ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ВЕКТОРНОЙ АВТОРЕГРЕССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ ОБОРОТНЫХ СРЕДСТВ

В.М. Янков

Нехватка и противоречивость информации о наличии и движении запасов материальных оборотных средств (МОС) вынуждают специалистов в области национальных счетов искать новые подходы для их достоверного расчета, помимо часто используемого метода товарного потока (балансового метода), в связи с неточностями, обусловленными множеством входящих расчетов.

Для уточнения результатов расчетов предлагается использовать макроэконометрические модели векторных авторегрессионных временных рядов, приведенную форму системы одновременных эконометрических уравнений с опорой на несколько временных рядов с замедлениями, лагами. Разностная форма данных моделей пригодна для достижения стационарности изначально нестационарных временных рядов и оценки приростов переменных, в частности изменения запасов материальных оборотных средств. Данный показатель как компонент валового внутреннего продукта отражается в счете операций с капиталом и имеет, как правило, весьма нестабильную динамику, обусловленную ожиданиями экономических субъектов, конъюнктурой рынков и, возможно, сезонным влиянием.

При изначальной стационарности рядов запасов МОС возможен, при наличии достаточно продолжительных наблюдений, расчет их уровней, в частности для баланса активов и пассивов системы национальных счетов. Одним из ключевых моментов в оценке запасов МОС является их пересчет в сопоставимые цены для выделения «мнимой» части их стоимости – за счет изменения цен за время нахождения этих средств в запасах. В статье предлагается вменять продолжительность хранения (оборачиваемость) МОС как длину лага векторной авторегрессии, подразумевая вменение таким образом продолжительности цикла использования материальных оборотных средств.

Изменение стоимости запасов МОС за счет изменения цен по мнению автора, можно оценивать при помощи переписанной в вид скользящего среднего модели, выраженной через функции «импульсного отклика».

Ключевые слова: векторная авторегрессия, эконометрическое моделирование, запасы материальных оборотных средств, пересчет показателя в постоянных (сопоставимых) ценах.

JEL: C32, C51, E22.

Анализ и расчет запасов материальных оборотных средств (МОС) – актуальная задача для национального счетоводства. Сложность ее решения связана с недостаточной наблюдаемостью данного показателя, большой разрозненностью входящих в него компонент, их подвижностью. Несмотря на наличие исследований и макроэкономических моделей для расчета запасов МОС, отсутствует общепринятая теория и модель, которая была бы признана экспертами в качестве достоверного источника информации для осуществления оперативных оценок. Такое положение не может устраивать заинтересованных в надежных расчетах пользователей и вынуждает специалистов обратиться к поиску и апробации макроэкономической модели с использованием признанных методов анализа.

Макроэкономическое моделирование запасов материальных оборотных средств

Руководствуясь при статистическом учете наблюдаемых с недостаточной периодичностью

объектов законодательно закрепленным принципом рационального выбора источников информации (и соответственно, методов ее получения), специалисты имеют право выбора подхода к получению информации в целях ее достоверного воспроизведения в показателях. Для оценки такого подвижного объекта наблюдения, как запасы материальных оборотных средств, метод товарного потока, как разновидность балансового метода, является одним из основных «кандидатов» для применения с этой целью. Однако следует иметь в виду его основной недостаток – обусловленную множеством входящих расчетов неточность и рассматривать в качестве альтернативы методы математического моделирования. При моделировании запасов МОС используются следующие подходы:

- методы оценки запасов с точки зрения одного предприятия [6, раздел 19];
- макроэкономические методы.

Анализируя данные о запасах МОС при составлении национальных счетов, статистики могут

Янков Виктор Михайлович (jankov@yandex.ru) – советник отдела баланса активов и пассивов и счетов накопления управления национальных счетов Федеральной службы государственной статистики (г. Москва, Россия).

задаются вопросом о причинах возникновения и уменьшения запасов на микроуровне, в отдельном взятом предприятии. Понимание факторов, влияющих на изменение запасов МОС, помогает интерпретировать их динамику, облегчает поиск ошибок в данных.

Но вместе с тем информация о возможных причинах возникновения и изменения запасов МОС зачастую субъективна и ненадежна, составление национальных счетов на ее основе невозможно в связи с чрезмерной затратностью. В то же время макроэкономические расчеты не так субъективны, как экспертные оценки, и дополняют эмпирическую или интуитивную точки зрения специалистов.

Для макроэкономической оценки, исходя из необходимости учета совокупности объектов наблюдения, эксперты руководствуются методами, агрегированно оценивающими запасы МОС. В их число входят экономико-математические методы, включая математические и эконометрические модели [4]. Математические модели в виде чисто теоретической конструкции не пригодны для расчетов показателей национальных счетов, так как лишены связи с эмпирической базой. Подходящими для целей статистики представляются основанные на оценке имеющихся данных макроэконометрические модели. В частности, показатели запасов МОС и продолжительности их хранения предлагается оценивать методами и приемами анализа временных рядов. Среди них следует особо выделить лишенные догм и структурных ограничений векторные модели авторегрессии (*vector autoregression* - VAR).

Данные модели являются приведенной формой системы одновременных эконометрических уравнений авторегрессии и оценивают совместную динамику нескольких временных рядов, опираясь изначально только на данные, выбор переменных и длину лага.

Являясь одной из основных методологий в современных эмпирических исследованиях экономики, модели VAR, с эндогенными (определяемыми внутри модели) переменными y_t , с матрицами $A_1, \dots, A_p$, предназначенными для оценки без априори-ограничений, вектором констант μ и остатками $u_t \sim N(0, \Sigma_u)$, описываются формулой:

$$y_t = \mu + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t, \quad (1)$$

что в более подробном изложении будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{pmatrix} y_{1,t} \\ \vdots \\ y_{k,t} \end{pmatrix}_{k \times 1} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_k \end{pmatrix}_{k \times 1} + \begin{pmatrix} \alpha_{11,1} & \dots & \alpha_{1k,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{k1,1} & \dots & \alpha_{kk,1} \end{pmatrix}_{k \times k} \begin{pmatrix} y_{1,t-1} \\ \vdots \\ y_{k,t-1} \end{pmatrix}_{k \times 1} + \dots + \begin{pmatrix} \alpha_{11,p} & \dots & \alpha_{1k,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{k1,p} & \dots & \alpha_{kk,p} \end{pmatrix}_{k \times k} \begin{pmatrix} y_{1,t-p} \\ \vdots \\ y_{k,t-p} \end{pmatrix}_{k \times 1} + \begin{pmatrix} u_{1,t} \\ \vdots \\ u_{k,t} \end{pmatrix}_{k \times 1}. \quad (2)$$

Описание экономической реальности при помощи атеоретичных концепций, использующих только эндогенные переменные, лишенных всех априорных структурных ограничений (основанных на экономической теории), популяризировал в 80-е годы XX века Кристофер Симс [7], удостоенный за свои исследования Нобелевской премии по экономике 2011 г. [2].

Если в одномерном случае авторегрессии, например для вида модели без константы и любых трендов: $\phi(L)y_t = u_t$, исследуется развитие одной переменной y_t с $u_t \sim N(0, \sigma^2)$, формулой фильтра $\phi(L) = 1 - \phi_1 L^1 - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p$ и авторегрессионными коэффициентами ϕ_i , то в многомерной модели каждая переменная рассматривается в зависимости от различных переменных с лагом и собственных лагированных значений¹.

В частности, для макроэкономической оценки изменения запасов МОС применима спецификация [3], где экономический рост dY_t зависит от своего лагового значения dY_{t-1} и значения изменения запасов МОС предшествующего периода di_{t-1} , а изменение запасов МОС описывается в свою очередь экономическим ростом прежнего периода dY_{t-1} и своим лаговым значением di_{t-1} :

$$\begin{pmatrix} dY_t \\ di_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{21} \\ \varphi_{12} & \varphi_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dY_{t-1} \\ di_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

В то время как сами коэффициенты векторной авторегрессии не имеют прямой интерпретации, экономическая взаимосвязь смещенного с лагом изменения запасов и роста экономики находит обоснование в векторной авторегрессии при помощи теста Грейнджера на (не)причинность.

¹ Лаговые операторы L^i обозначают замедление (сдвиг) значения (уровня) временного ряда на i периодов времени t согласно формуле $L^i y_t = y_{t-i}$ до длины лага p .

Приросты переменных во времени часто можно определить в моделях так называемой «коррекции ошибок», получаемых при взятии разностей для моделей типа (1). Такие модели применимы для достижения стационарности и улучшения качества оценки. Для оценки запасов материальных оборотных средств очевидно, что в модель будет включено их изменение в стоимостном или физическом выражении.

Прирост запасов: стационарность показателей и оценка в векторной модели «коррекции ошибок»

Изменение запасов МОС является одной из компонент валового внутреннего продукта, рассчитываемого по методу конечного использования, и определяется в рамках счета операций с капиталом. Это изменение редко подчиняется каким-либо закономерностям, так как основано на решениях экономических субъектов, обусловленных конъюнктурными циклами, ожиданиями, наконец, сезонным влиянием. Не следует предполагать, что трендовая кривая, отражающая динамику запасов МОС, будет гладкой.

Более того, наличие сезонного влияния зачастую обуславливает нестационарность ряда, что делает его применение в анализе и моделировании нецелесообразным. Достижение стационарности путем очистки от сезонности можно считать оправданным, если информация о сезонной компоненте будет затем учтена в результирующих показателях [1].

При выявлении нестационарности рекомендуется создание разности уровней временного ряда и проверка, в свою очередь, их стационарности и т. д., пока очередные разности временного ряда не смогут показать стационарное поведение. Использование модели в уровнях при нестационарном либо «взрывном» поведении увеличило бы погрешность оценки из-за прошлых ошибок.

Если исходить из стационарности временных рядов, то отпадает необходимость во взятии разностей. Таким образом, например, при верификации расчета уровней запасов МОС для баланса активов и пассивов системы национальных счетов

может быть использована модель VAR в уровнях по типу модели (1).

Вместе с тем при расчете изменения запасов МОС зачастую стоит задача оценки именно прироста или убыли запасов, поэтому векторная авторегрессия в разностях, так называемая модель «коррекции ошибок» в форме приращений, может изначально являться более предпочтительной конструкцией.

Исходя из последовательного перехода запасов в производстве из формы сырья и материалов в вид незавершенного производства и готовой продукции, разностная модель «коррекции ошибок» применима, например, в таком виде:

$$\begin{pmatrix} dI_t^{ИПП} \\ ds_t \\ dI_t^{ИПЦ} \\ di_t^c \\ di_t^u \\ di_t^z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_6 \end{pmatrix} (1 \quad \beta_2 \quad \dots \quad \beta_6) \begin{pmatrix} I_{t-1}^{ИПП} \\ s_{t-1} \\ I_{t-1}^{ИПЦ} \\ i_{t-1}^c \\ i_{t-1}^u \\ i_{t-1}^z \end{pmatrix} + \sum_{i=1}^{p-1} \begin{pmatrix} \varphi_{11,i} & \dots & \varphi_{16,i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_{61,i} & \dots & \varphi_{66,i} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dI_{t-i}^{ИПП} \\ ds_{t-i} \\ dI_{t-i}^{ИПЦ} \\ di_{t-i}^c \\ di_{t-i}^u \\ di_{t-i}^z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_{1,t}^* \\ \vdots \\ u_{6,t}^* \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где d - разностный оператор; $I_t^{ИПП}$ - индекс промышленного производства (ИПП) как мера валового внутреннего продукта; s_t - отгрузка в качестве переменной-представителя для сбыта продукции; $I_t^{ИПЦ}$ - индекс потребительских цен (ИПЦ) для отображения инфляционных процессов; i_t^c, i_t^u, i_t^z - уровни запасов МОС по типам, соответственно «сырье и материалы», «незавершенное производство», «готовая продукция» и «товары для перепродажи»; $u_{i,t}^*$ - случайные ошибки.

В модели «коррекции ошибок» (4) можно оценить коинтеграционное соотношение показателей временных рядов, а также переписать (4) в уровни и использовать для оценки уже не прироста или убыли запасов, а их уровней. Такой подход удобен для баланса активов и пассивов при расчете тех же материальных оборотных средств, прирост которых включается в валовой внутренний продукт (ВВП).

Продолжительность хранения, длина лага и холдинговая прибыль

С расчетом уровней и прироста запасов МОС тесно связан показатель периода их хранения. Информация по данному показателю позволяет достоверно оценить стоимость находящихся в запасах товаров, незавершенного производства, дефлятировать показатели при помощи соответствующих индексов цен при пересчете в сопоставимые цены. В модели VAR продолжительность хранения запасов МОС представляется целесообразным оценивать с помощью семейства информационных критериев, основанных на теории правдоподобия, то есть на максимальном сходстве «настоящей» и оцененной моделей, измерении дистанции между псевдоистинными и полученными параметрами.

Если рассматривать множество исходов продолжительности хранения, то наиболее вероятным представляется тот период, по истечении которого уровень запасов МОС исчерпывается при отсутствии пополнений. Согласно данному подходу, запасы МОС в настоящее время описываются наличием запасов на протяжении определенного количества периодов, функционально еще влияющих на них [8]. В то же время следует заметить, что продолжительность хранения запасов невозможно измерить точно в связи с непрерывным потоком их пополнения и расходования.

Для оценки продолжительности хранения представляется возможным использовать длину лага модели векторной авторегрессии, то есть оценку средней продолжительности цикла использования МОС (в экономическом смысле оборачиваемости). Согласно конструкции, модель (4) аппроксимирует производственный цикл перехода запасов МОС в форму выпуска и, наконец, сбыт готовой продукции, оценивая таким образом количество периодов до использования запасов в производстве вновь, и, соответственно, необходимости их пополнения.

Постоянное движение запасов МОС осложняет оценку так называемой «холдинговой прибыли», эффекта изменения цен на объекты, относящиеся к запасам МОС. Данный показатель представляет собой изменение цен $p_t - p_{t-1}$ для находящихся в запасах МОС x_{t-1} и включается в счет переоценки системы национальных счетов.

Вычисление и отделение от стоимости запасов «мнимой» части их стоимости $(p_t - p_{t-1})x_{t-1}$ в рамках векторной авторегрессии с двумя переменными произведем следующим образом, адаптируя модель [5]:

$$\begin{aligned} i_t &= \sum_{i=1}^{\infty} a_i i_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} b_i \Delta p_{t-i} + v_{1,t} \\ \Delta p_t &= \sum_{i=1}^{\infty} c_i i_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} d_i \Delta p_{t-i} + v_{2,t}, \end{aligned} \quad (5)$$

где p_t - цена запаса МОС на момент t ; Δp_t - изменение цены на момент t ; x_t - физический объем запаса МОС; $i_t = p_t x_t$ - стоимостный показатель, уровень запаса МОС; $v_{i,t}$ - случайные ошибки.

Модель (5) переписывается в вид скользящего среднего и выражается через функции «импульсного отклика», с лаговым оператором L :

$$\begin{pmatrix} i_t \\ \Delta p_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{\alpha}(L) & \hat{\beta}(L) \\ \hat{\gamma}(L) & \hat{\delta}(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{1,t} \\ v_{2,t} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Данные функции позволяют измерять влияние шоков на показатели, входящие в векторную авторегрессию. Эффект от изменения цены на уровень запасов после k периодов оценивается для (6) суммой коэффициентов функции «импульсных откликов»:

$$i_{t+k} = \sum_{i=0}^k b_i v_{2,t}. \quad (7)$$

Продemonстрируем вышеприведенные подходы на условном примере.

Апробация анализа векторной авторегрессии для запасов материальных оборотных средств

Для апробации предложенных методов рассмотрим условное государство, где одним из основных источников доходов его предприятий и жителей является сельское хозяйство. В стране имеются некоторые запасы одного основного вида аграрной продукции в форме МОС. Для целей анализа и прогноза будущего урожая в среде R (<https://cran.r-project.org/>) сгенерированы квартальные данные условного государства за восемь лет о его ВВП, уровне запасов данной продукции (физические объемы), ценах на нее, а также рассчитаны прочие необходимые показатели. Данные представлены на рис. 1.

Рис. 1. Графическое представление данных условного примера

Рассмотрим зависимость изменения запасов аграрной продукции предшествующего периода di_t от экономического роста прежнего периода dY_{t-1} и своего лагового значения di_{t-1} и одновременную предполагаемую взаимосвязь экономического роста dY_t со своим лаговым значением dY_{t-1} и лаговым значением di_{t-1} .

Длина лага данной модели, подразумевающая в экономическом смысле продолжительность хранения запасов МОС, была оценена как равная двум периодам.

Полученная в итоге оценка с вектором констант, с отдельными незначимыми лаговыми переменными (значения t -тестов в скобках под коэффициентами):

$$\begin{pmatrix} di_t \\ dY_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,07e+01 \\ 1,41e-04 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -2,22e-01 & -4,36e+04 \\ -1,24e-06 & -7,05e-01 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} di_{t-1} \\ dY_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -3,37e-01 & -8,88e+03 \\ 2,01e-06 & -4,72e-01 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} di_{t-2} \\ dY_{t-2} \end{pmatrix} \quad (8)$$

позволяет сделать следующие выводы:

- вектор констант является статистически незначимым;

- изменение запасов не зависит от своего замедленного на один период значения, но существенно зависит от собственного замедленного на два периода значения, а также от лагового значения (с замедлением на один период) экономического роста;

- экономический рост показывает зависимость от своих замедленных на один и два периода значений и отсутствие статистически значимой связи с изменением запасов.

Проведенная дополнительная проверка отсутствия взаимосвязей в оцененной модели (8) тестами Грейнджера на (не)причинность показывает, что нулевая гипотеза отсутствия обусловленности экономического роста изменением запасов МОС не может быть отклонена. Таким образом, изменение запасов в данном случае не влияет на экономический рост. В то же время обусловленность изменения запасов МОС экономическим ростом подтверждается отклонением нулевой гипотезы отсутствия данного эффекта, что согласуется с предыдущими результатами расчета.

Учитывая недостаточную значимость модели и, таким образом, ее умеренную предиктивную способность, представляется целесообразным наложение нулевых ограничений на незначимые коэффициенты модели. В переработанной модели (9) первичной характеристикой качества являются, как минимум, значимые связи между оставшимися переменными (значения t -тестов в скобках под коэффициентами):

$$\begin{pmatrix} di_t \\ dY_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4,27e+04 \\ -0,725 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} di_{t-1} \\ dY_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -2,84e-01 \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} di_{t-2} \\ dY_{t-2} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Продолжая анализ моделей семейства векторной авторегрессии применительно к запасам МОС, отметим, что проведенный для спецификации векторной модели «коррекции ошибок» тест на наличие долгосрочного коинтеграционного соотношения физического объема запасов сельскохозяйственной продукции, цен на нее и ВВП показал возможность наличия двух коинтеграционных векторов.

Результаты анализа динамики «холдинговой прибыли» в рамках векторной авторегрессии с двумя переменными согласно формулам (5), (6) и (7) при оцененной длине лага в один период представлены на рис. 2.

Рис. 2. Функция «импульсного отклика» уровня запасов МОС на изменение цен

Рис. 2 демонстрирует, что в указанном случае, при изменении цен, «импульсный отклик» уровня запасов МОС первоначально является отрицательным, но затем постепенно восстанавливается. Данный расчет позволяет получить еще один источник информации для оценки эффекта влияния «холдинговой прибыли» на уровни запасов МОС. Вместе с тем такой подход требует дальнейшего изучения.

* *
*

Представленные расчеты показывают, что модели семейства векторной авторегрессии могут быть хорошим вспомогательным инструментом и при необходимости давать оперативные оценки экономических показателей, верифицировать расчеты, производимые другими методами. Гибкие и постоянно развиваемые подходы векторной

авторегрессии, а также принципиальная простота ее расчета позволяют использовать ее в качестве вспомогательной модели при макроэкономических оценках, в том числе запасов МОС и экономического роста.

Литература

1. Бессонов В.А., Петроневич А.В. Сезонная корректировка как источник ложных сигналов // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2013. Т. 17. № 4. С. 554-584.
2. Малаховская О.А., Пекарский С.Э. Исследования причинно-следственных взаимосвязей в макроэкономике: Нобелевская премия по экономике 2011 г. // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2012. Т. 16. № 1. С. 3-30.
3. Clausen J.R., Hoffmaister A.W. Cyclical behavior of inventories and growth projections: Recent evidence from Europe and the United States // IMF Working Paper WP/10/212, 2010. URL: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2010/wp10212.pdf> (дата обращения 23.02.2016).
4. Deutsche Bundesbank. Macro-econometric multi-country model: MEMMOD. 2000. URL: https://www.bundesbank.de/Redaktion/EN/Downloads/Tasks/Monetary_policy/economics_macro_econometric_multi_country_model.pdf?__blob=publicationFile (дата обращения 23.02.2016).
5. Dufour A., Engle R.F. Time and the price impact of a trade // The Journal of Finance. 2000. Vol. 55. Iss. 6. P. 2467-2498. doi:10.1111/0022-1082.00297.
6. Hillier F.S., Lieberman G.J. Introduction to operations research, 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
7. Sims C. Macroeconomics and Reality // Econometrica. 1980. Vol. 48. No. 1. P. 1-48.
8. Wu O.Q., Chen H. Optimal control and equilibrium behavior of production inventory systems // Management Science. 2010. Vol. 56. Iss. 8. P. 1362-1379.

INVENTORIES ESTIMATION BY VECTOR AUTOREGRESSION MODEL

Victor M. Yankov

Author affiliation: Federal State Statistics Service (Rosstat) (Moscow, Russia). E-mail: jankov@yandex.ru.

The lack and inconsistency of information on the availability and movement of inventories is forcing national accountants to look for new approaches for their reliable calculation, in addition to the commonly used commodity flow method (balance sheet method), due to inaccuracies, due to the many incoming payments.

To refine the results the author proposes to use mathematic models, in particular, macroeconometric models of vector autoregressive time series given in the form of a system of simultaneous econometric equations relying on several time series with the slowdowns, lags. Taking first differences of variables in these models is suitable to achieve stationarity for initially non-stationary time series and for estimation of increases, in particular, on changes in inventories. The latter is a component of gross domestic product reflected in the capital account of the nation and behaves very unstable, due to expectations of economic agents, market conditions and possible seasonal influence.

Initial stationarity of inventories time series, given a sufficiently lengthy observations, makes possible the calculation of their levels, in particular, for the balance sheet of the nation. One of the key moments in the calculation of inventories is their deflation in comparable

prices to highlight the «imaginary» part of their value due to price changes during the time spent in their inventory. The article proposes to impute duration (turnover) as the length of the vector autoregression lag, implying thus the cycle time of the use of inventories.

The change in the value due to price changes is proposed to rewrite in a kind of moving average model expressed via the functions of «impulse response».

Keywords: Vector autoregression, econometric modeling, inventories, deflation in constant (comparable) prices.

JEL: C32, C51, E22.

References

1. **Bessonov V.A., Petronevich A.V.** Sezonnaya korrrektirovka kak istochnik lozhnykh signalov [Seasonal adjustment as a source of spurious signals]. *HSE Economic Journal*, 2013, vol. 17, no. 4, pp. 554-584. (In Russ.).
2. **Malakhovskaya O.A., Pekarski S.E.** Issledovaniya prichinno-sledstvennykh vzaimosvyazey v makroekonomike: Nobelevskaya premiya po ekonomike 2011 g. [Research on cause and effect in the macroeconomy: the 2011 Nobel Prize in economic sciences]. *HSE Economic Journal*, 2012, vol. 16, no. 1, pp. 3-30. (In Russ.).
3. **Clausen J.R., Hoffmaister A.W.** Cyclical behavior of inventories and growth projections: Recent evidence from Europe and the United States. *IMF Working Paper WP/10/212*, 2010. Available at: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2010/wp10212.pdf> (accessed 23.02.2016).
4. Deutsche Bundesbank. Macro-econometric multi-country model: MEMMOD. 2000. Available at: https://www.bundesbank.de/Redaktion/EN/Downloads/Tasks/Monetary_policy/economics_macro_econometric_multi_country_model.pdf?__blob=publicationFile (accessed 23.02.2016).
5. **Dufour A., Engle R.F.** Time and the price impact of a trade. *The Journal of Finance*, 2000, vol. 55, iss. 6, pp. 2467-2498. doi:10.1111/0022-1082.00297.
6. **Hillier F.S., Lieberman G.J.** *Introduction to operations research*: 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
7. **Sims C.** Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 1980, vol. 48, no. 1, pp. 1-48.
8. **Wu O.Q., Chen H.** Optimal control and equilibrium behavior of production inventory systems. *Management Science*, 2010, vol. 56, iss. 8, pp. 1362-1379.