

ПОМОГАЕТ ЛИ УЧЕТ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СЕЗОННОСТИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РОССИЙСКИХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ?

А.Скроботов, н.с., РАНХиГС,
М.Турунцева, зав. лабораторией, ИЭП им. Гайдара

Существует довольно большой пласт работ, касающихся методов тестирования временных рядов на наличие сезонных единичных корней¹. При этом в прикладных макроэкономических исследованиях вопрос наличия в данных стохастической сезонности и последствий этого обсуждается очень редко. То есть можно видеть некоторое несоответствие между наличием довольно развитого теоретического аппарата и его эмпирическими приложениями. В данной статье мы пытаемся ответить на прикладной вопрос: насколько может нам помочь аккуратное тестирование временных рядов на наличие единичных корней на различных частотах при прогнозировании российских макроэкономических показателей по моделям класса ARIMA с возможным учетом сезонности? Нужно ли аккуратно тестировать все виды сезонных единичных корней или можно пренебречь ими вообще, либо считать, что присутствуют все сезонные единичные корни (т.е. необходимо брать полную сезонную разность)? Отметим, что для российских данных гипотеза о наличии сезонных единичных корней (на тех иных частотах, а чаще всего, на всех), как правило, не отвергается, что в принципе, может быть следствием низкой мощности тестов.

Мы исследовали влияние сезонного дифференцирования на различных частотах (применение различных сезонных фильтров) на прогнозные свойства 51 российского макроэкономического показателя. В качестве базового периода (периода, на котором оценивались модели) был выбран интервал с I квартала 1999 г. (в зависимости от наличия данных) по IV квартал 2012 г. Прогнозные значения показателей рассчитывались для I–IV кварталов 2013 г. при помощи двух схем:

- *фиксированная схема*. Модели, используемые для построения прогнозов, оценивались на интервале до IV квартала 2012 г. После чего на основе полученных оценок рассчитывались динамические прогнозы показателей на I–IV кварталы 2013 г. Такая схема обычно реализуется при прогнозировании в режиме реального времени;
- *рекурсивная схема*. На первом шаге оценивались модели на интервале до IV квартала 2012 г. и по ним рассчитывались прогнозные значения на I квартал 2013 г. Затем модели переоценивались на данных до I квартала 2013 г. включительно и по ним рассчитывались прогнозы на II квартал 2013 г. и т.д.

Качество прогнозов различных моделей оценивалось при помощи относительной RMSE. В качестве базового в обоих случаях использовался наивный прогноз, рассчитанный по фиксированной и рекурсивной схемам соответственно. Относительная RMSE вычислялась по формуле:

$$\text{относительная RMSE} = \frac{RMSE_i}{RMSE_{NF}}$$

где $RMSE_i$ – RMSE прогноза, рассчитанного по модели i , $RMSE_{NF}$ – RMSE наивного прогноза. Таким образом, относительная RMSE наивного прогноза всегда равна единице. Если относительная RMSE прогноза по модели i меньше единицы, то он лучше наивного прогноза. Наилучшим с точки зрения качества является прогноз, относительная RMSE которого наименьшая.

Прогнозы рассчитывались следующим образом:

¹ Такие методы были впервые предложены в *Hylleberg et al. (1992)*. В качестве недавних работ по данной тематике стоит отметить *del Barrio Castro, T. et al. (2012a,b)* и *Harvey et al. (2008)*.

- 1) по моделям, оцененным для рядов в уровнях (y_t); 2) по моделям, оцененным для рядов в первых разностях (Δy_t);
- 3) в предположении наличия сезонных единичных корней на нулевой частоте и частоте Найквиста (π), равных ± 1 , т.е. по моделям, оцененным для рядов вида $(1 - L^2)y_t$;
- 4) по моделям, оцененным для полной сезонной разности $(1 - L^4)y_t$;
- 5) в предположении наличия единичного корня и двух комплексно сопряженных единичных корней (на частотах $\pm\pi/2$), т.е. по моделям, оцененным для рядов вида $\Delta(1 - L^2)y_t$.

Для случаев 1–5 мы выбирали лучшие модели по критериям AIC, BIC и t -sq.¹

Также мы рассчитывали еще два типа прогнозов:

- 1) *наивный сезонный прогноз* (по модели сезонного случайного блуждания). Такой прогноз отличается от прогноза из пункта 4 тем, что в данном случае в качестве прогнозного значения для какого-либо квартала берется значение показателя, которое он принимал в соответствующем квартале предыдущего года, а в пункте 4 прогнозы рассчитывались по моделям, выбранным по критериям качества их подгонки.
- 2) *наивный прогноз с включением сезонных фиктивных переменных* (по модели случайного блуждания с сезонными дрейфами).

Наивный и наивный сезонный прогнозы будем называть простыми, поскольку для их расчета не требуется оценивать модели, достаточно просто знать значения временного ряда в соответствующие моменты времени. Результаты расчетов приведены в *табл. 1 и 2* приложения, где шрифтом выделены наименьшие относительные $RMSE^2$.

Как видно из *табл. 1 и 2*, наилучшие по качеству прогнозы для обеих схем прогнозирования можно получить при помощи простых методов более чем в половине случаев. Так, наивный прогноз оказался лучшим для 8 российских макроэкономических рядов, как в случае фиксированной схемы, так и в случае рекурсивной схемы прогнозирования. Наивный сезонный прогноз был лучшим для 20 рядов в случае фиксированной схемы прогнозирования и для 23 рядов в случае рекурсивной схемы.

Следующими по частоте были прогнозы, рассчитанные по моделям, оцененным для рядов в уровнях: для 11 рядов – в случае использования фиксированной схемы прогнозирования и для 8 рядов – в случае рекурсивной схемы. Если считать, что ряды содержат только единичный корень (и оценивать модели в разностях), то получаемые по таким моделям прогнозы оказались лучшими лишь в 2 случаях независимо от используемой схемы прогнозирования. Наивные сезонные прогнозы с включением сезонных фиктивных переменных (т.е. прогнозы, учитывающие детерминированную сезонность) были лучшими для 1 ряда при фиксированной схеме прогнозирования и для 2 рядов – при рекурсивной.

Учет сезонных единичных корней на различных частотах привел в следующем результате. При фиксированной схеме прогнозирования предположение о наличии корней равных ± 1 позволило получить лучший прогноз лишь в одном случае. Причем относительная $RMSE$ этого прогноза совпала с аналогичной характеристикой прогноза, рассчитанного по модели в уровнях, и лишь на 0,01 отличалась от наивного прогноза с включением сезонных фиктивных переменных. В 5 случаях лучшим оказался прогноз, рассчитанный по модели, оцененной в предположении наличия единичного корня и двух комплексно-сопряженных единичных корней. Модели, выбранные при помощи критериев качества подгонки и при предположении наличия сезонных единичных корней на всех частотах, дали лучшие прогнозы лишь в 3 случаях.

1 AIC и BIC – информационные критерии Акаике и Шварца соответственно. t -sq выбирается количество лагов путем последовательного исключения незначимых лагов с конца, начиная с некоторого максимального значения, до тех пор, пока последний лаг не окажется значимым.

2 Из таблиц можно видеть, что иногда наименьшие значения относительных $RMSE$ совпадают. Как правило, это происходит для моделей, оцененных для одинаковых модификаций ряда, например, для рядов, взятых в уровнях, и означает, что критерии выбора лучшей модели выбирают одну и ту же модель (с одинаковым количеством лагов).

При рекурсивной схеме прогнозирования в трех случаях лучшими оказались прогнозы, рассчитанные по моделям, оцененным в предположения наличия всех сезонных единичных корней и выбранным по информационным критериям, и в двух – по моделям, оцененным в предположении наличия корней, равных ± 1 .

Следовательно, отвечая на вопрос, поставленный в начале статьи, можно сказать, что модели, учитывающие стохастическую сезонность, позволяют получать лучшие прогнозы по сравнению с другими авторегрессионными моделями: такие прогнозы оказались лучшими в 29 случаях из 51 для фиксированной схемы прогнозирования и в 28 случаях – для рекурсивной. Но в большинстве из этих случаев лучшими были простые наивные сезонные прогнозы. То есть более аккуратный подбор модели по критериям качества подгонки и/или попытка учесть наличие сезонных единичных корней в большинстве случаев ухудшали вневыборочные прогнозы.

Литература:

- Hylleberg, S., Engle, R. F., Granger, C. W. J., and Yoo, B. S.* (1990). Seasonal integration and cointegration. *Journal of Econometrics*, 44, 215–238.
- Harvey, D.I., Leybourne, S.J., and Taylor, A.M.R.* (2008). Seasonal unit root tests and the role of initial conditions. *Econometrics Journal*, 11, 409–442.
- del Barrio Castro, T., Osborn, D.R., and Taylor, A.M.R.* (2012a). On augmented HEGY tests for seasonal unit roots. *Econometric Theory*, 28, 1121–1143.
- del Barrio Castro, T., Osborn, D.R., and Taylor, A.M.R.* (2012b). The Performance of Lag Selection and Detrending Methods for HEGY Seasonal Unit Root Tests. Unpublished Manuscript.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Относительные RMSE прогнозов, рассчитанных для различных типов прогнозов

Таблица 1

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ RMSE ДЛЯ ПРОГНОЗОВ, РАССЧИТАННЫХ ПО ФИКСИРОВАННОЙ СХЕМЕ¹

| | Ряды в уровнях (y_t) | | | Ряды в разностях (Δy_t) | | | Корни 1 и -1 ($((1 - L^2)y_t)$) | | | Все сезонные единичные корни ($((1 - L^4)y_t)$) | | | Единичный корень и комплексно сопряженные корни ($(\Delta(1 - L^4)y_t)$) | | | Наивный прогноз | Наивный сезонный прогноз | Наивный прогноз с сезонными дамми |
|---|--|-------------|-------------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|---|-------------|------|--|-------------|-------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | | | |
| | Индекс промышленного производства Росстата | 0,60 | 0,57 | 0,57 | 0,54 | 0,54 | 0,53 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,53 | 0,53 | | | |
| ИПП в добыче полезных ископаемых Росстата | 0,61 | 0,35 | 0,61 | 0,75 | 0,48 | 0,75 | 1,22 | 1,22 | 1,41 | 1,17 | 1,05 | 1,17 | 0,51 | 0,15 | 0,51 | 1 | 0,54 | 0,65 |
| ИПП в обрабатывающих производствах Росстата | 1,26 | 1,26 | 1,22 | 3,06 | 3,06 | 3,39 | 2,13 | 2,13 | 2,13 | 1,38 | 1,07 | 1,18 | 2,25 | 2,00 | 2,25 | 1 | 0,45 | 1,59 |
| ИПП в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды Росстата | 0,27 | 0,27 | 0,89 | 0,23 | 0,23 | 0,85 | 1,19 | 1,19 | 1,72 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,61 | 0,61 | 0,34 | 1 | 0,12 | 1,24 |
| ИПП в производстве пищевых продуктов Росстата | 1,04 | 1,04 | 0,53 | 2,34 | 2,22 | 1,87 | 2,50 | 2,08 | 2,50 | 2,38 | 1,57 | 2,38 | 2,77 | 2,77 | 2,47 | 1 | 0,99 | 0,91 |
| ИПП в производстве кокса и нефтепродуктов Росстата | 0,90 | 0,98 | 0,90 | 1,73 | 1,59 | 1,73 | 1,77 | 1,26 | 1,66 | 1,08 | 1,08 | 0,94 | 1,97 | 1,37 | 1,97 | 1 | 0,31 | 0,96 |
| ИПП в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий Росстата | 1,69 | 1,69 | 1,93 | 6,65 | 6,65 | 7,55 | 2,91 | 2,91 | 2,91 | 1,84 | 0,88 | 1,28 | 2,71 | 2,90 | 2,71 | 1 | 1,16 | 2,27 |
| ИПП в производстве машин и оборудования Росстата | 1,37 | 1,21 | 1,20 | 3,57 | 3,23 | 3,07 | 1,87 | 2,51 | 1,87 | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 2,99 | 2,99 | 2,99 | 1 | 2,03 | 1,18 |
| Индекс промышленного производства НИУ ВШЭ | 0,52 | 0,68 | 0,66 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,69 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,73 | 0,77 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 1 | 0,08 | 0,72 |
| ИПП в добыче полезных ископаемых НИУ ВШЭ | 0,30 | 0,28 | 0,30 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,77 | 0,77 | 0,83 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,47 | 0,47 | 0,37 | 1 | 0,86 | 0,53 |
| ИПП в обрабатывающих производствах НИУ ВШЭ | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,20 | 2,79 | 2,20 | 1,86 | 1,86 | 1,86 | 2,13 | 2,13 | 2,13 | 1 | 0,16 | 2,08 |
| ИПП в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды НИУ ВШЭ | 0,13 | 0,13 | 0,10 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,17 | 1 | 0,13 | 0,11 |
| ИПП в производстве пищевых продуктов НИУ ВШЭ | 0,44 | 0,44 | 0,31 | 0,44 | 0,44 | 0,47 | 0,44 | 0,44 | 0,42 | 0,50 | 0,50 | 0,59 | 0,51 | 0,51 | 0,56 | 1 | 0,38 | 0,53 |
| ИПП в производстве кокса и нефтепродуктов НИУ ВШЭ | 0,18 | 0,18 | 0,35 | 0,79 | 0,79 | 0,56 | 0,57 | 0,55 | 0,57 | 0,50 | 0,50 | 0,61 | 0,82 | 0,82 | 0,65 | 1 | 0,40 | 0,31 |

1 Шрифтом выделены наименьшие относительные RMSE.

Продолжение таблицы 1

| | Ряды в уровнях (Y_t) | | | Ряды в разностях (ΔY_t) | | | Корни 1 и -1 ($((1 - L^2)Y_t$) | | | Все сезонные единичные корни ($((1 - L^4)Y_t$) | | | Единичный корень и комплексно сопряженные корни ($(\Delta(1 - L^4)Y_t$) | | | Наивный прогноз | Наивный сезонный прогноз | Наивный прогноз с сезонными дамми |
|--|--------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|------|------|----------------------------------|------|------|--|-------------|-------|---|-------------|------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | | | |
| ИПП в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий НИУ ВШЭ | 2,76 | 2,76 | 3,06 | 4,92 | 4,92 | 5,68 | 5,18 | 5,18 | 5,18 | 4,68 | 4,68 | 4,78 | 4,01 | 4,01 | 4,60 | 1 | 0,94 | 3,56 |
| ИПП в производстве машин и оборудования НИУ ВШЭ | 0,70 | 0,70 | 0,97 | 1,74 | 1,74 | 2,06 | 1,52 | 1,92 | 1,92 | 1,25 | 1,25 | 2,44 | 1,74 | 1,74 | 1,74 | 1 | 0,54 | 1,17 |
| Розничный товароборот | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,27 | 0,27 | 0,47 | 0,33 | 0,33 | 0,49 | 0,23 | 0,23 | 0,30 | 0,13 | 0,13 | 0,17 | 1 | 1,00 | 0,28 |
| Реальный розничный товароборот | 1,79 | 1,79 | 3,53 | 3,90 | 3,90 | 6,09 | 7,08 | 7,08 | 7,40 | 10,58 | 9,15 | 10,58 | 9,61 | 8,39 | 9,61 | 1 | 2,91 | 4,09 |
| Инвестиции в основной капитал | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,23 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 1 | 0,09 | 0,14 |
| Реальные инвестиции в основной капитал | 2,01 | 2,01 | 2,52 | 1,82 | 1,82 | 2,67 | 4,20 | 4,38 | 4,20 | 7,03 | 7,03 | 7,79 | 5,21 | 5,21 | 5,21 | 1 | 3,69 | 5,65 |
| Экспорт во все страны | 2,59 | 1,47 | 2,59 | 3,55 | 3,55 | 4,43 | 3,62 | 4,07 | 4,07 | 3,85 | 3,85 | 4,08 | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 1 | 0,43 | 1,47 |
| Импорт из всех стран | 1,13 | 1,13 | 1,04 | 2,15 | 2,15 | 2,15 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 2,26 | 2,26 | 3,53 | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 1 | 0,24 | 0,67 |
| Экспорт в страны вне СНГ | 1,06 | 1,06 | 1,35 | 2,36 | 2,36 | 2,36 | 2,45 | 2,30 | 2,45 | 2,06 | 2,06 | 1,86 | 1,84 | 1,84 | 1,84 | 1 | 0,52 | 1,11 |
| Импорт из стран вне СНГ | 2,12 | 1,62 | 2,12 | 4,41 | 3,80 | 4,41 | 3,58 | 3,60 | 3,58 | 3,62 | 3,62 | 4,76 | 3,31 | 3,31 | 3,31 | 1 | 0,36 | 0,82 |
| ИПЦ | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 2,46 | 2,46 | 2,46 | 3,61 | 3,61 | 4,73 | 2,62 | 2,62 | 2,40 | 3,24 | 3,24 | 3,36 | 1 | 1,34 | 2,60 |
| ИПЦ | 0,44 | 0,44 | 0,58 | 0,90 | 0,90 | 1,11 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 0,80 | 0,80 | 0,77 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 1 | 0,35 | 0,82 |
| ИЦ в добыче полезных ископаемых | 0,60 | 0,35 | 0,60 | 0,74 | 0,46 | 0,74 | 1,21 | 1,21 | 1,40 | 1,16 | 1,05 | 1,16 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 1 | 0,54 | 0,64 |
| ИЦ в обрабатывающих производствах | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 3,09 | 3,09 | 3,09 | 2,11 | 2,11 | 2,40 | 1,40 | 1,06 | 1,62 | 3,10 | 3,10 | 3,10 | 1 | 0,44 | 1,55 |
| ИЦ в производстве электроэнергии, газа и воды | 0,27 | 0,27 | 0,89 | 0,23 | 0,23 | 0,86 | 1,18 | 1,18 | 1,70 | 0,52 | 0,52 | 0,54 | 0,59 | 0,59 | 0,35 | 1 | 0,11 | 1,25 |
| ИЦ в производстве пищевых продуктов | 1,04 | 1,04 | 0,53 | 2,39 | 2,26 | 1,93 | 2,58 | 2,15 | 2,58 | 2,45 | 1,63 | 2,45 | 2,83 | 2,83 | 2,53 | 1 | 1,02 | 0,93 |
| ИЦ в текстильном и швейном производстве | 1,24 | 1,24 | 1,54 | 1,19 | 1,19 | 1,61 | 1,54 | 1,54 | 3,82 | 1,74 | 1,74 | 4,12 | 2,73 | 2,73 | 3,71 | 1 | 2,41 | 1,33 |
| ИЦ в обработке древесины и производстве изделий из дерева | 1,19 | 1,66 | 1,19 | 1,58 | 2,22 | 1,58 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,39 | 1,04 | 1,04 | 1,29 | 0,94 | 1,29 | 1 | 0,64 | 1,42 |
| ИЦ в целлюлозно-бумажном производстве | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,99 | 1,03 | 0,99 | 0,96 | 0,96 | 1,05 | 1,02 | 0,99 | 1,02 | 1,03 | 0,93 | 1,03 | 1 | 0,92 | 0,98 |
| ИЦ в производстве кокса, нефтепродуктов | 0,91 | 0,99 | 0,91 | 1,75 | 1,61 | 1,75 | 1,79 | 1,27 | 1,68 | 1,09 | 1,09 | 0,94 | 1,98 | 1,38 | 1,98 | 1 | 0,32 | 0,97 |
| ИЦ в химическом производстве | 2,12 | 2,12 | 1,89 | 5,39 | 5,39 | 6,22 | 3,19 | 3,19 | 3,19 | 1,98 | 1,19 | 3,03 | 4,32 | 4,32 | 5,34 | 1 | 0,51 | 2,68 |
| ИЦ в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий | 1,69 | 1,69 | 1,93 | 6,60 | 6,60 | 7,48 | 2,88 | 2,88 | 2,88 | 1,84 | 0,89 | 1,27 | 2,69 | 2,89 | 2,69 | 1 | 1,18 | 2,27 |

| | Ряды в уровнях (y_t) | | Ряды в разностях (Δy_t) | | Корни 1 и -1 ($(1 - L^2)y_t$) | | Все сезонные единичные корни ($(1 - L^4)y_t$) | | Единичный корень и комплексно сопряженные корни ($(\Delta(1 - L^4)y_t)$) | | Наивный прогноз | Наивный сезонный прогноз | Наивный прогноз с сезонными дамми | | | |
|---|--------------------------|-------------|-----------------------------------|------|---------------------------------|------|---|-------------|--|------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|----------|-------------|-------------|
| | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | | | | |
| ИЦ в производстве машин и оборудования | 0,67 | 0,65 | 0,46 | 1,54 | 1,54 | 1,40 | 1,40 | 0,68 | 1,31 | 0,68 | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1 | 1,10 | 0,67 |
| ИЦ в производстве транспортных средств и оборудования | 1,37 | 1,31 | 1,37 | 1,81 | 1,75 | 1,81 | 1,62 | 1,62 | 1,37 | 1,04 | 1,37 | 1,75 | 2,15 | 1 | 1,49 | 1,73 |
| Стоимость минимального набора продуктов питания | 0,55 | 0,55 | 0,31 | 0,52 | 0,52 | 1,04 | 0,99 | 0,31 | 0,67 | 0,67 | 1,33 | 1,50 | 1,50 | 1 | 1,11 | 0,32 |
| Сводный индекс транспортных тарифов на грузовые перевозки | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,34 | 0,19 | 0,72 | 0,72 | 0,67 | 0,62 | 0,80 | 1 | 0,30 | 0,56 |
| Индекс транспортных тарифов на грузовые перевозки автомобильным транспортом | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,13 | 1,20 | 1,43 | 0,84 | 1,43 | 0,99 | 1,43 | 1 | 1,06 | 1,08 |
| Индекс тарифов на трубопроводный транспорт | 0,42 | 0,32 | 0,42 | 0,32 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,34 | 0,34 | 0,32 | 0,79 | 0,85 | 0,86 | 1 | 0,38 | 0,45 |
| Денежная база | 1,26 | 1,24 | 1,49 | 1,87 | 1,87 | 2,42 | 2,48 | 1,82 | 2,68 | 1,79 | 3,89 | 2,32 | 1,78 | 1 | 1,72 | 0,79 |
| M_2 | 0,31 | 0,31 | 0,34 | 0,74 | 0,47 | 0,74 | 0,83 | 0,46 | 0,77 | 0,20 | 1,35 | 0,51 | 0,37 | 1 | 1,75 | 0,33 |
| Международные резервы | 3,28 | 3,28 | 3,28 | 6,80 | 6,80 | 5,49 | 4,98 | 4,85 | 3,98 | 3,29 | 4,43 | 3,28 | 3,46 | 1 | 0,79 | 1,74 |
| Курс RUR/USD | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 2,61 | 2,61 | 2,61 | 2,51 | 2,67 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 1,59 | 1,59 | 1 | 0,80 | 0,53 |
| Реальные располагаемые денежные доходы | 1,02 | 1,20 | 1,02 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,48 | 2,48 | 2,36 | 2,36 | 2,36 | 2,70 | 2,71 | 1 | 1,14 | 0,62 |
| Реальные денежные доходы | 1,31 | 1,28 | 1,07 | 2,99 | 2,90 | 2,97 | 3,29 | 3,29 | 3,48 | 3,48 | 3,48 | 3,78 | 3,78 | 1 | 1,44 | 0,98 |
| Реальная начисленная заработная плата | 1,49 | 1,49 | 2,73 | 4,55 | 3,52 | 5,30 | 5,11 | 4,45 | 6,88 | 6,67 | 6,88 | 7,24 | 8,33 | 1 | 2,81 | 2,37 |
| Численность занятого в экономике населения | 1,91 | 1,89 | 1,91 | 3,47 | 3,47 | 3,47 | 4,02 | 3,66 | 3,46 | 3,46 | 3,87 | 3,67 | 4,04 | 1 | 1,26 | 1,60 |
| Общая численность безработных | 1,49 | 1,78 | 1,49 | 3,52 | 3,52 | 3,49 | 3,48 | 3,50 | 3,42 | 3,47 | 3,42 | 3,41 | 3,42 | 1 | 0,64 | 1,40 |

Таблица 2

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ RMSE ДЛЯ ПРОГНОЗОВ, РАССЧИТАННЫХ ПО РЕКУРСИВНОЙ СХЕМЕ

| | Ряды в уровнях (y_t) | | | Ряды в разностях (Δy_t) | | | Корни 1 и -1 ($(1 - L^2)y_t$) | | | Все сезонные единичные корни ($((1 - L^4)y_t$) | | | Единичный корень и комплексно сопряженные корни ($(\Delta(1 - L^4)y_t$) | | | Наивный прогноз | Наивный сезонный прогноз | Наивный прогноз с сезонными дамми |
|---|--|------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------|------|-------------|--|-------------|------|---|------|------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | | | |
| | Индекс промышленного производства Росстата | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,35 | 0,38 | 0,39 | 0,62 | 0,94 | 0,62 | 0,77 | 0,77 | 0,82 | 0,38 | 0,37 | | | |
| ИПП в добыче полезных ископаемых Росстата | 0,93 | 0,85 | 0,93 | 0,92 | 0,67 | 0,92 | 1,26 | 1,54 | 1,39 | 1,20 | 1,01 | 1,20 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 1 | 0,54 | 0,60 |
| ИПП в обрабатывающих производствах Росстата | 1,37 | 1,37 | 1,13 | 2,89 | 2,89 | 2,42 | 1,16 | 1,78 | 1,16 | 0,81 | 0,70 | 0,63 | 1,32 | 1,05 | 1,32 | 1 | 0,35 | 1,09 |
| ИПП в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды Росстата | 0,34 | 0,34 | 0,72 | 0,51 | 0,51 | 0,56 | 0,87 | 1,66 | 0,94 | 0,43 | 0,43 | 0,38 | 0,55 | 0,55 | 0,34 | 1 | 0,08 | 0,85 |
| ИПП в производстве пищевых продуктов Росстата | 1,25 | 1,25 | 1,02 | 2,93 | 3,02 | 2,06 | 2,31 | 1,14 | 2,31 | 2,64 | 2,67 | 2,64 | 2,39 | 2,39 | 3,16 | 1 | 1,27 | 1,04 |
| ИПП в производстве кокса и нефтепродуктов Росстата | 1,14 | 1,09 | 1,14 | 1,77 | 1,36 | 1,67 | 1,16 | 0,98 | 1,12 | 1,02 | 1,02 | 0,90 | 3,83 | 3,06 | 3,83 | 1 | 0,27 | 0,80 |
| ИПП в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий Росстата | 1,76 | 1,76 | 1,51 | 4,04 | 4,04 | 4,32 | 1,62 | 3,76 | 1,66 | 1,69 | 1,70 | 0,94 | 1,96 | 2,05 | 1,96 | 1 | 0,71 | 1,34 |
| ИПП в производстве машин и оборудования Росстата | 1,03 | 1,00 | 1,03 | 2,56 | 2,31 | 1,46 | 1,20 | 1,76 | 1,20 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,62 | 1,62 | 1,62 | 1 | 1,12 | 0,70 |
| Индекс промышленного производства НИУ ВШЭ | 1,17 | 1,22 | 1,22 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,31 | 1,76 | 0,31 | 0,39 | 0,39 | 0,41 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 1 | 0,10 | 0,75 |
| ИПП в добыче полезных ископаемых НИУ ВШЭ | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,78 | 1,33 | 0,57 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,61 | 0,61 | 0,37 | 1 | 0,82 | 0,43 |
| ИПП в обрабатывающих производствах НИУ ВШЭ | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 2,55 | 2,55 | 2,55 | 1,64 | 2,11 | 1,64 | 1,47 | 1,47 | 1,47 | 2,45 | 2,45 | 2,45 | 1 | 0,16 | 1,74 |
| ИПП в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды НИУ ВШЭ | 1,05 | 1,05 | 1,07 | 0,52 | 0,52 | 0,56 | 0,13 | 2,31 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1 | 0,17 | 0,14 |
| ИПП в производстве пищевых продуктов НИУ ВШЭ | 0,44 | 0,44 | 0,33 | 0,53 | 0,53 | 0,36 | 0,62 | 0,80 | 0,42 | 0,63 | 0,63 | 0,52 | 0,75 | 0,75 | 0,51 | 1 | 0,40 | 0,50 |
| ИПП в производстве кокса и нефтепродуктов НИУ ВШЭ | 0,69 | 0,69 | 0,72 | 1,32 | 1,32 | 1,24 | 0,34 | 1,38 | 0,34 | 0,37 | 0,37 | 0,51 | 2,19 | 2,19 | 2,11 | 1 | 0,36 | 0,30 |
| ИПП в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий НИУ ВШЭ | 1,04 | 1,04 | 0,89 | 5,49 | 5,49 | 7,21 | 5,68 | 6,59 | 5,68 | 3,39 | 3,39 | 3,35 | 3,90 | 3,90 | 3,84 | 1 | 1,11 | 3,60 |
| ИПП в производстве машин и оборудования НИУ ВШЭ | 0,86 | 0,86 | 0,84 | 2,61 | 2,61 | 3,39 | 1,31 | 2,83 | 1,98 | 0,86 | 0,86 | 1,18 | 1,95 | 1,71 | 1,75 | 1 | 0,70 | 1,22 |
| Розничный товароборот | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,95 | 0,95 | 0,99 | 1,15 | 0,87 | 1,11 | 1,39 | 1,39 | 1,22 | 0,89 | 0,89 | 0,69 | 1 | 0,92 | 0,24 |

| | Ряды в уровнях (y_t) | | Ряды в разностях (Δy_t) | | Корни 1 и -1 ($(1 - L^2)y_t$) | | Все сезонные единичные корни ($((1 - L^4)y_t$) | | Единичный корень и комплечно сопряженные корни ($\Delta(1 - L^4)y_t$) | | Наивный прогноз | Наивный сезонный прогноз | Наивный прогноз с сезонными дамми | | | | | |
|--|--------------------------|-------------|-----------------------------------|------|---------------------------------|------|--|-------------|---|-------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------|------|-------|-------------|-------------|
| | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | | | | BIC | t-sq | | | |
| | 2,36 | 2,36 | 2,97 | 6,34 | 6,34 | 7,84 | 7,07 | 3,70 | 7,02 | 8,85 | | | | 8,76 | 8,85 | 11,33 | 11,33 | 11,33 |
| Реальный розничный товарооборот | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 1,11 | 0,62 | 1,10 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 1 | 5,27 | 6,00 |
| Инвестиции в основной капитал | 3,06 | 3,06 | 3,65 | 3,55 | 3,55 | 2,19 | 3,12 | 1,04 | 3,12 | 5,90 | 5,90 | 5,16 | 5,27 | 5,27 | 5,27 | 1 | 0,09 | 0,15 |
| Реальные инвестиции в основной капитал | 1,05 | 0,97 | 1,05 | 3,39 | 3,39 | 4,57 | 3,04 | 6,39 | 3,71 | 1,94 | 1,94 | 2,25 | 2,46 | 2,46 | 3,19 | 1 | 0,53 | 1,52 |
| Экспорт во все страны | 0,70 | 0,70 | 0,53 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 2,94 | 2,96 | 2,94 | 2,34 | 2,34 | 2,44 | 1,37 | 1,37 | 1,30 | 1 | 0,25 | 0,63 |
| Импорт из всех стран | 0,75 | 0,75 | 0,57 | 2,42 | 1,96 | 2,42 | 1,38 | 3,31 | 1,38 | 1,16 | 1,16 | 1,03 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1 | 0,64 | 1,13 |
| Экспорт в страны вне СНГ | 0,81 | 0,45 | 0,81 | 3,14 | 1,96 | 3,14 | 2,48 | 5,56 | 2,48 | 2,43 | 2,43 | 2,58 | 2,89 | 2,89 | 2,89 | 1 | 0,38 | 0,72 |
| Импорт из стран вне СНГ | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 3,05 | 3,05 | 3,05 | 1,21 | 4,06 | 2,96 | 2,11 | 2,11 | 1,52 | 3,03 | 3,03 | 3,43 | 1 | 1,00 | 1,97 |
| ИИЦ | 0,79 | 0,79 | 0,83 | 1,06 | 1,06 | 1,08 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 0,65 | 0,65 | 0,63 | 0,93 | 0,86 | 0,93 | 1 | 0,32 | 0,68 |
| ИИЦ в добыче полезных ископаемых | 0,92 | 0,84 | 0,92 | 0,91 | 0,66 | 0,91 | 1,25 | 1,53 | 1,38 | 1,20 | 1,00 | 1,20 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 1 | 0,54 | 0,59 |
| ИИЦ в обрабатывающих производствах | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 3,38 | 3,38 | 3,38 | 1,20 | 1,74 | 1,61 | 0,91 | 0,74 | 0,89 | 3,48 | 3,48 | 3,48 | 1 | 0,35 | 1,08 |
| ИИЦ в производстве электроэнергии, газа и воды | 0,35 | 0,35 | 0,70 | 0,51 | 0,51 | 0,56 | 0,88 | 1,66 | 0,94 | 0,42 | 0,42 | 0,37 | 0,54 | 0,54 | 0,34 | 1 | 0,07 | 0,86 |
| ИИЦ в производстве пищевых продуктов | 1,28 | 1,28 | 1,03 | 3,13 | 3,22 | 2,26 | 2,48 | 1,18 | 2,48 | 2,79 | 2,82 | 2,79 | 2,54 | 2,54 | 3,34 | 1 | 1,36 | 1,09 |
| ИИЦ в текстильном и швейном производстве | 1,72 | 1,72 | 1,73 | 1,37 | 1,37 | 1,38 | 1,54 | 2,07 | 3,49 | 3,25 | 3,25 | 2,15 | 5,47 | 5,47 | 6,64 | 1 | 2,81 | 1,59 |
| ИИЦ в обработке древесины и производстве изделий из дерева | 1,59 | 1,94 | 1,59 | 1,56 | 2,21 | 1,56 | 2,18 | 2,61 | 2,18 | 1,30 | 1,15 | 1,15 | 0,98 | 0,85 | 0,98 | 1 | 0,70 | 1,49 |
| ИИЦ в целлюлозно-бумажном производстве | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 0,66 | 0,69 | 0,66 | 0,72 | 0,46 | 0,75 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 1 | 0,63 | 0,71 |
| ИИЦ в производстве кокса, нефтепродуктов | 1,14 | 1,09 | 1,14 | 1,78 | 1,36 | 1,68 | 1,17 | 0,98 | 1,13 | 1,03 | 1,03 | 0,90 | 3,87 | 3,10 | 3,87 | 1 | 0,28 | 0,81 |
| ИИЦ в химическом производстве | 2,40 | 2,40 | 2,49 | 7,76 | 7,76 | 9,91 | 2,84 | 5,79 | 2,84 | 1,30 | 0,70 | 2,30 | 9,01 | 9,01 | 9,10 | 1 | 0,58 | 2,73 |
| ИИЦ в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий | 1,77 | 1,77 | 1,51 | 4,02 | 4,02 | 4,29 | 1,62 | 3,70 | 1,63 | 1,72 | 1,72 | 0,94 | 1,95 | 2,04 | 1,95 | 1 | 0,72 | 1,35 |
| ИИЦ в производстве машин и оборудования | 0,42 | 0,44 | 0,40 | 0,55 | 0,55 | 0,53 | 0,52 | 1,00 | 0,52 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 1 | 0,66 | 0,40 |
| ИИЦ в производстве транспортных средств и оборудования | 1,16 | 1,12 | 1,16 | 1,27 | 1,16 | 1,27 | 0,95 | 0,97 | 1,09 | 0,91 | 0,73 | 0,91 | 1,41 | 1,41 | 1,75 | 1 | 0,93 | 1,05 |
| Стоимость минимального набора продуктов питания | 0,99 | 0,99 | 0,81 | 2,00 | 2,00 | 1,84 | 1,12 | 1,00 | 1,67 | 1,05 | 1,05 | 1,42 | 2,27 | 2,41 | 2,40 | 1 | 2,53 | 0,71 |
| Сводный индекс транспортных тарифов на грузовые перевозки | 1,38 | 1,38 | 1,38 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,67 | 1,94 | 0,92 | 0,89 | 0,89 | 0,79 | 1,21 | 1,21 | 1,15 | 1 | 0,39 | 0,74 |
| Индекс транспортных тарифов на грузовые перевозки автомобильным транспортом | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 2,41 | 2,41 | 2,41 | 1,43 | 2,39 | 1,16 | 0,74 | 1,03 | 0,74 | 1,81 | 1,81 | 2,50 | 1 | 1,20 | 1,19 |

Окончание таблицы 2

| | Ряды в уровнях (y_t) | | | Ряды в разностях (Δy_t) | | | Корни 1 и -1 ($(1 - L^2)y_t$) | | | Все сезонные единичные корни ($((1 - L^4)y_t$) | | | Единичный корень и комплексно сопряженные корни ($(\Delta(1 - L^4)y_t$) | | | Наивный прогноз | Наивный сезонный прогноз | Наивный прогноз с сезонными дамми |
|--|--------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|---------------------------------|-------|------|--|------|------|---|------|------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | AIC | BIC | t-sq | | | |
| Индекс тарифов на трубопроводный транспорт | 1,27 | 1,24 | 1,27 | 1,64 | 1,46 | 1,43 | 0,51 | 1,91 | 0,83 | 0,84 | 0,86 | 0,84 | 1,82 | 1,82 | 1,65 | 1 | 0,45 | 0,53 |
| Денежная база | 1,25 | 1,25 | 1,22 | 1,56 | 1,56 | 1,71 | 1,76 | 1,85 | 1,76 | 1,77 | 1,73 | 2,22 | 1,71 | 1,70 | 1,71 | 1 | 1,44 | 0,58 |
| M_2 | 1,30 | 1,30 | 1,14 | 1,82 | 1,74 | 1,82 | 1,88 | 1,28 | 1,88 | 1,27 | 1,27 | 1,57 | 1,23 | 1,26 | 1,23 | 1 | 2,55 | 0,45 |
| Международные резервы | 1,54 | 1,54 | 1,54 | 7,41 | 7,41 | 6,52 | 3,39 | 11,28 | 3,39 | 3,69 | 3,49 | 3,41 | 4,24 | 4,24 | 4,27 | 1 | 1,39 | 2,73 |
| Курс RUR/USD | 0,90 | 0,90 | 0,93 | 4,43 | 4,43 | 5,19 | 2,17 | 8,00 | 2,17 | 3,41 | 3,41 | 3,41 | 4,39 | 4,11 | 4,83 | 1 | 1,70 | 0,99 |
| Реальные располагаемые денежные доходы | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 4,20 | 4,20 | 4,20 | 3,28 | 4,40 | 3,28 | 2,78 | 2,78 | 2,78 | 4,28 | 4,24 | 4,28 | 1 | 1,85 | 1,03 |
| Реальные денежные доходы | 0,96 | 0,96 | 0,76 | 3,56 | 3,54 | 3,45 | 2,75 | 3,18 | 2,75 | 2,64 | 2,64 | 2,64 | 3,45 | 3,45 | 2,66 | 1 | 1,48 | 1,03 |
| Реальная численная заработная плата | 1,02 | 1,02 | 1,76 | 3,08 | 3,56 | 3,23 | 2,87 | 0,86 | 2,84 | 2,71 | 3,26 | 2,71 | 3,79 | 4,82 | 3,16 | 1 | 2,32 | 1,64 |
| Численность занятого в экономике населения | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 3,29 | 3,29 | 3,29 | 3,95 | 1,76 | 3,94 | 3,26 | 3,26 | 3,36 | 2,92 | 2,92 | 3,03 | 1 | 0,88 | 1,13 |
| Общая численность безработных | 0,58 | 0,54 | 0,58 | 3,44 | 3,44 | 3,13 | 2,66 | 3,22 | 2,66 | 2,60 | 2,63 | 2,60 | 2,59 | 2,59 | 2,49 | 1 | 0,62 | 1,36 |