

Анализ и моделирование влияния макроэкономических факторов на ввод в эксплуатацию жилой недвижимости в России

Наталья Валерьевна Звездина^{а)},

Антон Валерьевич Сараев^{б)}

^{а)} Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия;

^{б)} Cooper Vision, г. Москва, Россия

Обосновывается система статистических показателей, необходимая для построения математико-статистических моделей, отражающих современные отечественные тенденции в развитии рынка жилой недвижимости. Информационными источниками эмпирической составляющей исследования послужили официальные данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат), Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), Центрального банка Российской Федерации (Банк России), Единой информационной системы жилищного строительства (ЕИСЖС).

На основе квартальных данных за период 2010–2021 гг. с помощью ARIMA и SARIMA-моделей смоделирован и спрогнозирован на 2022 г. временной ряд объема ввода в эксплуатацию жилья в Российской Федерации. Обе модели позволяют учесть влияние сезонной составляющей. По итогам регрессионного анализа временных рядов отобрана математико-статистическая модель с наилучшими аппроксимирующими характеристиками. Для моделирования объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости на российском рынке с учетом влияния макроэкономических факторов использована ARMAX-модель, которая обладает значимой объясняющей способностью.

Результаты исследования, обоснованные в статье, могут быть, по мнению авторов, интересны аналитическим агентствам, компаниям-застройщикам, банковским структурам, финансистам, экономистам, аналитикам рынка недвижимости или смежных сфер, а также органам власти для стратегического планирования развития рынка недвижимости.

Ключевые слова: инвестиции в жилую недвижимость, макроэкономическая статистика, статистика инвестиций, система показателей, временные ряды, регрессионный анализ, ARMAX-модели, ARIMA-модели, SARIMA-модели.

JEL: C30, C53, E22, R21, R31.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-1-27-41>.

Для цитирования: Звездина Н.В., Сараев А.В. Анализ и моделирование влияния макроэкономических факторов на ввод в эксплуатацию жилой недвижимости в России. Вопросы статистики. 2023;30(1):27–41.

Analysis and Modeling of the Impact of Macroeconomic Factors on the Commissioning of Residential Real Estate in Russia

Nataliya V. Zvezdina^{а)},

Anton V. Saraev^{б)}

^{а)} National Research University Higher School of Economics (HSE University), Moscow, Russia;

^{б)} Cooper Vision, Moscow, Russia

The system of statistical indicators, which is necessary for the construction of mathematical and statistical models that reflect modern domestic trends in the development of the residential real estate market is explained. The official data from the Federal State Statistics Service (Rosstat), the Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS), the Central Bank of the Russian Federation (CBR), and the Unified Housing Construction Information System (UIIS) served as information sources for the empirical component of the study.

Based on quarterly data for 2010–2021 using ARIMA and SARIMA models, a time series of residential real estate commissions in the Russian Federation was modeled and predicted for 2022. Both models make it possible to account for the influence of the seasonal component. Based on results of the time series regression analysis, the authors selected a mathematical and statistical model with the best approximating characteristics. To model the volume of commissioning of residential real estate in the Russian market, with due regard to the influence of macroeconomic factors, the ARMAX model was used, which has significant explanatory power.

The results of the study presented in the article may be of interest to analytical agencies, developers, banking professionals, financiers, economists, analysts of the real estate market or related areas, as well as authorities for strategic planning of the development of the real estate market.

Keywords: investment in residential real estate, macroeconomic statistics, investment statistics, system of indicators, time series, regression analysis, ARMAX models, ARIMA models, SARIMA models.

JEL: C30, C53, E22, R21, R31.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-1-27-41>.

For citation: Zvezdina N.V., Saraev A.V. Analysis and Modeling of the Impact of Macroeconomic Factors on the Commissioning of Residential Real Estate in Russia. *Voprosy Statistiki*. 2023;30(1):27–41. (In Russ.)

Введение

Строительная отрасль страны играет особую роль в развитии ее инфраструктуры. Рынок недвижимости является одним из чувствительных к воздействию экономических факторов. Уровень показателей рынка недвижимости имеет экономическую и социальную значимость, воздействуя на уровень жизни населения.

В условиях ежегодного роста объемов строительства жилья особенно важен анализ первичного рынка жилой недвижимости. Переход застройщиков и банковской системы на проектное финансирование с 1 июля 2019 г., карантинные ограничения в конце марта 2020 г. по причине распространения коронавирусной инфекции COVID-19, изменения уровня ключевой ставки Центрального банка Российской Федерации (Банк России) привнесли свои коррективы в развитие экономики в целом и рынка жилой недвижимости в частности.

В период глобальных трансформаций вызывает интерес анализ влияния происходящих макроэкономических явлений и процессов на состояние и функционирование рынка недвижимости. Одним из ключевых показателей первичного рынка жилой недвижимости является объем ввода в эксплуатацию жилья (в квадратных метрах). Он формируется под комплексным воздействием изменений, происходящих на макроуровне. С одной стороны, известно, что спрос рождает предложение. Спрос поддерживается государством посредством программ льготного ипотечного кредитования, вводом системы эскроу-счетов и другими действиями. С другой стороны, в неблагоприятных экономических условиях предложение квадратных метров жилой недвижимости будет сокращаться.

Цель исследования — оценка влияния макроэкономических факторов на объем ввода в эксплуатацию жилой недвижимости в России. Среди основных задач авторы выделяют: выявление тенденций и особенностей развития российского рынка жилой недвижимости на основе анализа основных показателей, прогнозирование объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости в новостройках на 2022 г., выявление наиболее значимых факторов, влияющих на объем ввода в эксплуатацию жилой недвижимости в Российской Федерации.

Анализ основных показателей первичного рынка жилой недвижимости в России

Анализ основных тенденций развития первичного рынка жилой недвижимости в России.

Отрасль жилищного строительства в России, несмотря на сдерживающие факторы, продолжает демонстрировать рост по ряду показателей. Со второй половины 2020 г. в условиях ограниченного предложения жилья и роста издержек компаний-застройщиков спрос на квадратные метры со стороны населения увеличивается. В 2021 г. было выдано 1,9 млн ипотечных кредитов на 5,6 трлн руб. (по результатам первого полугодия 2022 г. — 0,7 млн кредитов на сумму 2,5 трлн руб.).

Спрос на жилье активно поддерживается государством программами льготного кредитования и контролем процентных ставок. Так, в 2020 г. средний уровень процентных ставок по ипотечному кредитованию в Российской Федерации составил 7,68%, что на 2,19 пункта меньше показателя предыдущего года. В 2021 г. снижение продолжилось — 7,49% [1].

С 2010 г. динамика ввода в действие жилых домов в России имеет выраженную тенденцию к росту. За 2010–2021 гг. значение показателя увеличилось на 58,6%. За указанный период в среднем ежегодно объем ввода в действие жилых домов увеличивался на 2,63 млн кв. метров, что соответствует среднему темпу прироста в 5,1%. В 2021 г. в Российской Федерации ввод в действие жилых домов увеличился на 12,7% по сравнению с 2020 г. и составил 92,6 млн кв. метров (см. рис. 1).

Согласно паспорту национального проекта «Жилье и городская среда» (2018–2024 гг.) для реализации поставленных задач объем ввода в действие жилых домов в России должен увеличиваться на 30% ежегодно. Состояние смежных рынков и социальной сферы вносит коррективы: так, план ввода жилья по стране в 2019 г. был выполнен на 93%. 2020 г. отмечен распространением коронавирусной инфекции COVID-19 по всему миру. Неизбежное введение ограничительных мер привело к снижению объемов производств. По итогам 2020 г. цели по объему ввода в действие жилых домов были достигнуты на 84%, что является высоким показателем в условиях пандемии. Кроме того, по плановым значениям показателя на первые четыре года в 2020 г. было установлено наибольшее значение — 98 млн кв. метров. В 2021 г. почти удалось вывести показатель на уровень по-

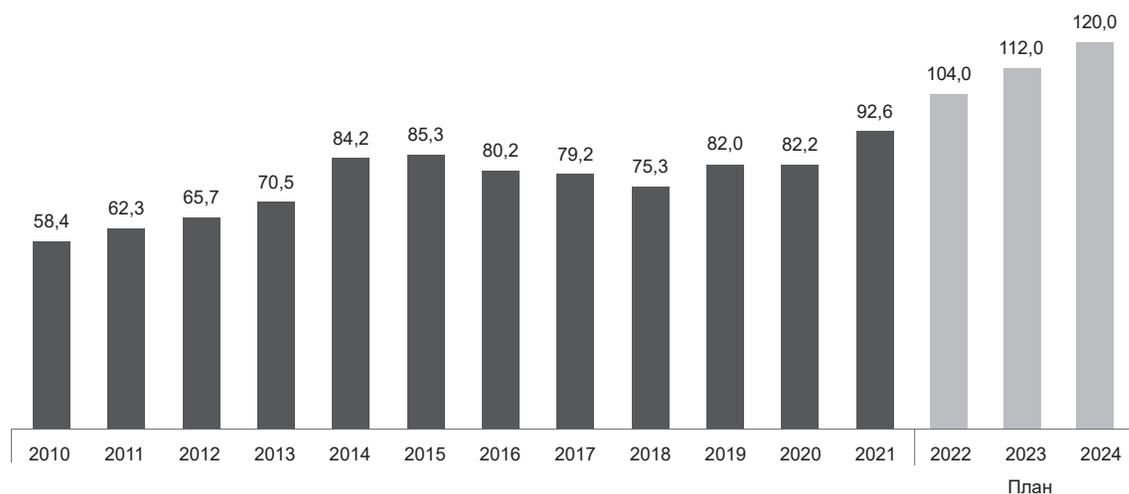


Рис. 1. Динамика ввода в действие жилых домов в Российской Федерации в 2010–2024 годах (млн кв. метров общей площади жилых помещений)

Источник: данные Росстата. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Analt_zap_Jil-ctroit_RF_2021.pdf.

ставленных задач (92,6 млн кв. метров против запланированных 94 млн кв. метров, что составило 99% от плана).

В январе–мае 2022 г. в России введено в эксплуатацию 44,5 млн кв. метров общей площади жилья, что на 54,6% выше аналогичного периода предыдущего года (январь–май 2021 г. – 28,8 млн кв. метров).

В расчете на 1000 человек населения Российской Федерации ввод общей площади жилья так-

же имеет тенденцию к увеличению. Если в 2010 г. на 1000 человек населения приходилось 409 кв. метров, то в 2021 г. – 635 кв. метров. За период 2010–2021 гг. значение показателя ежегодно увеличивалось в среднем на 20,5 кв. метра. В 2021 г. по сравнению с 2020 г. зафиксировано рекордное увеличение – на 74 кв. метра.

В 2021 г. средний размер введенных квартир по стране составил 76,8 кв. метра общей площади, в 2020 г. – 73,3 кв. метра (см. рис. 2).

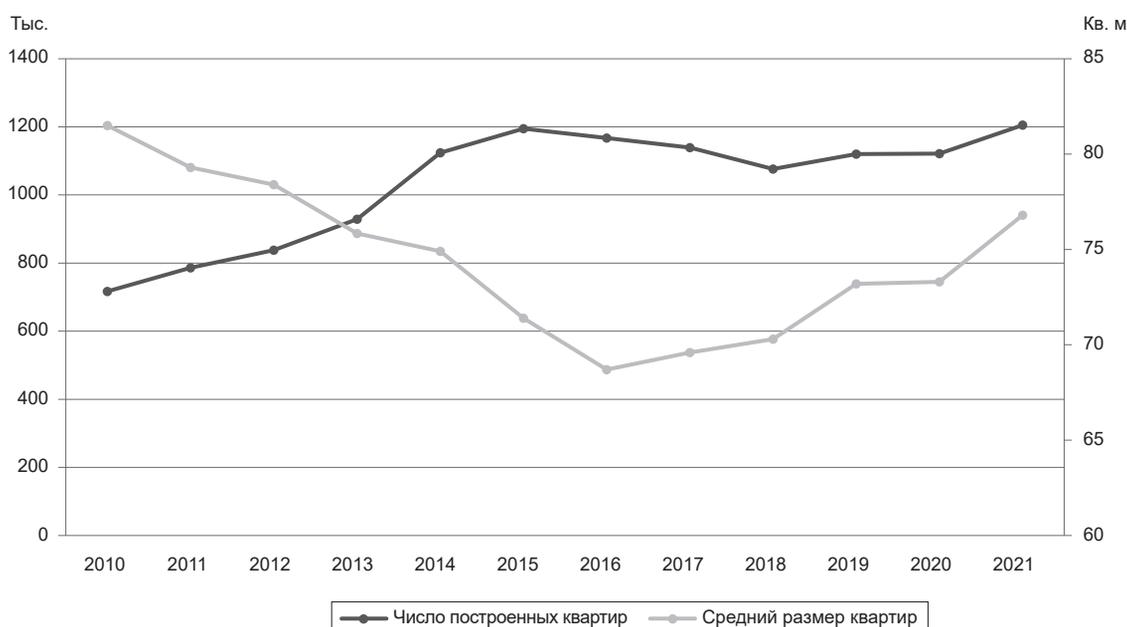


Рис. 2. Динамика числа построенных квартир и их среднего размера в Российской Федерации в 2010–2021 годах

Источник: данные Росстата. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/stroi_134.xls.

В жилищном фонде общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя страны в 2021 г. составила 27,8 кв. метра. С 2010 г. этот показатель увеличился на 5,1 кв. метра. В целом структура жилого фонда по числу квартир в России в период 2010–2021 гг. остается неизменной: наибольшая доля приходится на двухкомнатные квартиры – по данным 2021 г. их доля по числу составила 38%, при этом стоит отметить рост доли числа однокомнатных квартир с 23 до 26% (см. рис. 3).



Рис. 3. Динамика среднего размера одной квартиры в зависимости от числа комнат в Российской Федерации в 2010 и 2021 годах (кв. метров общей площади)

Источник: данные Росстата. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/jkh39.xls\(1\).xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/jkh39.xls(1).xlsx).



Рис. 4. Ввод в действие общей площади жилых домов на 1000 человек населения в федеральных округах Российской Федерации в 2021 году (кв. метров общей площади жилых помещений)

Источник: данные Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/stroi-1000.xlsx>.

Среди субъектов Российской Федерации в 2021 г. наибольшие объемы ввода жилья в эксплуатацию отмечены в Московской области, где было введено 10,0% (9,2 млн кв. метров) от сданной в эксплуатацию общей площади жилья по России в целом (92,6 млн кв. метров), Москве – 8,4% (7,8 млн кв. метров), Краснодарском крае – 6,8% (6,3 млн кв. метров).

Современные тенденции указывают на рост среднего размера квартиры по всем типам комнатности. За 2010–2021 гг. рост среднего размера квартиры составил 8%. Наибольший скачок показали однокомнатные и многокомнатные (4 и более комнат) квартиры. Факт увеличения размера однокомнатных квартир объясняется ростом рынка жилья экономкласса. Число застройщиков, предлагающих многокомнатные квартиры в многоэтажных жилых домах, невелико. Рост среднего размера многокомнатных квартир объясняется расширением рынка индивидуального жилищного строительства (см. рис. 3).

Особенности развития первичного рынка жилой недвижимости в регионах России. В региональном аспекте рынка жилой недвижимости в России по показателю ввода в действие общей площади жилых домов наиболее «привлекательными» являются Центральный, Северо-Западный и Южный федеральные округа: по значению показателя в пересчете на 1000 человек населения они фиксируют уровень выше среднего по стране. Стоит обратить внимание на Уральский и Приволжский федеральные округа: они близки к среднероссийскому уровню (см. рис. 4).

Из числа регионов страны, в которых объем вводимого жилья в 2021 г. составил более одного кв. метра на человека, можно отметить Ленинградскую, Калининградскую, Московскую области, Краснодарский край, а также Липецкую, Тюменскую (без автономных округов) и Сахалинскую области. Лидером по объему введенного в эксплуатацию жилья в расчете на 1000 человек

населения в 2021 г. стала Ленинградская область – 1782 кв. метра, что в 2,8 раза выше среднероссийского уровня (635 кв. метров). Кроме того, Ленинградская область опережает остальные субъекты Российской Федерации по динамике развития указанного показателя – за период 2010–2021 гг. объем введенного жилья в расчете на 1000 человек населения возрос почти в 3 раза (2010 г. – 610 кв. метров). На втором месте находится Калининградская область – 1243 кв. метра с динамическим развитием в анализируемом периоде более чем в 2 раза (2010 г. – 558 кв. метров). Московская область замыкает «тройку лидеров» – 1191 кв. метр

с минимальным приростом в 2021 г. по сравнению с 2010 г. среди указанных субъектов (+6%). Невысокое значение прироста объясняется изначально более высоким уровнем развития строительства в регионе (по состоянию на 2010 г. в Московской области на 1000 человек населения было введено 1124 кв. метра) и его дороговизной. Среди наиболее динамично развивающихся субъектов России по показателю введенного жилья на 1000 человек населения следует указать Сахалинскую область – 1038 кв. метров (2010 г. – 404 кв. метра), что свидетельствует об увеличении показателя за период 2010–2021 гг. более чем в 2 раза (см. рис. 5).

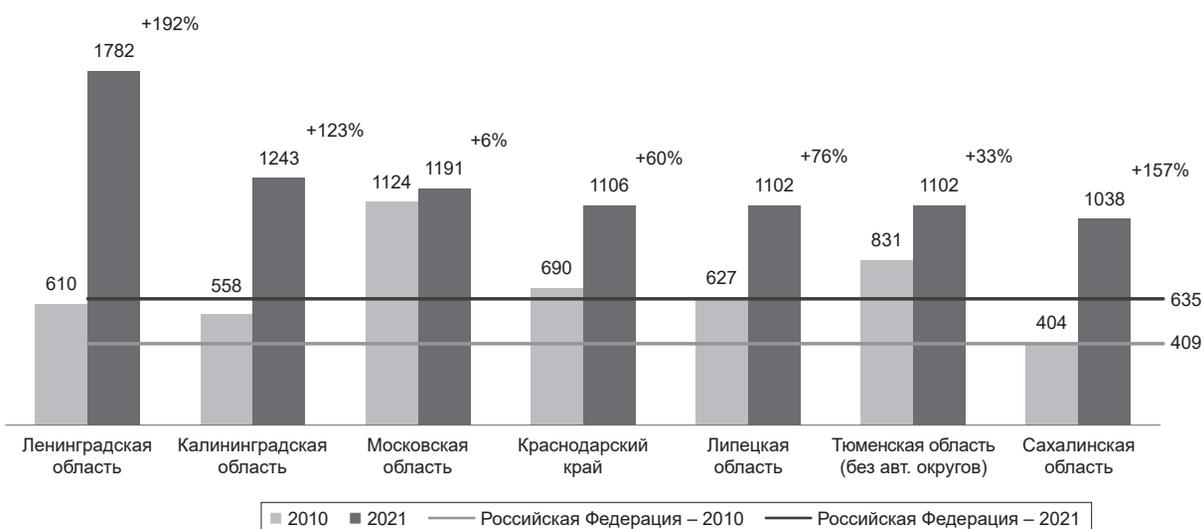


Рис. 5. Динамика ввода в действие общей площади жилых домов на 1000 человек населения в некоторых субъектах Российской Федерации в 2010 и 2021 годах (кв. метров общей площади жилых помещений)

Источник: данные Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/stroi-1000.xlsx>.

На начало июля 2022 г. всего в Российской Федерации построено 1,97 млн квартир. Общая площадь жилой недвижимости составила 98 млн кв. метров. По числу квартир лидерами являются г. Москва (16% от общего числа строящихся квартир в России), г. Санкт-Петербург (10%), Краснодарский край и Московская область (по 9%). По площади строящегося жилья лидируют те же субъекты Российской Федерации: г. Москва (17%), г. Санкт-Петербург и Московская область (по 9%), Краснодарский край (8%).

В г. Москве и Московской области, как и в среднем по России, около 80% предложений строящегося жилья занимают однокомнатные и двухкомнатные квартиры. Свердловская область практически дублирует структуру распределения квартир в новостройках по комнатности

в Российской Федерации. В Ленинградской области преимущественно строятся однокомнатные квартиры (74% от общего числа строящихся квартир по области). Структура распределения строящихся квартир по комнатности г. Санкт-Петербурга и Краснодарского края схожи. Краснодарский край несколько больше отдает ресурсов под строительство двухкомнатных квартир (29%) по сравнению с г. Санкт-Петербургом (23%). В г. Санкт-Петербурге выше доля трехкомнатных квартир (10%) по сравнению с Краснодарским краем (7%). Наименее распространенными являются квартиры с 4 комнатами и более, которые составляют до 4% всей площади жилья как в рассматриваемых регионах, так и в среднем по стране (см. рис. 6).

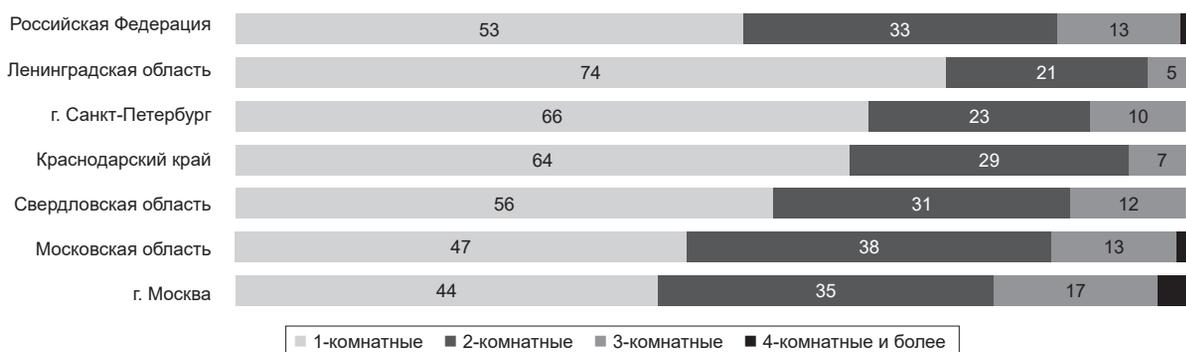


Рис. 6. Структура строящихся квартир по числу комнат в некоторых субъектах Российской Федерации в июле 2022 года (в процентах от общей площади жилых помещений по субъекту Российской Федерации)

Источник: данные ЕИСЖС ДОМ.РФ. URL: <https://наш.дом.рф>.

Таким образом, наиболее востребованными на рынке первичного жилья являются квартиры в новостройках с одной или двумя комнатами, которые составляют 86% от общего числа строящихся квартир в стране (см. рис. 7). Наиболее предлагаемыми объектами жилой недвижимости со стороны застройщика являются квартиры площадью от 35 до 45 кв. метров (28%) и от 55 до 70 кв. метров (20%). В первом интервале площади преобладают однокомнатные квартиры (86%), во втором – двухкомнатные (80%) (см. рис. 8).

Интерес к однокомнатным квартирам как со стороны застройщика, так и со стороны потенциального покупателя объясняется желанием максимизировать выгоду обоих участников рынка: потребитель получает жилую недвижимость

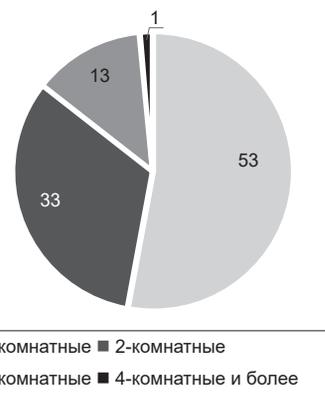


Рис. 7. Структура строящихся квартир по числу комнат в Российской Федерации в июле 2022 года (в процентах)

исходя из ограниченности своих сбережений, застройщик продает объект небольшим метражом по более высокой цене за кв. метр.

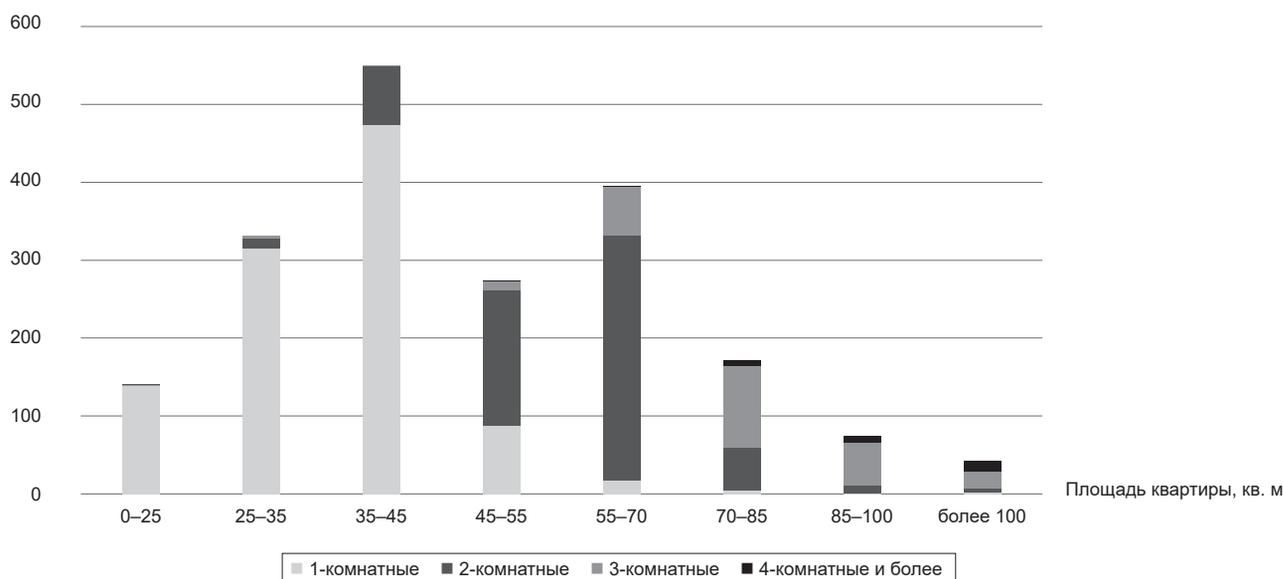


Рис. 8. Распределение строящихся квартир по площади и числу комнат в Российской Федерации в июле 2022 года (тысяч)

Источник: данные ЕИСЖС ДОМ.РФ. URL: <https://наш.дом.рф>.

Анализ уровня конкуренции среди девелоперов¹ на первичном рынке жилой недвижимости в России. Отечественный первичный рынок недвижимости насчитывает более 2 тыс. строительных компаний. По состоянию на июль 2022 г. на пять крупнейших застройщиков приходится 14% площади строящегося жилья в России. Публичное акционерное общество «ПИК-специализированный застройщик» (ПИК) лидирует по числу строящихся квартир (7%) и их площади (6%).

На втором месте находится «Группа ЛСР» (ЛСР) с долей рынка 3%. Еще меньшую долю занимают группа «Самолет» и Холдинг Setl Group – по 2%.

Структура строящегося жилья по числу комнат отличается в зависимости от компании-девелопера. По состоянию на июль 2022 г. 80% предложений Холдинга Setl Group составляют однокомнатные квартиры. Примерно равные доли приходятся на однокомнатные и двухкомнатные квартиры групп «Самолет» и ФСК (см. рис. 9).

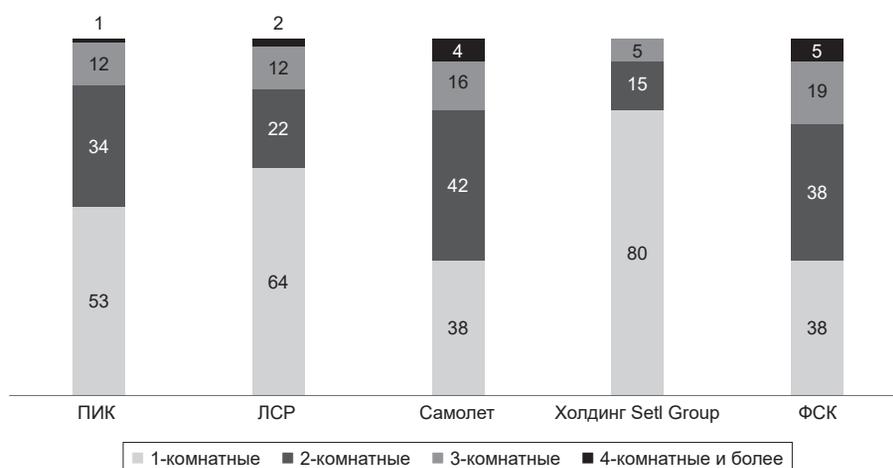


Рис. 9. Структура строящихся квартир по числу комнат среди пяти крупнейших застройщиков в Российской Федерации в июле 2022 года (в процентах от объема строящихся квартир девелопера)

Источник: данные ЕИСЖС ДОМ.РФ. URL: <https://наш.дом.рф>.

По региональной представленности девелоперы строго ориентированы. По площади застройки группы компаний «ПИК» более 60% приходится на г. Москву и более 19% – на Московскую область. «Группа ЛСР» и Холдинг Setl Group в основном представлены на рынке г. Санкт-Петербурга (74% и 98% от общего объема застройки компании, соответственно). Группа «Самолет» активно застраивает г. Москву (65%) и Московскую область (21%).

Для оценки уровня конкуренции на первичном рынке жилой недвижимости в России использовались:

- коэффициент концентрации (Concentration Ratio [CR]) – уровень монополизации рынка;
- индекс Херфиндаля – Хиршмана (Herfindahl – Hirschman index [HHI]) – оценка уровня конкурентной среды;
- индекс Линда (Lind Index [IL]) – оценка неравенства между лидерами рынка.

Таблица 1

Некоторые показатели количественной оценки конкурентной среды первичного рынка жилой недвижимости по показателю площади текущей застройки в Российской Федерации в июле 2022 года

Коэффициент концентрации (CR)	Индекс Херфиндаля – Хиршмана (HHI)	Индекс Линда (IL)		
		IL ₁	IL ₂	IL ₃
14%	82,5	232%	216%	239%

¹ Девелоперы – застройщики и группы компаний (ГК) – юридические лица, осуществляющие жилищное строительство на территории Российской Федерации в рамках Федерального закона от 30 декабря 2004 г. № 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации».

По данным таблицы 1 коэффициент концентрации свидетельствует о низком уровне концентрации (CR менее 45%) компаний-застройщиков².

Индекс Херфиндаля – Хиршмана (НИИ) также позволяет оценить конкурентную среду. В отличие от CR при расчете НИИ учитываются доли всех компаний, а не только крупнейших представителей. При НИИ = 0 можно говорить о совершенной конкуренции (множество компаний на рынке), при НИИ = 100² – об абсолютной монополии. По данным на июль 2022 г. можно считать, что на российском первичном рынке жилой недвижимости высокий уровень конкуренции (НИИ = 82,5). Новые компании могут относительно беспрепятственно выйти на рынок со своими предложениями (см. таблицу 1).

Индекс Линда (IL) позволяет определить фирмы, которые имеют особое влияние на рынке. Расчет индекса происходит итеративно с включением фирм по мере уменьшения их доли на рынке. Расчеты производятся до тех пор, пока значение индекса IL не перейдет от убывания к возрастанию. По состоянию на июль 2022 г. лидерами российского рынка («ядром») по показателю площади текущей застройки являются топ-3 компании: «ПИК», «Группа ЛСР» и группа «Самолет» (IL₃ = 239% > IL₂ = 216%) (см. таблицу 1).

Анализ цен на первичном рынке жилой недвижимости в России. Ценовая политика на рынке недвижимости чувствительна к воздействию ключевых макроэкономических показателей. Цены на рынке жилья – сложный индикатор, отражающий состояние экономики и социальной сферы страны.

До 2018 г. цены на первичном рынке жилья изменялись менее активно по сравнению с индексом цен на товары и услуги. После ситуация меняется на противоположную. В 2019 г. наблюдается превышение уровня индекса цен на первичном рынке жилья над индексом цен на товары и услуги. Это связано с переходом застройщиков на проектное финансирование со второй половины 2019 г. В 2020–2021 гг. продолжилось ускорение роста цен на жилье под воздействием повышенного спроса. Факторами этого явления послужили: снижение ставок по ипотечным кредитам (в том числе действие программы льготной ипотеки на первичном рынке жилой недвижимости), рост инвестиционной привлекательности недвижимости, увеличение издержек застройщиков, сокращение рабочей силы ввиду ввода ограничений на въезд в страну в период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 (см. рис. 10).

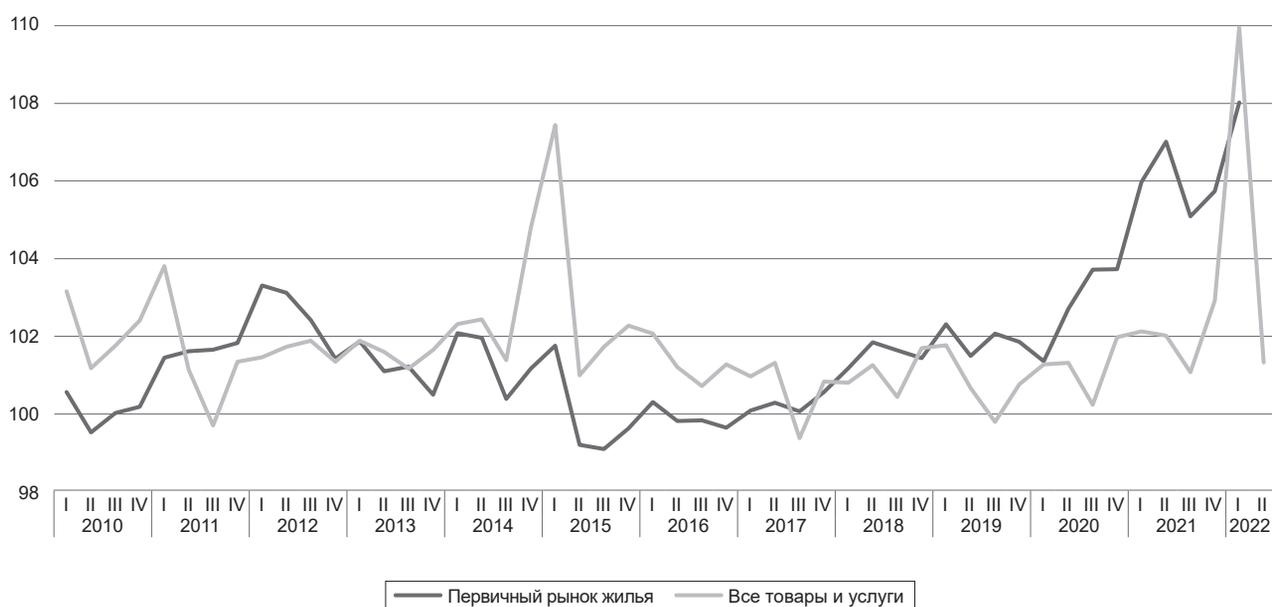


Рис. 10. Динамика индекса потребительских цен на товары и услуги и индекса цен на первичном рынке жилья в Российской Федерации в 2010–2022 годах (на конец квартала к концу предыдущего квартала, в процентах)

Источник: данные Росстата (URL: <https://rosstat.gov.ru>), ЕМИСС (URL: <https://www.fedstat.ru>).

² Чем выше значение коэффициента концентрации, тем менее развита совершенная конкуренция на рынке.

В начале 2022 г. последствия пандемии, изменение мировой политической ситуации, повышение ключевой ставки Банка России до 20% привели к повышению цен на первичном рынке жилой недвижимости. Начиная с апреля 2022 г. ключевая ставка снижается. По итогам заседания Совета директоров Банка России 22 июля 2022 г. было принято решение снизить ключевую ставку до 8% годовых³.

Тем не менее, не следует ожидать резкого повышения спроса ввиду снижения доступности жилья по доходам населения. Если в среднем за 2020 г. размер среднедушевого дохода населения в Российской Федерации равнялся стоимости 5,8 кв. метра, то в 2021 г. этот показатель составил 5,3 кв. метра (см. рис. 11). По мнению специалистов цены на рынке могут стабилизироваться, однако в ближайшие два года показатель доходов населения не приобретет тенденции к росту [2].

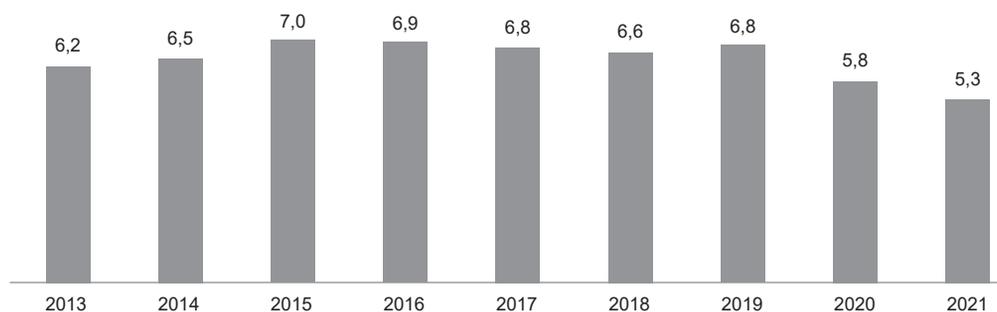


Рис. 11. Динамика доступности жилья на первичном рынке в Российской Федерации в 2013–2021 годах (отношение годового значения среднедушевого дохода населения к средней цене 1 кв. метра общей площади квартир, кв. метров)

Источник: расчеты авторов по данным Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru>.

Прогнозирование объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости на российском рынке

По квартальным данным за период 2010–2021 гг. проанализирован временной ряд объема ввода в эксплуатацию жилья в Российской Федерации и спрогнозированы его значения на четыре квартала 2022 г. Для прогнозирования использовались ARIMA (p, d, q) – модели (Integrated ARMA-модель) с фиктивными переменными, обозначающими квартальную сезонность, где p – число лагов зависимой переменной, d – порядок разности (интегрируемости), q – число лагов факторов, и SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)s – модели (Seasonal ARMA-модель), где параметры (P, D, Q)s аналогично предназначены для сезонной составляющей.

Обе модели удовлетворяют основным предпосылкам и могут быть использованы для дальнейшего анализа (в моделях отсутствует автокорреляция и гетероскедастичность, остатки распределены нормально). На основании более

низких значений информационных критериев Акаике (AIC) и Шварца (BIC) для прогнозирования предпочтительнее оказалась спецификация модели SARIMA (2, 2, 0) (2, 2, 0)₄.

Построенная модель обладает значимой объясняющей способностью. Вариация вошедших в нее переменных объясняет 87% вариации объема введенной в эксплуатацию жилой недвижимости ($R^2_{\text{корр.}} = 0,87$). Оценки коэффициентов для сезонной и несезонной частей значимы на уровне значимости 1%. На уровне значимости 5% можно говорить о нормальном распределении остатков модели (p-value = 0,961) и об отсутствии автокорреляции. Средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Percentage Error in Percent, [MAPE]) в процентах также свидетельствует о хороших прогнозных свойствах модели (MAPE = 7,7%). Средняя процентная ошибка (Mean Percentage Error, [MPE]) в рассматриваемой модели может свидетельствовать о том, что прогнозные значения несущественно занижены (MPE = 1,2%) (см. таблицу 2).

³ Новости Банка России от 22 июля 2022 г. URL: <https://www.cbr.ru/press/keypg/> (дата обращения 03.08.2022).

Сводные результаты по SARIMA (2, 2, 0) (2, 2, 0)₄-модели объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости на российском рынке

Показатель	Коэффициент	Стандартная ошибка	Уровень значимости
Константа	4,01	86,33	0,96
Первый несезонный лаг (ϕ_1)	0,52	0,15	0,000***
Второй несезонный лаг (ϕ_2)	-0,58	0,15	0,000***
Первый сезонный лаг (Φ_1)	-1,01	0,15	0,000***
Второй сезонный лаг (Φ_2)	-0,62	0,14	0,000***

Данные по модели: $R^2_{\text{скорр.}} = 0,87$; AIC = 644,2; BIC = 653,4; F-тест: p-value = 0,000

Примечание. *** – подтвержденная значимость на уровне 0,01 ($p \leq 0,01$).

Источник: расчеты авторов.

В SARIMA-модели наблюдается недооцененность I и II кварталов и переоцененность III и IV кварталов 2021 г. по сравнению с фактическими данными. В целом по 2021 г. модель показывает незначительно заниженные результаты (на 1%). В целом по годовым значениям разница между фактическими данными и спрогнозированными составляет не более 6% в ту или иную сторону. В IV квартале 2022 г. прогнозируется ввод в эксплуатацию 34 млн кв. метров жилья (см. рис. 12).

Статистическое прогнозирование значений объема ввода жилья в России продемонстрировало тенденцию к снижению показателя относительно рекордно высоких значений 2021 г. в течение следующего года (на 12%) со спадом во II квартале и привычным ростом к IV кварталу. Ожидается, что объем жилой недвижимости, введенный в эксплуатацию в 2022 г., вернется на уровень значений 2020 г. и составит 81 млн кв. метров.

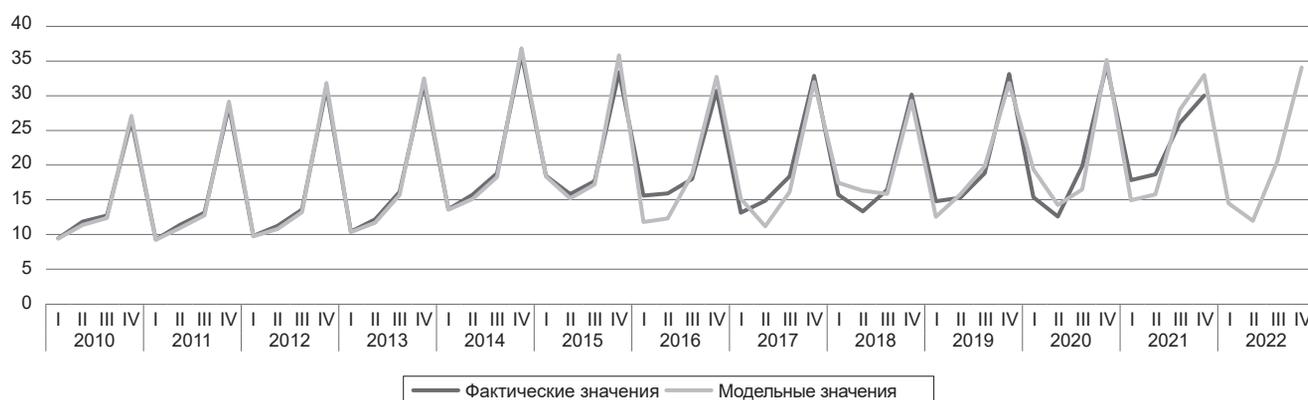


Рис. 12. Динамика фактических и модельных значений объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости в Российской Федерации в 2010–2022 годах (млн кв. метров)

Источник: данные Росстата (URL: <https://rosstat.gov.ru>), ЕМИСС (URL: <https://www.fedstat.ru>).

Подходы к анализу влияния макроэкономических показателей на рынок недвижимости

Для формирования базы показателей авторы использовали опыт исследователей различных стран по изучению рынка жилой недвижимости с точки зрения влияния на него макроэкономических факторов. В работе [3] на примере рынка недвижимости Черногории оценивается влияние основных макроэкономических переменных на динамику цен на жилье.

Были использованы статистические методы, основанные на подходе модельного усреднения и оценены более 4,5 тыс. линейных моделей с различными комбинациями факторов и временными лагами до четырех кварталов. Основным результатом исследования стало выявление наибольшей зависимости стоимости жилья от ВВП страны с временным лагом в один квартал, а также от заработной платы населения, уровня безработицы и объема использования ипотечных кредитов.

В исследовании [4] проведен анализ недвижимости Турции. В работе широко применяются

модели векторной авторегрессии (VAR). Авторы используют естественное обобщение моделей авторегрессии. В ходе анализа было определено, что индекс потребительских цен (объясняет 37% вариации зависимой переменной), цены на аренду жилой недвижимости (16% вариации зависимой переменной) и уровень ключевой ставки (5% вариации зависимой переменной) оказывают наибольшее влияние на рынок жилья. Это может свидетельствовать о том, что потребители рассматривают рынок жилой недвижимости в качестве возможной защиты от последствий инфляции. Модели векторной авторегрессии также были применены в работе [5]. Авторы пришли к выводу, что наиболее значительное воздействие на рынок жилой недвижимости оказывает номинальная процентная ставка, которая объясняет 37% вариации зависимой переменной. Также значимыми факторами оказались ВВП и объем инвестиций в страну.

Анализ влияния финансовых активов и случайных процессов на национальный рынок жилой недвижимости по географическим признакам описан в публикации [6]. Авторы заключили, что отсутствие коинтеграции активов на рынке жилья помогает потребителям диверсифицировать активы, а наличие — предоставляет инвесторам возможности для перекрестного хеджирования на ликвидных рынках.

Методы машинного обучения все чаще применяются в анализе рынка недвижимости при моделировании отдельных его показателей [7–10]. В ходе исследования национальных рынков жилья широкое применение получили комплексные нейросетевые экономико-математические модели. Они содержат как изменяющиеся макроэкономические переменные (ключевая ставка, объем ВВП), так и неизменные (статические) данные (строительно-эксплуатационные характеристики квартиры), что делает более продолжительной актуальность использования подобных моделей. В исследовании [11] проведена оценка и моделирование рыночных цен объектов недвижимости при помощи построения нейросетевой модели, которая включает в себя качества статических и динамических моделей за счет использования макроэкономических факторов. Авторы построили (провели обучение, оптимизацию и тестирование) нейронную сеть, которая позволяет массово оценить жилую недвижимость по множеству параметров. Заключением исследования является

утверждение, что рост застройки жилой недвижимости в г. Екатеринбурге на 4% в краткосрочном периоде может привести к насыщению рынка жилья и снижению цен на жилье. Однако на рынке жилой недвижимости г. Перми аналогичное увеличение объема ввода жилой недвижимости не приводит к подобному эффекту. Кроме того, была подтверждена отличительная особенность моделей такого рода в отличие от статических нейросетевых моделей — отсутствие необходимости регулярной актуализации данных.

Моделирование объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости на российском рынке с учетом влияния макроэкономических факторов

В качестве зависимой переменной (y) авторами был выбран показатель объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости на российском рынке (тыс. кв. метров). В результате изучения ранее проведенных исследований в области статистического анализа и прогнозирования в качестве независимых переменных были определены следующие показатели:

- x_1 — уровень инфляции (%);
- x_2 — ставка рефинансирования (%);
- x_3 — среднедушевые денежные доходы населения (руб.);
- x_4 — стоимость фьючерса на нефть марки Brent (долл. США за баррель);
- x_5 — курс доллара США к рублю (руб. за 1 долл. США);
- x_6 — объем предоставленных ипотечных жилищных кредитов (млн руб.);
- x_7 — учетные цены на аффинированные драгоценные металлы (золото) (руб. за грамм).

С целью выявления сезонной составляющей и детерминированного тренда были проанализированы графики автокорреляционной (Autocorrelationfunction, ACF) и частной автокорреляционной функций (Partial ACF, PACF), а также графики сезонной волны зависимой переменной. Отмечено, что пики автокорреляционной функции приходятся на лаги, кратные 4 (4, 8 и далее). Указанные факты могут свидетельствовать о наличии квартальной сезонности показателя объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости на российском рынке. Результаты HEGY-теста [12] подтвердили данное предположение.

Зависимая переменная имеет минимальные значения в первом квартале и максимальные — в четвертом. Устойчивый рост вводимого в эксплуатацию жилья в четвертом квартале обусловлен в первую очередь особенностями финансового планирования. Следует отметить, что в Российской Федерации большая часть компаний завершает финансовый год именно в четвертом квартале. Подводя финансовые итоги, в интересах застройщика минимизировать объем незавершенных работ, а также произвести расчеты с подрядчиками.

Сезонность, присущая объему вводимого в эксплуатацию жилья, может быть сформирована и под влиянием особенностей строительного цикла. Например, бетонные работы согласно строительным нормам и правилам (СНиП) рекомендовано проводить при положительных температурных значениях. Существуют специальные составы (присадки), которые позволяют проводить бетонные работы при отрицательных температурных значениях, но их использование существенно повышает стоимость строительства и риски нарушения технологического процесса.

Наряду с зависимой переменной сезонность была выявлена у таких факторов, как: цена фьючерса на нефть марки Brent (x_4), курс доллара США (x_5) и цены на драгоценные металлы — золото (x_7).

Для проверки временных рядов на стационарность и определения порядка интегрируемости авторами был использован расширенный тест Дики — Фуллера (Augmented Dickey — Fuller test, ADF-тест). Переменная цены фьючерса на нефть марки Brent (x_4) изначально является стационарным процессом. Остальные независимые переменные имеют первый порядок интегрируемости и являются разностно-стационарными процессами (кроме прироста цены на драгоценные металлы — золото (x_7) — процесс тренд-стационарен). Установлен второй порядок интегрируемости зависимой переменной.

На основе подхода Энгла — Грейнджера тестировалось наличие коинтеграции у используемых переменных. В рамках исследования рассматривалась попарная причинно-следственная связь с участием зависимой переменной, так как интерес представляет влияние факторов на объем ввода в эксплуатацию жилой недвижимости (y). Было установлено отсутствие коинтеграции между зависимой и независимыми переменными.

Исходя из результатов проведенных тестов, было принято решение об использовании ARMAX (1, 0)-модели [13 и 14]. Так как согласно результатам проведенного ADF-теста переменная (y) становится стационарной только после взятия второй разности, то в качестве зависимой переменной в рассматриваемой модели был использован временной ряд второй разности исходного показателя зависимой переменной (d_d_y). Кроме того, ARMAX-модель была выбрана по причине отсутствия необходимости одинакового порядка интегрируемости у переменных.

Как было указано ранее, зависимая переменная имеет квартальную сезонность. Поэтому в модель были введены фиктивные переменные dq_2 , dq_3 и dq_4 для ее обозначения.

Первичная модель регрессии методом наименьших квадратов (МНК) с включением всех факторов имела автокорреляцию. Для ее устранения была построена новая модель с увеличением лаговой структуры. В модель вошла переменная значения двойной разности исходного показателя зависимой переменной в предыдущем квартале ($d_d_y_1$).

Уровень инфляции (x_1), ставка рефинансирования (x_2) и среднедушевые доходы населения (x_3) оказались статистически незначимы. Они были исключены из модели, хотя ARMAX-модели не предполагают наличия только значимых переменных (см. таблицу 3).

Отсутствие значимого влияния среднедушевых доходов населения (x_3) на изменение объемов вводимого в эксплуатацию жилья ($d_d_y_1$) обусловлено сложностью и изменением с 1 июля 2019 г. финансовых отношений между застройщиком и покупателем. Введение эскроу-счетов явилось средством защиты покупателей от невыполнения обязательств со стороны застройщика. У застройщика появляется возможность снизить процент по ипотеке в случае высокого спроса на квартиры на этапе строительства. Среднедушевые доходы населения в смысле уровня жизни существенно не изменились. Корректнее будет говорить об изменении взаимодействия застройщиков, банков и покупателей. Кроме того, развитие государственных программ по поддержке ипотечного кредитования (в том числе льготного) способствует повышению спроса на жилую недвижимость. Доля ипотечного кредитования увеличивается с каждым годом. Среднедушевые доходы населения (домохозяйств) повлияют на условия догово-

Сводные результаты по ARMAX (1, 0)-модели объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости на российском рынке

Показатель	Коэффициент	Стандартная ошибка	Уровень значимости
Константа	-26 393,2	4 371,12	0,00***
Абсолютный прирост курса доллара США к рублю (первая разность – d_x)	0,0099	0,0047	0,04**
Фиктивная переменная для II квартала (dq_2)	22 852	9 177,09	0,02**
Фиктивная переменная для III квартала (dq_3)	39 695	3 248,16	0,00***
Фиктивная переменная для IV квартала (dq_4)	39 181,3	5 974,20	0,00***
Предыдущее значение изменения абсолютного прироста объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости (вторая разность зависимой переменной – $d_d y_{-1}$)	-0,64	0,137	0,00***
Стоимость фьючерса на нефть марки Brent (x_4)	562,06	327,2	0,09*
Абсолютный прирост учетных цен на аффинированные драгоценные металлы – золото (первая разность – d_x)	-0,26	0,46	0,185
Абсолютный прирост объема предоставленных ипотечных жилищных кредитов (первая разность – d_x)	-0,23	1,65	0,198
Данные по модели: $R^2_{\text{скорр.}} = 0,78$; AIC = 739,8; BIC = 765; F-тест: p-value = 0,000			

Примечание. * – подтвержденная значимость на уровне 0,1 ($p \leq 0,1$); ** – подтвержденная значимость на уровне 0,05 ($p \leq 0,05$); *** – подтвержденная значимость на уровне 0,01 ($p \leq 0,01$).

Источник: расчеты авторов.

ра по ипотечному кредитованию: размер и период выплат. Если говорить о более раннем временном периоде (до ввода эскроу-счетов), то следует учитывать низкий уровень развития ипотечного кредитования с высокими процентными ставками, что не могло повлечь роста объемов строительства за счет средств населения.

На изменение объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости наиболее существенно влияют факторы: сезонность, предыдущее значение зависимой переменной, а также изменение курса доллара США. При увеличении изменения курса доллара США на единицу растет изменение прироста объема ввода жилой недвижимости на 9,9 кв. метра. С ростом предыдущего изменения прироста зависимой переменной на единицу значение изменения абсолютного прироста объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости снижается на 640 кв. метров. Стоимость фьючерса на нефть марки Brent положительно влияет на изменение объема вводимого жилья: при увеличении стоимости указанной ценной бумаги на 1 доллар США зависимая переменная увеличивается на 562,06 тыс. кв. метров.

Взаимосвязь между стоимостью фьючерса на нефть марки Brent и показателями рынка недвижимости не очевидна на первый взгляд. Россия – страна, где добыча и экспорт нефти занимают главенствующую роль в экономике. Доходы от продажи сырья могут поступать в экономику страны разными путями. Нефтя-

ные и газовые компании, обладая большими финансовыми ресурсами (в том числе земельными активами) инвестируют в различные сферы экономики страны. От стоимости одного барреля нефти в той или иной степени зависит и главный документ страны – бюджет, часть которого расходуется в том числе и на развитие жилищного строительства. В период высоких доходов (при максимальных ценах на нефть) необходимы дополнительные инвестиционные инструменты – например, рынок недвижимости. Кроме того, до введения беспрецедентных санкций со стороны недружественных государств в России была высока доля импорта (в том числе и на строительном рынке). Стоимость импортных товаров зависит от курса валюты, который в свою очередь определяют объем и цена проданной нефти.

Модель ARMAX (1, 0) обладает значимой объясняющей способностью. Вариация объема введенной в эксплуатацию жилой недвижимости объясняется вариацией вошедших в нее переменных на 78% ($R^2_{\text{скорр.}} = 0,78$). С вероятностью 0,95 можно утверждать об отсутствии автокорреляции (LM-тест, p-value = 0,432) и гетероскедастичности (тест Уайта, p-value = 0,448), о распределении остатков модели по нормальному закону (p-value = 0,972).

Средняя процентная ошибка в ARMAX (1, 0)-модели свидетельствует о существенном занижении модельных значений (MPE = 20%).

Значение средней абсолютной ошибки в процентах не превышает порог удовлетворительных прогностических свойств модели — 10% (MAPE = -9,7%).

ARMAX-модели не требуют присутствия исключительно значимых независимых переменных. Оценка коэффициентов регрессии показателей абсолютных приростов учетных цен на аффинированные драгоценные металлы — золото (d_{x_7}) и объема предоставленных ипотечных жилищных кредитов (d_{x_6}) формально признаны незначимыми. Однако авторами принято решение сохранить их в модели для повышения ее информативности.

Заключение

Первичный рынок жилой недвижимости в России продолжает развиваться несмотря на возникающие сдерживающие факторы внутри страны и за ее пределами. За период 2010–2021 гг. объем ввода в эксплуатацию жилья в среднем ежегодно увеличивался на 5,1%. По данным 2021 г. наиболее активно развивающимися регионами по вводу в действие общей площади жилых домов на 1000 человек населения являются: Ленинградская, Калининградская, Московская области, Краснодарский край, а также Липецкая, Тюменская и Сахалинская области.

Спрос со стороны населения поддерживается государственными программами льготного ипотечного кредитования. Наблюдается рост среднего размера квартир. По состоянию на июль 2022 г. среди строящегося жилья наиболее востребованы одно- и двухкомнатные квартиры.

Особенности географического расположения страны благоприятно сказываются на высоком уровне конкуренции на первичном рынке жилой недвижимости России с высоким числом небольших компаний. К крупнейшим игрокам можно отнести топ-3 девелоперов, которые ведут строительную деятельность в наиболее экономически активных регионах (г. Москва, Московская область, г. Санкт-Петербург, Ленинградская область, Краснодарский край). Компании-застройщики г. Москвы и Московской области сконцентрированы на строительстве однокомнатных и двухкомнатных квартир примерно в равных долях от объемов строительства. На рынках г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области предложение ориентировано на преимущественно однокомнатные квартиры.

На фоне растущего спроса и повышающихся цен на жилую недвижимость в новостройках доступность квадратных метров в пересчете на доходы населения снижается.

По результатам моделирования можно отметить, что показатель объема ввода в эксплуатацию жилой недвижимости в большей степени зависит от предыдущего значения двойной разности исходного показателя, сезонной составляющей и изменения курса доллара США. Полученная модель по прогнозированию свидетельствует о достижении в 2022 г. объемов жилой недвижимости, введенной в эксплуатацию, уровня 2020 г. — более 80 млн кв. метров.

В целом модели SARIMA (2, 2, 0) (2, 2, 0)₄ и ARMAX (1, 0) обладают удовлетворительными прогностическими свойствами и могут быть применены на практике. В условиях относительно стабильной экономики целесообразно применение модели SARIMA (2, 2, 0) (2, 2, 0)₄. На экономические и политические колебания незамедлительно реагируют макроэкономические показатели. В этом случае применима модель ARMAX (1, 0).

Авторы планируют продолжить исследование в области оценки влияния макроэкономических показателей на основные маркеры первичного рынка жилой недвижимости в России.

Литература

1. Сведения о рынке ипотечного жилищного кредитования в России // Информационный бюллетень. Статистические показатели. Банк России. 2022. Том 6. № 26. 60 с.
2. Жилищное строительство // Аналитическая записка. Банк России. 2021. Том 1. № 4. 37 с.
3. Radonjić M. et al. The Impact of Macroeconomic Factors on Real Estate Prices: Evidence from Montenegro // Ekonomski Pregled. 2019. Vol. 70. No. 4. P. 603–626.
4. Gökçent G., Ucal M.S. Macroeconomic Factors Affecting Real Estate Markets in Turkey: A VAR Analysis Approach // Briefing Notes in Economics. 2009. No. 80.
5. McCue T.E., Kling J.L. Real Estate Returns and the Macroeconomy // The Journal of Real Estate Research. 1994. Vol. 9. No. 3. P. 277–287.
6. Chaudhry M.K., Rohan A.C., William H.C. Long-Term Structural Price Relationships in Real Estate Markets // Journal of Real Estate Research. 1999. Vol. 18. No. 2. P. 335–354.
7. Lorenz F. et al. Interpretable Machine Learning for Real Estate Market Analysis // Real Estate Economics. 2022. P. 1–31.
8. Potrawa T., Teterewa A. How Much Is the View from the Window Worth? Machine Learning-Driven Hedonic

Pricing Model of the Real Estate Market // *Journal of Business Research*. 2022. Vol. 144. No. 1. P. 50–65.

9. **Tchuente D., Nyawa S.** Real Estate Price Estimation in French Cities Using Geocoding and Machine Learning // *Annals of Operations Research*. 2022. Vol. 308. No. 1. P. 571–608.

10. **Yu Y.** et al. Research on Real Estate Pricing Methods Based on Data Mining and Machine Learning // *Neural Computing and Applications*. 2021. Vol. 33. No. 9. P. 3925–3937.

11. **Ясницкий Л.Н., Ясницкий В.Л.** Разработка и применение комплексных нейросетевых моделей массовой оценки и прогнозирования стоимости жилых

объектов на примере рынков недвижимости Екатеринбурга и Перми // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. 2017. Том 3. № 186. С. 68–84.

12. **Hylleberg S.** et al. Seasonal Integration and Cointegration // *Journal of Econometrics*. 1990. Vol. 44. No. 1–2. P. 215–238.

13. **Магнус Я.Р., Пересецкий А.А., Катышев П.К.** Эконометрика. Начальный курс: Учеб. 9-е изд., испр. М.: Издательский дом «Дело», 2021. 504 с.

14. **Подкорытова О.А., Соколов М.В.** Анализ временных рядов: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2017. 267 с.

Информация об авторах

Звездина Наталья Валерьевна – канд. экон. наук, доцент, доцент департамента статистики и анализа данных, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». 109028, г. Москва, Покровский б-р, д. 11. E-mail: nat-zvezdina@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7423-9127>.

Сараев Антон Валерьевич – стажер-аналитик, Cooper Vision. 123112, г. Москва, Пресненская набережная, д. 6, стр. 2. E-mail: antonsaraev2012@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0033-7685>.

References

1. Information about Housing (Mortgage) Loan Market in Russia. *Bank of Russia Information Bulletin. Statistical Indicators*. 2022;6(26):60. (In Russ.)

2. Housing Construction. *Bank of Russia Analytical Notes*. 2021;1(4):37. Moscow. (In Russ.)

3. **Radonjić M.** et al. The Impact of Macroeconomic Factors on Real Estate Prices: Evidence from Montenegro. *Ekonomski Pregled*. 2019;70(4):603–626.

4. **Gökkent G., Ucal M.S.** Macroeconomic Factors Affecting Real Estate Markets in Turkey: A VAR Analysis Approach. *Briefing Notes in Economics*. 2009;(80).

5. **McCue T.E., Kling J.L.** Real Estate Returns and the Macroeconomy. *The Journal of Real Estate Research*. 1994;9(3):277–287.

6. **Chaudhry M.K., Rohan A.C, William H.C.** Long-Term Structural Price Relationships in Real Estate Markets. *Journal of Real Estate Research*. 1999;18(2):335–354.

7. **Lorenz F.** et al. Interpretable Machine Learning for Real Estate Market Analysis. *Real Estate Economics*. 2022;00:1–31.

8. **Potrawa T., Tetereva A.** How Much Is the View from the Window Worth? Machine Learning-Driven Hedonic

Pricing Model of the Real Estate Market. *Journal of Business Research*. 2022;144:50–65.

9. **Tchuente D., Nyawa S.** Real Estate Price Estimation in French Cities Using Geocoding and Machine Learning. *Annals of Operations Research*. 2022;308(1):571–608.

10. **Yu Y.** et al. Research on Real Estate Pricing Methods Based on Data Mining and Machine learning. *Neural Computing and Applications*. 2021;33(9):3925–3937.

11. **Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L.** Development and Application of Complex Neural Network Models of Mass Assessment and Forecasting of the Cost of Residential Objects on the Example of Real Estate Markets in Yekaterinburg and Perm. *Property Relations in the Russian Federation*. 2017;3(186):68–84. (In Russ.)

12. **Hylleberg S.** et al. Seasonal Integration and Cointegration. *Journal of Econometrics*. 1990;44(1-2):215–238.

13. **Magnus Ya.R., Peresetsky A.A., Katyshev P.K.** *Econometrics. Beginner Course: Textbook*. 9th Ed., Revised. Moscow: Delo Publ.; 2021. 504 p. (In Russ.)

14. **Podkorytova O.A., Sokolov M.V.** *Time Series Analysis: A Study Guide for Bachelor's and Master's Degrees*. 2nd Ed., Rev. and Add. Moscow: Yurayt Publishing House; 2017. 267 p.

About the authors

Nataliya V. Zvezdina – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor; Associate Professor, Department of Statistics and Data Analysis, National Research University Higher School of Economics (HSE University). 11, Pokrovsky Bulvar, Moscow, 109028, Russia. E-mail: nat-zvezdina@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7423-9127>.

Anton V. Saraev – Analyst, Cooper Vision. 6, Presnenskaya Embankment, Bldg. 2, Moscow, 123112, Russia. E-mail: antonsaraev2012@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0033-7685>.