прошлый опыт. Планомерное развитие экономики страны в целом зависит от уровня функционирования ее инфраструктуры, важнейшим элементом которой является транспортная отрасль. Анализируя значимость спроса на грузовые перевозки со стороны бизнес планирования, можно утверждать, что эмпирически полученные оценки эластичности спроса на грузовые перевозки и прогнозы будущего спроса весьма важны для планирования грузовых перевозок и управления ими. Зная чувствительность спроса на грузовые перевозки к изменениям его объясняющих переменных, можно варьировать политику в управлении спросом на грузовые перевозки, перераспределять грузы между отдельными видами транспорта и т.д.

В зарубежных и отечественных публикациях о грузовых перевозках большинство исследований фокусирует свое внимание на моделировании спроса, рассматривая эластичность спроса и выбор в перераспределении грузов между разными видами транспорта. Например, Т.В. Vjørner провел эмпирический анализ грузовых перевозок в Дании с помощью коинтеграционной векторной регрессионной системы [1]. М. Kulshreshtha и В. Nag также применяли коинтеграционные VAR-модели при моделировании спроса на индийский железнодорожный грузовой транспорт [2]. R. Ramanathan использовал коинтеграционную векторную регрессионную систему в моделировании и прогнозировании спроса на пассажирские и грузовые перевозки в Индии [3]. Их английские коллеги Shujie Shen, Tony Fowkes, Tony Whiteing и Daniel Johnson более подробно исследовали спрос на грузоперевозки в Великобритании с помощью шести эконометрических моделей [4]. В России Е.Э. Колчинской на основании статистики по российским регионам с использованием регрессионных моделей панельных данных была изучена зависимость между уровнем развития транспорта в ре-

гионе и динамикой выпуска промышленной продукции в нем [5]. По сведениям, которыми располагают авторы, публикаций на русском языке по данной тематике отсутствуют. Более того, ни одно из предшествующих исследований не оценивало эффективность прогнозирования альтернативных моделей.

Методология. Три эконометрических метода применяются для моделирования и прогнозирования спроса на грузоперевозки с разбивкой по видам транспорта. Применяемые эконометрические модели:

- линейная модель регрессии OLS,
- авторегрессионная модель с распределенным лагом,
- неограниченная векторная модель авторегрессии.

Более подробно рассмотрим применяемую методологию касаясь каждой модели.

OLS-модель (Ordinary Least Squares). Метод наименьших квадратов – математический метод, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомым переменных. МНК является одним из базовых методов регрессионного анализа для оценки неизвестных параметров регрессионных моделей по выборочным данным.

Традиционная регрессионная модель, построенная методом наименьших квадратов, имеет вид:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^I \beta_i x_{it} + \varepsilon_t \quad ,$$

где y_t – зависимая переменная, x_t – объясняющая переменная, I – число объясняющих переменных, α и β – коэффициенты, которые должны быть оценены эмпирически, ε_t – случайные независимо распределенные ошибки с нулевым средним и постоянной дисперсией [6].

Авторегрессионная модель с распределенным лагом (ADLM – Autoregressive Distributed Lag Model). Авторегрессионная модель с распределенным лагом является примером динамической регрессии, в которой помимо объясняющих переменных и их лагов в качестве регрессоров используются лаги зависимой переменной. Иными словами, с помощью данной модели можно охарактеризовать влияние изменения факторной переменной x_t на дальнейшее изменение результирующей переменной y_t , т. е. изменение x_t в момент времени t будет оказывать влияние на значение переменной y_t в течение I следующих моментов времени. Модель авторегрессии с распределенным лагом можно представить следующим образом:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^I \sum_{j=0}^J \beta_{ij} x_{it-j} + \sum_{j=1}^J \phi_j y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

где $0 \leq \phi < 1$, y_t – зависимая переменная, x_{it} является объясняющей переменной, I – число объясняющих переменных, J – глубина лага, которая определяется типом используемых данных, α и β_i – коэффициенты, которые должны быть оценены эмпирически, ε_t – нормально и независимо распределенный вектор ошибок [7].

Неограниченная векторная модель авторегрессии (VAR – Vector AutoRegressive model). Векторная авторегрессионная модель – это система уравнений, в которой все переменные рассматриваются как эндогенные. Подход модели VAR состоит в том, что каждая эндогенная переменная в системе представляет собой зависимость лагов от всех переменных в системе, т.е. текущие значения временных рядов зависят от прошлых значений этих же временных рядов [8]. Фактически VAR – это система эконометрических уравнений, каждая из которых представляет собой модель авторегрессии распределенного лага (ADL). Используя векторно-матричную форму записи, VAR-модель может быть представлена в виде:

$$x_t = \alpha_0 + \sum_{m=1}^p A_m x_{t-m} + \sum_{n=0}^q B_n z_{t-n} + \varepsilon_t,$$

где x – вектор эндогенных переменных, z – вектор экзогенных переменных (опционально), p и q – максимальное количество лагов эндогенных и экзогенных переменных соответственно, A и B – матрицы коэффициентов. Оценка подобного рода моделей обычно производится с помощью метода наименьших квадратов [9].

Данные. Анализ, представленный в статье, осуществляется на основе ежегодных данных об объемах грузоперевозок и грузообороте в России как в совокупности, так и по видам транспорта за период 1992-2014 гг. Причина, по которой отдельно осуществляется анализ по объему грузоперевозок и грузообороту, в том, что структура этих показателей по видам транспорта сильно отличается. Данные о грузоперевозках изучаются нами по следующим видам транспорта: 1) автомобильный транспорт, 2) воздушный транспорт, 3) железнодорожный транспорт, 4) морской транспорт, 5) речной транспорт, 6) общий показатель по транспорту.

В работе исследуется эластичность спроса на грузовые перевозки по отношению к уровню экономической активности, где в качестве

прокси-переменных (переменная, которая сама по себе не представляет интереса, но заменяет другую переменную, которая должна стоять в уравнении) [10] выступает индекс промышленного производства и валовой внутренний продукт по паритету покупательской способности. Используются годовые данные.

Таким образом, функция спроса на грузовые перевозки может быть записана в следующем виде:

$$LK_m = f(LIIP, LGDP_{ppp}, dummy),$$

где символ «*L*» означает, что ряд данных представлен в логарифмической форме, «*K*» представляет собой вид транспорта, «*m*» показывает, в чем измеряются используемые данные: «*t*» – «миллионы тонн» для объема грузоперевозок и «*k/t*» – «миллиарды тонно-километров» для грузооборота. «*LIIP*» – логарифм индекса промышленного производства (за базисный принят 2010 г.). Поскольку в России не высчитывается ИПП для конкретных производственных секторов, используется стандартный ИПП, рассчитанный по трем видам экономической деятельности: «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». «*LGDP_{ppp}*» – логарифм валового внутреннего продукта по паритету покупательной способности, в млрд. долл. США в постоянных ценах 2011 г. по годам.

Фиктивные переменные (т.е. переменные, описывающие количественным образом качественные признаки) [11] включены в модель, чтобы выявить эффект разовых событий, влияющих на спрос на грузовые перевозки, когда это необходимо. Например, переменная *Dum_Cr* отражает все кризисные года с 1992-2014 гг., а именно 1998 г. и 2009 г. Переменная *Dum_col* описывает проблемные года в экономике, связанные с распадом СССР (*Dum_col* = 1 в 1992 и 1993 гг., *Dum_col* = 0 в противном случае).

Эмпирические результаты выявления взаимосвязей. Три эконометрические модели используются для моделирования спроса на грузовые перевозки как в совокупности, так и по типу перевозок. В качестве программного обеспечения используются MS Excel [12], эконометрические пакеты EViews 8 и EViews 9 [13], Gretl.

Первоначально проводится предварительный анализ экономических рядов – тест на стационарность с помощью расширенного теста Дикки-Фуллера. При подборе модели функциональная форма регрессии должна быть построена правильно, и окончательная модель, желательно, не должна иметь автокорреляцию,

гетероскедастичность и ненормальность. Для этого в работе проводятся диагностические тесты, а именно: для проверки автокорреляции произвольного порядка используется тест множителей Лагранжа для остаточной сериальной корреляции (наиболее известен как тест Бреуша-Годфри) и тест Льюнга-Бокса; ошибки наблюдений на нормальность проверяются с помощью теста Жака-Бера; процедура тестирования функциональной формы (спецификации) модели проходит с помощью RESET-теста (или теста Рамсея); отсутствие гетероскедастичности определяет White-тест [14]. Для VAR моделей для проверки нормальности используется тест Дурника-Хансена, для проверки автокорреляции – тест Льюнга-Бокса, гетероскедастичность – с помощью ARCH теста.

Наилучшая модель выбирается по информационным критериям Акайки (AIC) и Шварца (BIC). Критерий Акайка не только вознаграждает за качество приближения модели, но и штрафует за использование излишнего количества параметров модели. Среди нескольких альтернативных спецификаций предпочтение отдается той, у которой значение AIC и BIC меньше. В случае недостаточной информативности критериев используется скорректированный коэффициент детерминации ($Adj R^2$). При добавлении в модель новых регрессоров коэффициент детерминации не уменьшается, а практически всегда возрастает, поэтому сравнивать модели по коэффициенту детерминации некорректно. Для этого используют скорректированный коэффициент детерминации, налагающий «штрафы» за включение новых переменных: чем меньше его значение, тем лучше модель.

В табл. 1-6 представлены результаты моделирования, где в качестве объясняемой переменной (LK, K – виды транспорта) выступает объем грузовых перевозок в одном случае, грузооборот – в другом.

МНК-модель. Промышленное производство – важная составляющая спроса на грузовые перевозки только в случае автомобильного, морского транспорта и общего объема спроса на грузоперевозки, как видно из оценок значимости коэффициентов (табл. 1). На объем перевозок таких видов транспорта как воздушный, железнодорожный и морской влияет динамика ВВП. Распад СССР и последующий за ним кризис в экономике имеют влияние на спрос на все виды транспорта, причем на 1-процентном уровне значимости. Фиктивная переменная, отражающая кризис 2008 г., значима для всех видов транспорта (включая общий показатель) за исключением воздушного и морского.

Результаты построения МНК-модели
(по объему грузоперевозок)

Показатель	Вид транспорта (LK)					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий показатель
Constant	11,967**	8,189**	-3,419*	6,495**	13,329**	11,300**
LIP	-0,699**	-0,761	0,552		-1,891**	-0,509
GDPppp		0,073	0,300**	0,227**	-0,427**	0,041
Dum_col	0,484**	0,595**	0,415**	00,149**	0,505**	0,428**
Dum_cr	-0,233**	-0,302*		0,304**		-0,201**
Adj. R ²	0,802	0,745	0,747	0,924	0,750	0,800
S.E.	0,094	0,131	0,121	0,052	0,242	0,080
Норм.	0,406	0,433	0,581	0,576	0,842	0,394
Автокорр.	0,063	0,520	0,870	0,738	0,169	0,131
Гетерос.	0,657	0,200	0,0002	0,260	0,023	0,639
Специф.	0,073	0,053	0,275	0,300	0,806	0,208

Примечание: В таблице представлены оценки коэффициентов моделей и p-value диагностических тестов. * и ** обозначают значимости коэффициентов на 1- и 5-процентном уровнях соответственно.

Источник: Федеральная служба государственной статистики. *Транспорт и связь в России. 2014 и 2016 г.*

Модели прошли все четыре диагностических теста во всех случаях на 1- и 5-процентных уровнях значимости, кроме воздушного и морского видов транспорта: модель воздушного транспорта имеет гетероскедастичность, модель морского транспорта проходит тест на гетероскедастичность только на 5-процентном уровне значимости, т.е. в четырех случаях из шести тесты пройдены. Важно заметить, что проблема гетероскедастичности остатков не безнадежная, так как оценки остаются несмещенными. Помимо этого, проблема гетероскедастичности решается с помощью использования робастных оценок.

Промышленное производство влияет на спрос на грузоперевозки всех видов транспорта, кроме водного и показателя общего спроса. Валовой внутренний продукт оказывает влияние на спрос всех видов транспорта за исключением водного. Спрос на водный транспорт плохо объясняется данной моделью. Фиктивная переменная «Dum_col» значима во всех моделях, а фиктивная переменная «Dum_cr» – в трех из шести.

Только три модели из шести прошли все диагностические тесты: модели спроса на грузоперевозки на автомобильном, водном и мор-

ском транспорте. Модели спроса на железнодорожный транспорт и общий спрос не прошли тест на автокорреляцию и спецификацию, а на воздушный транспорт – тест на автокорреляцию, что неудивительно, так как проблема автокорреляции остатков – одна из основных в исследовании временных рядов.

Таблица 2

Результаты построения МНК-модели (по грузообороту)

Показатель	Вид транспорта (LK)					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий показатель
Constant	7,100**	4,543**	-4,770*	4,224**	19,703**	7,788**
LIP	-0,569**		1,005*	0,476*	-2,869**	
GDPppp	0,300**	-0,08	0,490**	0,390**	-0,742**	0,228**
Dum_col	0,203**	0,422**	-0,261*	0,273**	0,667*	0,1385**
Dum_cr	-0,201**	-0,258*				0,068*
Adj. R ²	0,945	0,497	0,885	0,946	0,841	0,929
S.E.	0,048	0,150	0,132	0,06	0,292	0,040
Норм.	0,452	0,363	0,362	0,641	0,486	0,408
Автокор.	0,740	0,435	0,005	0,046	0,315	0,018
Гетерос.	0,635	0,930	0,547	0,653	0,469	0,289
Специф.	0,452	0,184	0,357	0,0009	0,493	0,010

Источник: см. табл. 1.

В целом по МНК-модели выявлено 7 случаев непрохождения диагностических тестов, что говорит об ее недостаточной состоятельности и побуждает подбирать иную функциональную форму.

ADLM-модель. Включая показатели спроса предыдущего периода при моделировании, авторегрессионная модель с распределенным лагом частично корректирует традиционную регрессионную модель. Первоначальная спецификация модели ADLM включает все переменные. Длина лага модели равна единице, так как мы используем ежегодную информацию. Эконометрический пакет EViews автоматически выбирает наилучшую спецификацию моделей ADLM с помощью критерия Акайка (AIC). Окончательные модели получаются путем отбрасывания переменных с незначимыми коэффициентами (табл. 3).

Оценки авторегрессионной модели с распределенным лагом предполагают, что промышленное производство в текущем периоде оказывает значительное влияние на грузовые перевозки только в случае воздушного и железнодорожного транспорта. Промышленное производство в предыдущем периоде имеет влияние на спрос на грузоперевозки только железнодорожного транспорта. ВВП в теку-

шем и предыдущем периодах влияет на спрос на грузовые перевозки таких видов транспорта как автомобильный и внутренний водный, а также на общий показатель. Лаговые зависимые переменные значимы на 1-процентном уровне во всех случаях, кроме воздушного транспорта (на 5-процентном уровне). Касательно единичных событий, коллапс 1992 г. оказал влияние только на общий спрос, а кризис 2008 г. – только на спрос на грузоперевозки воздушным транспортом.

Таблица 3

Результаты построения ADLM-модели
(по объему грузоперевозок)

Показатель	Вид транспорта (LK)					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий показатель
Constant	1,172**	0,794	-12,233*	-3,238**	2,356	4,795*
LK(-1)	0,863**	0,825**	0,210*	0,871**	0,825**	0,675**
LIP			1,902*	1,123**	-0,355	-0,413
LIP(-1)			0,626	-0,242**		
GDPppp	0,532**	0,807**	-1,032	0,030	-0,065	0,664**
GDPppp(-1)	-0,549**	-0,814**	1,265*			-0,667**
Dum_col						0,118*
Dum_cr			-0,300*			
Adj. R ²	0,951	0,806	0,833	0,972	0,856	0,965
S.E.	0,034	0,083	0,092	0,027	0,172	0,023
Норм.	0,661	0,850	0,96	0,911	0,0006	0,063
Автокор.	0,994	0,257	0,396	0,565	0,550	0,237
Гетерос.	0,992	0,248	0,454	0,098	0,126	0,982
Специф.	0,049	0,234	0,927	0,286	0,815	0,176

Источник: см. табл. 1.

Полученные модели прошли все диагностические тесты, за исключением модели автомобильного транспорта (тест на спецификацию) и морского транспорта (тест на нормальность), т.е. в четырех случаях из шести. Стоит добавить, что непрохождение теста на нормальность свидетельствует о несостоятельности выводов о значимости коэффициентов модели.

По данным в табл. 4 видно, что промышленное производство текущего периода является важной составляющей спроса на грузовые перевозки только в случае общего спроса и спроса на воздушный и железнодорожный транспорт. На спрос на автоперевозки влияет промышленное производство предыдущего периода, динамика ВВП и кризис 2008 г. Фиктивная переменная «Dum_col» значима только для модели спроса на воздушный транспорт.

Результаты построения ADLM-модели (по грузообороту)

Показатель	Вид транспорта (LK)					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий показатель
Constant	1,355	-0,146	-8,239*	-3,878**	2,642	-2,961**
LK(-1)	0,514**	0,660**	0,593**	0,833**	0,928**	0,972**
LIP	-0,05	0,350	1,790*	1,081**	-0,524	0,694**
LIP(-1)	0,229**					
GDPppp	0,146**		-0,650	0,054		
GDPppp(-1)			0,860			
Dum_col			-0,238*			
Dum_cr	-0,157**	-0,142	-0,162			
Adj. \bar{R}^2	0,973	0,617	0,946	0,990	0,935	0,983
Норм.	0,033	0,110	0,090	0,256	0,177	0,020
Автокор.	0,903	0,790	0,629	0,331	0,495	0,397
Гетерос.	0,277	0,592	0,597	0,062	0,322	0,876
Специф.	0,768	0,888	0,366	0,199	0,580	0,683
Норм.	0,346	0,675	0,891	0,170	0,590	0,460

Источник: см. табл. 1.

Все модели успешно прошли диагностические тесты.

VAR-модель. Используемая спецификация VAR модели – неограниченная форма (табл. 5). Фиктивные переменные рассматриваются как экзогенные в данной модели. Максимальная длина лага равна 2 для идентификации структуры лага. Оптимальная наилучшая модель VAR выбирается на основе критерия Акайка (AIC) и критерия Шварца (BIC), а также обращается внимание на скорректированный коэффициент правдоподобия (LR).

Таблица 5

Результаты построения VAR-модели (по объему грузоперевозок)

Показатель	Вид транспорта (LK)					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий показатель
Constant	-0,534	0,821	-1,610	-0,113	2,967	-0,122
LK(-1)	0,423	0,608*	0,930**	1,748**	1,154**	0,244
LK(-2)	0,253	-0,111	-0,258	-1,027	-0,322	0,355
LIP(-1)	0,706*	0,266	0,147	-1,163	-0,616	0,699**
LIP(-2)	0,021*	0,086	0,201	0,707**	0,092	0,112
Dum_cr	-0,163**	-0,240**	-0,228*	-0,113*	-0,05	-0,154**
Adj. \bar{R}^2	0,858	0,542	0,615	0,842	0,821	0,861
S.E.	0,042	0,100	0,143	0,006	0,477	0,034
Норм.	0,773	0,716	0,885	0,276	0,000	0,819
Автокор.	0,354	0,047	0,381	0,839	0,605	0,119
Гетерос.	0,134	0,007	0,275	0,121	0,821	0,184

Источник: см. табл. 1.

В полученных моделях показатель промышленного производства текущего периода значим только для автомобильной отрасли и отрасли в целом, показатель промышленного производства предыдущего периода значим также для автомобильной и железнодорожной отрасли. Лаговая зависимая переменная является определяющей характеристикой грузовых перевозок для всех видов транспорта за исключением автомобильного. Лаговая переменная второго порядка не значима во всех моделях. Фиктивная переменная «Dum_{сг}» значима для всех видов транспорта, кроме морского.

Почти все модели прошли диагностические тесты за исключением водного транспорта (тест на автокорреляцию и гетероскедастичность) и морского транспорта (тест на нормальность). Таким образом, тесты пройдены в четырех случаях из шести.

Отметим, что коэффициенты модели VAR в общем случае не имеют экономической интерпретации, поэтому выводы о взаимосвязи переменных корректнее строить на основе анализа функций импульсного отклика. Такая функция показывает, как экзогенный шок в одно стандартное отклонение распространяется во времени [15]. На рис. 1 показаны графики функций импульсного отклика для видов транспорта (слева-направо, сверху-вниз): воздушного, автомобильного, железнодорожного, морского, внутреннего водного, общего показателя.

Функции импульсных откликов объемов грузовых перевозок воздушным, автомобильным, водным транспортом и по общему показателю положительны, железнодорожным и морским – отрицательны; значимо значение только первого периода для функций автомобильного, железнодорожного транспорта и по общему показателю. Следовательно, можно сделать вывод, что на краткосрочном периоде рост индекса промышленного производства увеличивает показатели спроса на грузоперевозки в целом и автомобильным транспортом, но уменьшает показатели спроса на железнодорожные грузовые перевозки.

Результаты построения моделей таковы, что только модель спроса на автомобильный транспорт зависит от показателя индекса промышленного производства предыдущего периода. В пяти моделях из шести лаговая зависимая переменная является определяющей характеристикой грузовых перевозок, за исключением ж/д перевозок (табл. 6). Кризис повлиял на общий спрос на грузоперевозки и грузоперевозки трех видов транспорта.

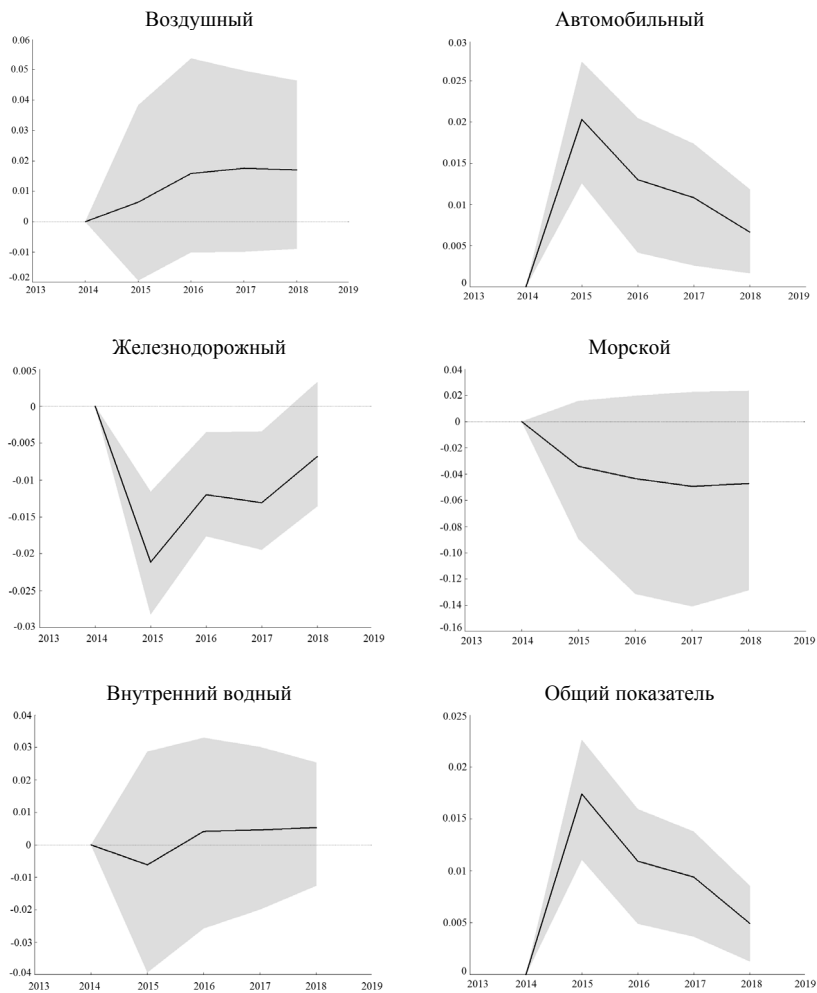


Рис. 1. Графики функций импульсных откликов в одно стандартное отклонение и 90-процентный доверительный интервал, рассчитанный по методу бутстрепа (по объему грузоперевозок):
 ■ 90-процентная доверительная граница; — точечная оценка

Источник здесь и в рис. 2: Федеральная служба государственной статистики. *Транспорт и связь в России – 2014 г. и 2016 г.*

Только три модели из шести прошли диагностические тесты: модели воздушного и железнодорожного транспорта имеют гетероскедастичность, а модель морского транспорта – ненормаль-

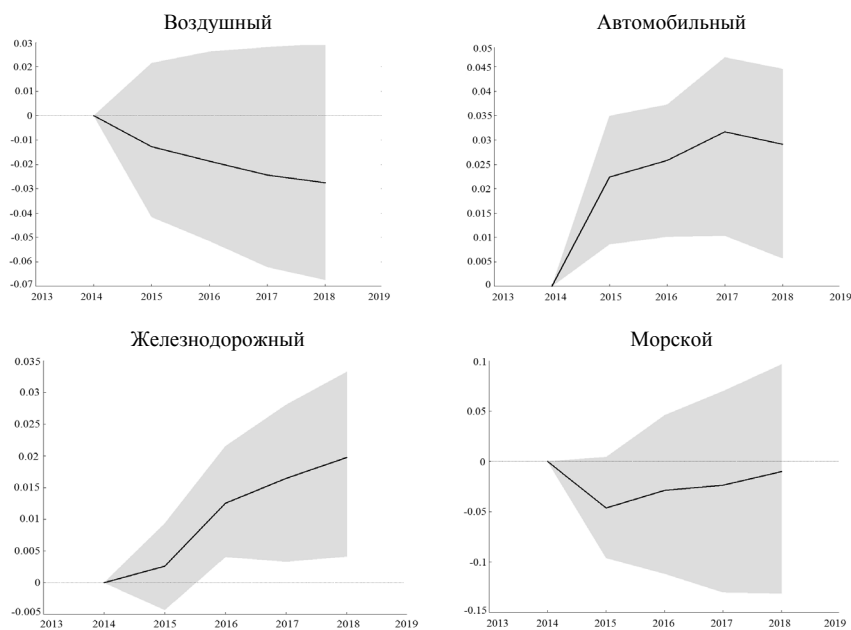
ность остатков. Аналогично, как и для VAR модели спроса по объему грузоперевозок, были построены графики функций импульсного отклика (рис. 2).

Таблица 6

Результаты построения VAR-модели (по грузообороту)

Показатель	Вид транспорта (LK)					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий показатель
Constant	-3,239*	1,424	1,395	-1,860	-0,380	0,161
LK(-1)	0,756**	0,784**	1,086**	0,959	1,433**	1,191*
LK(-2)	0,145	-0,202	-0,095	-0,115	-0,451	-0,328
LIP(-1)	0,611*	-0,128	-0,250	0,148	-0,843	-0,057
LIP(-2)	0,210	0,214	-0,036	0,514	0,932	0,274*
Dum_cr	-0,166**	-0,163	-0,207*	-0,137*	-0,033	-0,084*
Adj. R ²	0,918	0,503	0,918	0,914	0,936	0,928
S.E.	0,057	0,117	0,106	0,079	0,165	0,042
Норм.	0,142	0,555	0,876	0,215	0,003	0,625
Автокор.	0,240	0,586	0,143	0,290	0,487	0,765
Гетерос.	0,419	0,190	0,032	0,042	0,872	0,179

Примечание и источник: см. табл. 1.



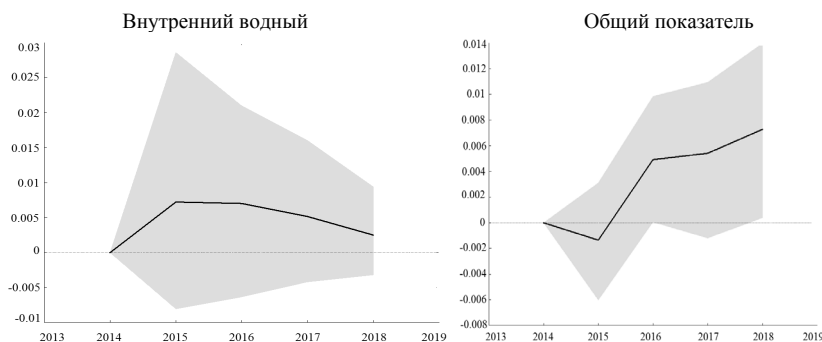


Рис. 2. Графики функций импульсных откликов в одно стандартное отклонение и 90% доверительный интервал, рассчитанный по методу бутстрепа (по грузообороту):
 ■ 90-процентная доверительная граница; — точечная оценка

Функции импульсных откликов спроса на грузооборот автомобильным и железнодорожным видами транспорта положительны, для остальных видов транспорта – отрицательны; значимо значение только первого периода для функций автомобильного транспорта, иными словами на краткосрочном периоде рост индекса промышленного производства увеличивает показатели грузооборота автомобильным транспортом.

Долгосрочный анализ эластичности. Помимо построения моделей спроса на грузовые перевозки, рассмотрены эластичности спроса по индексу промышленного производства и по валовому внутреннему продукту по паритету покупательной способности. Долгосрочная эластичность из регрессионной модели OLS получена прямо из оценки коэффициента LIP и GDPppr соответственно. Для модели ADLM лаговые переменные принимаются как текущие значения переменных в долгосрочном периоде, а эластичности высчитываются с использованием оценок коэффициентов объясняющих переменных. Долгосрочные эластичности по доходу для модели ADLM (1, 1) вычисляются как оценки коэффициентов промышленного производства, разделенные на коэффициент корректировки, т.е. долгосрочный мультипликатор можно представить по формуле:

$$mult = (\beta_0 + \beta_1) / (1 - \varphi_0 - \varphi_1),$$

где β_0 и β_1 – коэффициенты при LIP, φ_0 и φ_1 – оценка коэффициентов при лаговых зависимых переменных.

При проверке значимости долгосрочного мультипликатора тестируется гипотеза $H_0: \beta_0 + \beta_1 = 0$ по F -тесту [16].

Результаты сравнения оценок долгосрочных эластичностей спроса на грузовые перевозки с учетом промышленного производства и валового внутреннего продукта, полученных из альтернативных эконометрических моделей, представлены в табл. 7-8.

Как видно по результатам табл. 7-8, расчетные значения эластичностей различаются по видам транспорта. Данный факт подтверждает разный вклад каждого вида транспорта в общую структуру грузоперевозок.

Таблица 7

Результаты сравнения оценок долгосрочных эластичностей спроса на грузовые перевозки (по объему грузоперевозок)

Критерий	Модель	Вид транспорта					
		Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий
ИПП	МНК	-0,699**	-0,761	0,552	-	-1,891**	-0,509
	ADLM	-	-	3,200*	6,829	-2,029	-1,271
ВВП по ППС	МНК	-	0,073	0,300**	0,227**	-0,427**	0,041
	ADLM	-0,124	-0,034	0,295**	0,233	-0,371	-0,009

Примечание здесь и к табл. 8: * и ** показывают, что эластичности значимы на 1- и 5-процентном уровне соответственно. «-» означает, что переменная была не значима в полученной модели и была удалена.

Источник: Федеральная служба государственной статистики. Транспорт и связь в России. 2014 г.

Таблица 8

Результаты сравнения оценок долгосрочных эластичностей спроса на грузовые перевозки (по грузообороту)

Критерий	Модель	Вид транспорта					
		Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий
ИПП	МНК	-0,569**	-	1,005*	0,476*	-2,869**	-
	ADLM	0,368	1,029	4,398*	6,473**	-7,278	24,786**
ВВП по ППС	МНК	0,300**	-0,08	0,490**	0,390**	-0,742**	0,228**
	ADLM	0,300*	-	0,516	0,323	0,300	-

Источник: Федеральная служба государственной статистики. Транспорт и связь в России. 2014 и 2016 г.

Оценки эластичности получились недостаточно информативными, что говорит об их «загрязненности» другими трендами (наличие мультиколлинеарности). Некоторые значения эластичностей являются отрицательными, что свидетельствует о запаздывании, иными словами, текущий уровень индекса промышленного производства отрицательно влияет на текущие показатели, допустим, спроса на автомобильные грузоперевозки (-0.569**), но влечет подъём грузоперевозок в следующий период.

В экономике часто встречаются адаптивные процессы (процессы приспособления), а в эконометрике данная проблема решается коррекцией ошибок, (например, построение модели коррекции ошибок, Partial Adjustment). Помимо этого, отрицательная эластичность появляется в спросе на водный и морской виды транспорта. Как правило, эти виды грузоперевозок имеют узкую экспортную направленность, поэтому при росте ИПП, что означает подъем в экономике, происходит рост внутренних перевозок, а так как перевозка грузов этими видами транспорта имеет наиболее высокие тарифы, то экономические агенты предпочитают перейти на более дешевые альтернативы.

Ex post прогнозирование. Прогноз *ex post* – это прогноз, предсказывающий прошлые (уже известные) значения исследуемых переменных на основе данных, предшествовавших последним. Как правило, он предназначается для проверки точности прогнозной модели, и потом на этой основе – для оценки точности собственно прогноза на будущее [17].

Выбранные модели используются для генерирования прогнозов на грузовые перевозки в России для каждого вида транспорта и общего объема грузоперевозок за период 1992-2014 гг. Для каждой модели используется рекурсивная техника прогноза, т. е. сначала оцениваются модели за период 1992-2009 гг. Эти оцененные модели используются для прогнозирования грузовых перевозок за период 2010-2012 гг. Далее модели переоцениваются с использованием информации за 1992-2010 гг., и прогноз генерируется для периода 2011-2012 гг. Такая процедура повторяется до тех пор, пока все наблюдения не будут пройдены. В результате получается 4 прогноза на год вперед. Прогноз *ex post* оценивается на основе показателя величины ошибки – среднего абсолютного процента ошибки (Mean Absolute Percentage Error - MAPE), который рассчитывается по формуле:

$$MAPE = \left[\left(\sum_{t=1}^n \left| \hat{Y}_t - Y_t \right| / Y_t \right) / n \right] \times 100\%,$$

где \hat{Y}_t и Y_t – прогноз и фактическое значение, n – число наблюдений. Наименьшее значение MAPE отражает наиболее точный прогноз. Показания прогнозов альтернативных моделей, проранжированных на основе MAPE, представлены в табл. 9.

Табл. 9 показывает, что для однолетних прогнозов спроса на грузоперевозки, построенных по данным объемам грузовых перевозок, наиболее точной моделью в четырех случаях из шести является ADLM. МНК и VAR модели являются лучшими по одному случаю на каждую модель.

Таблица 9

Прогнозирование точности альтернативных эконометрических моделей на основе MAPE (по объему грузоперевозок)

Модель	Вид транспорта					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий
МНК	1,257% (3)	1,676% (1)	54,529% (2)	0,455% (2)	21,099% (3)	0,961% (3)
ADLM	0,444% (1)	2,103% (3)	2,236% (1)	0,252% (1)	9,822% (2)	0,224% (1)
VAR	0,448% (2)	1,751% (2)	72,676% (3)	0,747% (3)	9,709% (1)	0,378% (2)

Примечание здесь и к табл. 10: в скобках указано ранжирование, где 1 – наилучший показатель, 3 – худший.

Табл. 10 позволяет сделать вывод, что для однолетних прогнозов спроса грузовых перевозок, построенных по данным грузооборота, наиболее точной моделью в пяти случаях из шести также является ADLM. На втором месте находится VAR модель наименее точно прогнозирующая модель – МНК.

Таблица 10

Прогнозирование точности альтернативных эконометрических моделей на основе MAPE (по грузообороту)

Модель	Вид транспорта					
	Автомобильный	Водный	Воздушный	Ж/Д	Морской	Общий
МНК	0,735% (2)	2,948% (3)	9,780% (3)	0,609% (2)	10,416% (3)	0,488% (3)
ADLM	0,561% (1)	2,236% (1)	2,882% (1)	0,163% (1)	7,258% (2)	0,105% (1)
VAR	1,236% (3)	2,567% (2)	3,878% (2)	0,901% (3)	6,503% (1)	0,276% (2)

Заключение. Результаты оценок в контексте анализа спроса на грузовые перевозки по видам транспорта показывают, что промышленное производство, как правило, предоставляет хорошее объяснение спроса на грузовые перевозки только для лидеров по объемам грузоперевозок и грузообороту, т.е. является объясняющей переменной для автомобильного и железнодорожного видов транспорта, а также для общего спроса в отрасли. Валовой внутренний продукт в этом случае имеет не такую содержательную объясняющую способность. Чувствительность спроса на изменение промышленного производства варьируется между разными видами транспорта, так как их структура в общем объеме перевозок сильно дифференцирована. Интерпретация коэффициентов в модели VAR затруднена, по этой причине анализ коэффициентов проводился на основе, отличающейся от анализа коэффициентов моделей МНК и ADLM, а именно: с помощью обзора функций импульсных откликов.

Фактические величины оценок долгосрочной эластичности спроса по доходу также варьируются в зависимости от оценок различных моделей. В то же время, оценки эластичностей позволяют проследить изменения в спросе при улучшении макроэкономической конъюнктуры в России.

Результаты краткосрочных прогнозов показывают, что авторегрессионная модель с распределенным лагом доминирует над другими в случае построения моделей спроса по виду транспорта. Это свидетельствует о зависимости спроса на грузовые перевозки от показателей предыдущих лет.

По причине непрохождения моделями всех диагностических тестов, возможно дальнейшее рассмотрение исследуемой проблемы с помощью применения других подходов к анализу спроса на грузоперевозки. К примеру, некоторые значения эластичности получились отрицательными, что говорит о запаздывании в чувствительности спроса, и данная проблема может быть решена с помощью модели коррекции ошибок.

При успешном преодолении проблемы сбора информации и построении более длинного временного ряда возможно применение авторегрессионной модели меняющихся во времени параметров, которая ослабляет постоянное ограничение на параметры в традиционной эконометрической модели, позволяя им меняться во времени. Другая интересная модель – структурная модель временного ряда, может позволить вычислить движение спроса

на грузовые перевозки, который не поясняется имеющимися объясняющими переменными, с помощью включения в регрессионное уравнение компоненты стохастического тренда.

Литература и информационные источники

1. *Bjørner T. B. Environmental Benefits from Better Freight Transport Management: Freight Traffic in a VAR Model // Transportation Research. Part D. 4 45-64. 1999.*
2. *Kulshreshtha M., Nag B. A Multivariate Cointegrating Vector Auto Regressive Model of Freight Transport Demand: Evidence from Indian Railways // Transportation Research Part A. 35 29-45. 2001.*
3. *Ramanathan R. (2001). The Long-Run Behaviour of Transport Performance in India: a Cointegration Approach // Transportation Research Part A. 35 309-320. 2001.*
4. *Shujie Shen, Tony Fowkes, Tony Whiteing and Daniel Johnson. Econometric Modelling and Forecasting of Freight Transport Demand in Great Britain // Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, UK, LS2 9JT.*
5. *Колчинская Е.Э. Влияние транспортной инфраструктуры на промышленное развитие регионов России // Актуальные проблемы экономики и права. 2015. № 2.*
6. *Айвазян С.А. Методы эконометрики. Учеб. М.: Магистр, ИНФРА-М, 2010.*
7. *Носко В.П. Эконометрика. Кн. 1. Ч. 1,2. Учеб. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011.*
8. *Sims A. Christopher. Macroeconomics and Reality // Econometrica. Vol. 48. № 1. Jan, 1980.*
9. *Авдеева Д. Оценка возможных траекторий рецессии 2015-2016 гг. в России с использованием инструментов краткосрочного макроэкономического моделирования. Институт «Центр развития» НИУ ВШЭ, 2017.*
10. *Wooldridge J. Introductory Econometrics: A Modern Approach (4th edition). South-Western College Publishing, 2008.*
11. *Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. Учеб. 8-е изд. М.: Дело, 2007.*
12. *Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере / Под ред. Фигурнова В.Э. М.: ИНФРА-М, 1998.*
13. *EViews 8.1 User's Guide II. IHS Global Inc. ISBN: 978-1-880411-09-4. September 21, 2014. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.eviews.com>*
14. *Ивин Е.А., Артамонов Н.В., Курбацкий А.Н. Методическое пособие по эконометрике: для социально-экономических специальностей. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2016.*
15. *Артамонов Н.В., Артамонов Д.В., Артамонов В.А. Кредитные циклы: эконометрический анализ и выводы для России // Вестник МГИМО-университета. 2014. № 2 (35).*
16. *Артамонов Н.В. Лекции по эконометрике временных рядов. МГИМО, 21 марта 2016 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.slideshare.net/artamonoff>*
17. *Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. М.: Дело, 2003.*