

В. А. Гуртов, А. А. Яковлева

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ВЫПУСКНИКОВ ШКОЛ 9-х И 11-х КЛАССОВ

Построены и описаны регрессионные модели зависимостей между численностью учащихся, обучающихся в первых классах, учащихся, оканчивающих 9-е и 11-е классы общеобразовательной школы, и числом родившихся детей. На основе регрессионного анализа сформирован прогноз числа выпускников средней и общей школы на период с 2010 по 2020 г.

Ключевые слова: выпускники 9-х и 11-х классов общеобразовательных школ, рождаемость, регрессионный анализ временных рядов.

V. A. Gurtov, A. A. Yakovleva

Forecasting the number of basic and complete secondary school graduates

Regression models of dependence between the number of the first grade pupils, the number of basic and complete secondary school graduates on one side and the birth rate with a time shift on the other side are investigated and described. On basis of the regression analysis, a forecast of the number of basic and complete secondary school graduates for years 2010-2020 has been made.

Keywords: secondary school graduates, birth rate, regression analysis of time series.

Для системы профессионального образования факторы, связанные с рождаемостью, играют определяющую роль в прогнозировании численности студенческого контингента. Резкое сокращение рождаемости в 1988–1992 гг. в Российской Федерации затронуло сначала систему дошкольного и школьного образования, а затем и систему профессионального образования [1, 12]. Выпускники 9-х и 11-х классов общеобразовательных школ являются базовой составляющей при формировании приемов в высшие учебные заведения и учреждения профессионального образования других уровней.

Прогнозирование численности выпускников основной и полной общей школы на основе данных о рождаемости уже проводилось [2, 3], но эконометрический анализ прогнозных показателей в должной мере выполнен не был.

Рождаемость и первоклассники

При прогнозировании числа учащихся первых классов общеобразовательных школ необходимо учитывать характер зависимости между этим показателем и рождаемостью на основе анализа временных рядов [4]. Согласно федеральному закону «Об образовании»¹, обучение детей в образовательных учреждениях, реализующих программы начального общего образования, начинается по достижении ими возраста 6,5 лет, но не позже достижения ими возраста 8 лет. Таким образом, при прогнозировании контингента учеников первых классов общеобразовательных школ необходимо учитывать уро-

¹ Закон РФ «Об образовании» от 10.07.1992 г. № 3266-1 (с изм. и доп., вступающими в силу с 29.01.10 г.)

вень рождаемости шесть, семь и восемь лет назад.

Были проанализированы фактические данные о рождаемости (1986–2003 гг.) и численности учащихся первых классов (1991/92–2008/09 уч. г.). Коэффициент корреляции временных рядов с численностью первоклассников и рождаемостью со сдвигом в 5, 6, 7, 8 и 9 лет составлял от 0,92 до 0,99.

Максимальное значение коэффициента корреляции 0,99 соответствовало временному сдвигу на 7 лет. Далее было решено использовать линейную регрессионную модель $y = a_0 + a_1x$, где регрессионный коэффициент равен 0 для сохранения адекватности модели.

Расчитанный на основе линейной регрессионной модели коэффициент, связывающий число первоклассников и рождаемость со сдвигом на семь лет, оказался равным 1,03. Значение коэффициента регрессии, большее единицы, неадекватно, поскольку показывает, что контингент первоклассников превышает общую рождаемость, зафиксированную семь лет ранее. Отсюда следует, что, несмотря на высокий коэффициент корреляции, строить прогноз численности первоклассников на основе предшествующей (семь лет назад) рождаемости некорректно.

Для корректного учета зависимости числа учащихся первых классов и родившихся в дальнейшем использовалась множественная линейная регрессия. Выборка разбивается на два периода: обучающая (учащиеся с 1990/91 по 1998/99 уч. г. и рождаемость с восьмилетним, семилетним и шестилетним сдвигом соответственно) и контрольная (с 1999/00 по 2008/09 уч. г.). Оказалось, что ученики, пошедшие в 1-й класс в возрасте восьми лет, вносят незначительный вклад в общий контингент первоклассников (около 2,5 %):

$$K_t = 0,18 \cdot X_{t-6} + 0,79 \cdot X_{t-7} + 0,03 \cdot X_{t-8}, \quad (1)$$

где K_t — число учащихся первых классов; X_{t-6} — число родившихся на 6 лет ранее; X_{t-7} — число родившихся на 7 лет ранее.

Множественная линейная регрессия зависимости числа учащихся первых классов на период с 1991/92 по 2008/09 уч. г. от родившихся семь и шесть лет назад показала более точный результат: средняя ошибка аппроксимации на постпрогнозе составила 2,2 % против 3 % при моделировании методом множественной линейной регрессии от трех переменных. Регрессионное уравнение, описывающее эту связь, имело вид:

$$K_t = 0,19 \cdot X_{t-6} + 0,81 \cdot X_{t-7}, \quad (2)$$

где K_t — число учащихся первых классов; X_{t-6} — число родившихся на 6 лет ранее; X_{t-7} — число родившихся на 7 лет ранее.

Уравнение (1) можно интерпретировать следующим образом: примерно каждый пятый первоклассник пошел в школу в шесть лет, остальные же пошли в школу в семь лет.

Аналогичный алгоритм был использован для формирования прогнозной численности учащихся первых классов в 2010–2020 гг. В качестве обучающей выборки бралось число первоклассников с 1996 по 2009 г. и строилась множественная регрессия от родившихся шесть и семь лет назад — с 1980 по 1993 г. соответственно. На рис. 1 приведены как фактические, так и прогнозные данные о численности первоклассников, а также фактическая (до 2009 г.) и прогнозная [5] численность родившихся детей.

Из данных рис. 1 видно, что показатель численности первоклассников почти равен показателю рождаемости, отмеченному семь лет назад, но на некоторых временных интервалах (в области фактических данных) превышает рождаемость. Эти графики еще раз иллюстрируют тот факт, что значительный вклад в контингент (около 1/5 части согласно (1)) вносят дети, идущие в 1-й класс в возрасте 6 лет.

Рождаемость и численность выпускников девятых классов

Основное общее образование в РФ является обязательным согласно п. 3 Федерального закона от 21.07.07 г. № 194-ФЗ². Таким образом, должна присутствовать зависимость между числом обучающихся, окончивших 9-й класс, и рождаемостью, со сдвигом на определенное количество лет. Для выявления такой зависимости необходимо определить, рожденные в какой период заканчивают 9-й класс в анализируемом году. Во-первых, следует учесть тот факт, что возраст поступающих в 1-й класс общеобразовательной школы может колебаться в интервале от шести до восьми лет. Во-вторых, надо помнить, что численность обучающихся, окончивших 9-й класс, указывается в статистических отчетах на учебный год и соответствует концу календарного года. В-третьих, необходимо проанализировать длительность обучения в общей школе. На настоящий

² Федеральный закон о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с установлением обязательности общего образования (№ 194-ФЗ). Принят Государственной думой 6 июля 2007 г. Одобрен Советом Федерации 11 июля 2007 г.

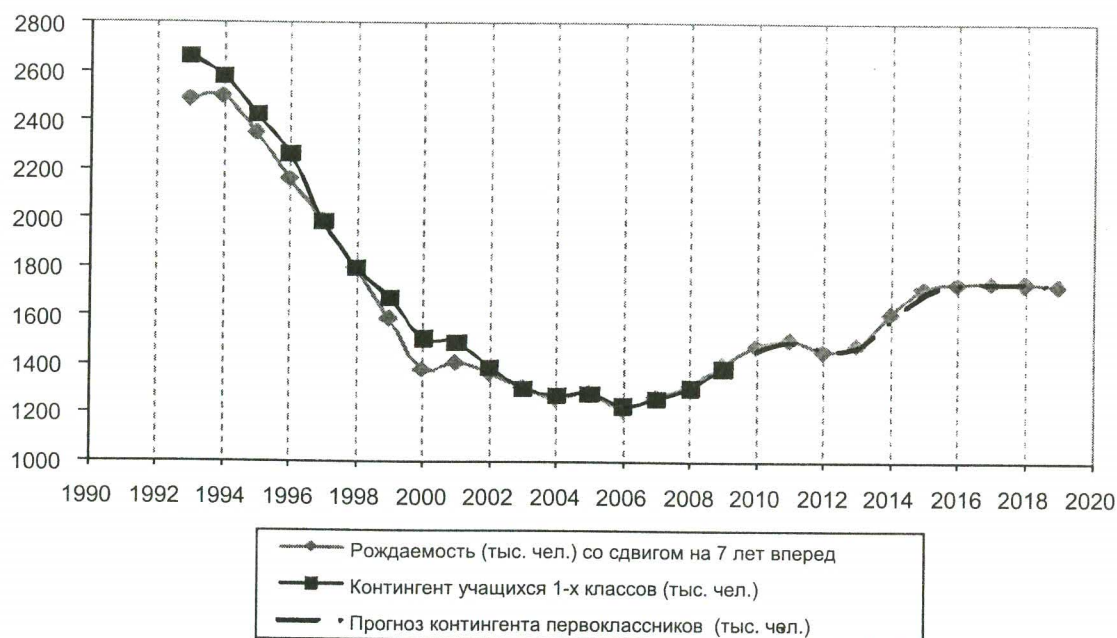


Рис. 1. Рождаемость, фактические и прогнозные данные о численности учащихся первых классов

момент длительность обучения в общей школе (т. е. период между поступлением в 1-й класс и получением аттестата об основном общем образовании) составляет 9 лет. Однако необходимо учесть, что повсеместное четырехлетнее обучение в начальной школе в РФ введено совсем недавно. В решении Коллегии Минобразования России о проблемах и перспективах развития начального образования в Российской Федерации³ было рекомендовано «осуществить постепенный переход на четырехлетнее начальное образование до 2001 года». Однако данная рекомендация была выполнена только частично.

Для установления периода обучения между поступлением в 1-й класс начальной школы и окончанием девятого класса общей школы были рассчитаны коэффициенты корреляции временных рядов численности выпускников 9-х классов и детей, родившихся 13, 14, 15, 16 и 17 лет назад. Полученные значения коэффициента корреляции для различных сдвигов находились в диапазоне от 0,77 до 0,98. Максимальное значение коэффициента корреляции составлял для временного сдвига в 15 лет и равнялся 0,98.

Также был проведен регрессионный анализ. Линейная регрессионная модель дает зависимость количества выпускников 9-го класса в пе-

риод с 1995/96 по 2008/09 уч. г. от количества детей, родившихся 15 лет назад, в виде:

$$B9_t = 0,9 \cdot X_{t-15}, \quad (2)$$

где $B9_t$ — число выпускников 9-х классов; X_{t-15} — число родившихся на 15 лет ранее.

Множественная линейная регрессия зависимости числа выпускников 9-го класса в период с 1995/96 по 2008/09 уч. г. от числа родившихся на 15 и 14 лет ранее имеет вид:

$$B9_t = 0,13 \cdot X_{t-14} + 0,75 \cdot X_{t-15}, \quad (3)$$

где $B9_t$ — число выпускников 9-х классов, X_{t-14} — число родившихся на 14 лет ранее; X_{t-15} — число родившихся на 15 лет ранее.

Анализ оценки прогноза и оценки построгоноза, средних относительных ошибок в процентах и средних абсолютных отклонений показал, что лучший результат дает линейная регрессия от одной переменной (числа родившихся 15 лет назад). Средняя ошибка аппроксимации в случае регрессии от одной переменной составила 2,8 %, а в случае множественной регрессии — 3,9 %.

На рис. 2 приведен график динамики численности выпускников 9-х классов (2010–2020 гг.), построенный по уравнению (2).

Прогнозирование численности выпускников одиннадцатых классов

Как известно, полное общее образование не является обязательным в Российской Федерации.

³ О проблемах и перспективах развития начального образования в Российской Федерации : решение Коллегии Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации от 11 декабря 1996 г.

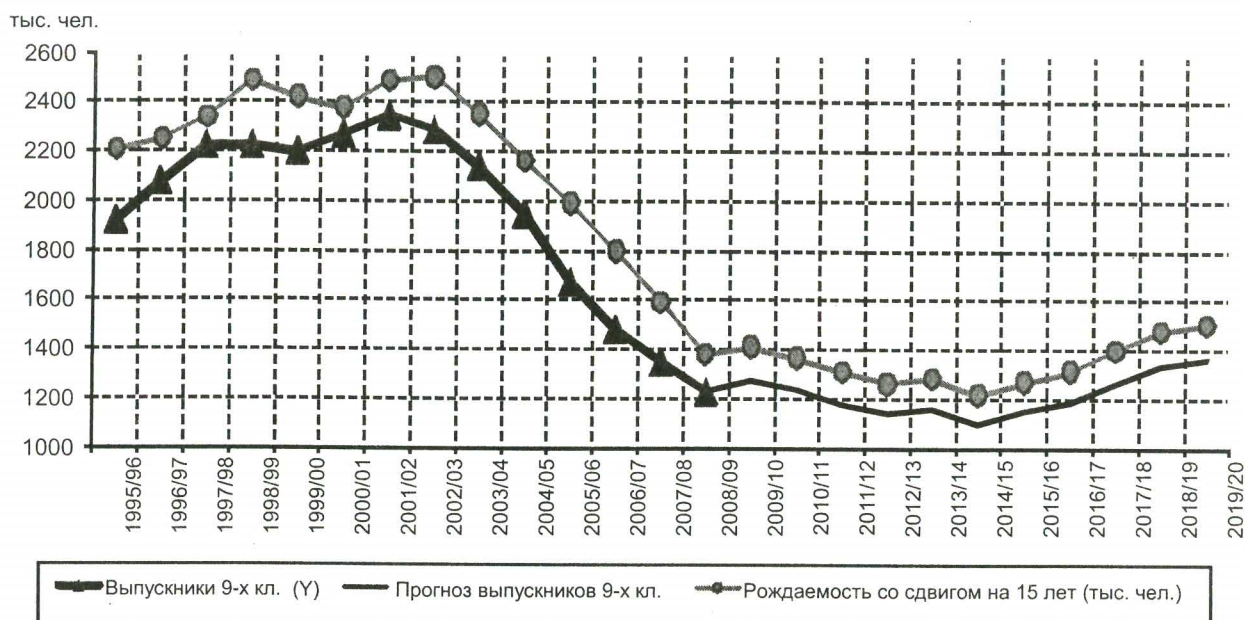


Рис. 2. Рождаемость, фактические и прогнозные данные о численности выпускников девятого класса

По этой причине построение модели, описывающей зависимость числа выпускников 11-х и 12-х классов от рождаемости, является достаточно сложной задачей. Более логичным представляется определение зависимости числа выпускников школ 11-х классов от числа выпускников 9-х классов. Аттестат о полном общем образовании получают лица, окончившие 11 или 12 классов, однако выпускники 12-х классов составляют менее 0,03 % общего выпуска, что делает их число статистически незначимой величиной. Поэтому далее в расчетах принимается во внимание лишь число учащихся, окончивших 11-е классы.

Для анализа зависимости между выпускниками 9-х классов и следующими через два года выпускниками 11-х классов был проведен анализ временных рядов с фактическими данными по выпускникам 9-х и 11-х классов за период с 1998/99 по 2008/09 уч. г. Методом линейной регрессии был найден коэффициент, связывающий число обучающихся, окончивших 11-й класс, с числом обучающихся, закончивших 9-й класс на два года ранее:

$$B9_t = 0,653 \cdot B9_{t-2}, \quad (4)$$

где $B9_t$ — число выпускников одиннадцатых классов; $B9_{t-2}$ — число выпускников девятого класса на два года ранее.

Средняя ошибка аппроксимации с использованием уравнения (4) на постпрогнозе составила менее двух процентов (1,88 %).

На рис. 3 представлены результаты расчета на основе уравнения (4) прогнозной численности выпускников 11-х классов на период до 2020 г.

Для наглядности на рис. 4 представлены все четыре кривые — рождаемости, контингента первоклассников, а также выпускников девятого и одиннадцатых классов, каждая с соответствующим сдвигом (на 7, 15 и 17 лет). На сводном графике видна корреляция между всеми четырьмя рядами данных. Обращает на себя внимание тот факт, что численность выпускников 9-х классов во всем временном интервале ниже, чем численность учащихся первых классов.

Выбытие школьников на протяжении первых девяти лет обучения

Регрессионный анализ показал, что количество выпускников 9-х классов с коэффициентом 0,9 определяется рождаемостью, а число учеников первых классов с высокой точностью соответствует числу родившихся детей. Следовательно, количество выпускников 9-х классов будет ниже, чем число учащихся первых классов. Это выбытие было рассчитано как разница между числом обучающихся, окончивших девятый класс, и контингентом первоклассников, обучавшихся восемь годами ранее. Приведем эти данные (см. таблицу).

Как следует из таблицы, среднее число выбывших школьников за последние 4 года составляет 162 тыс. человек в год. Для дополнительного

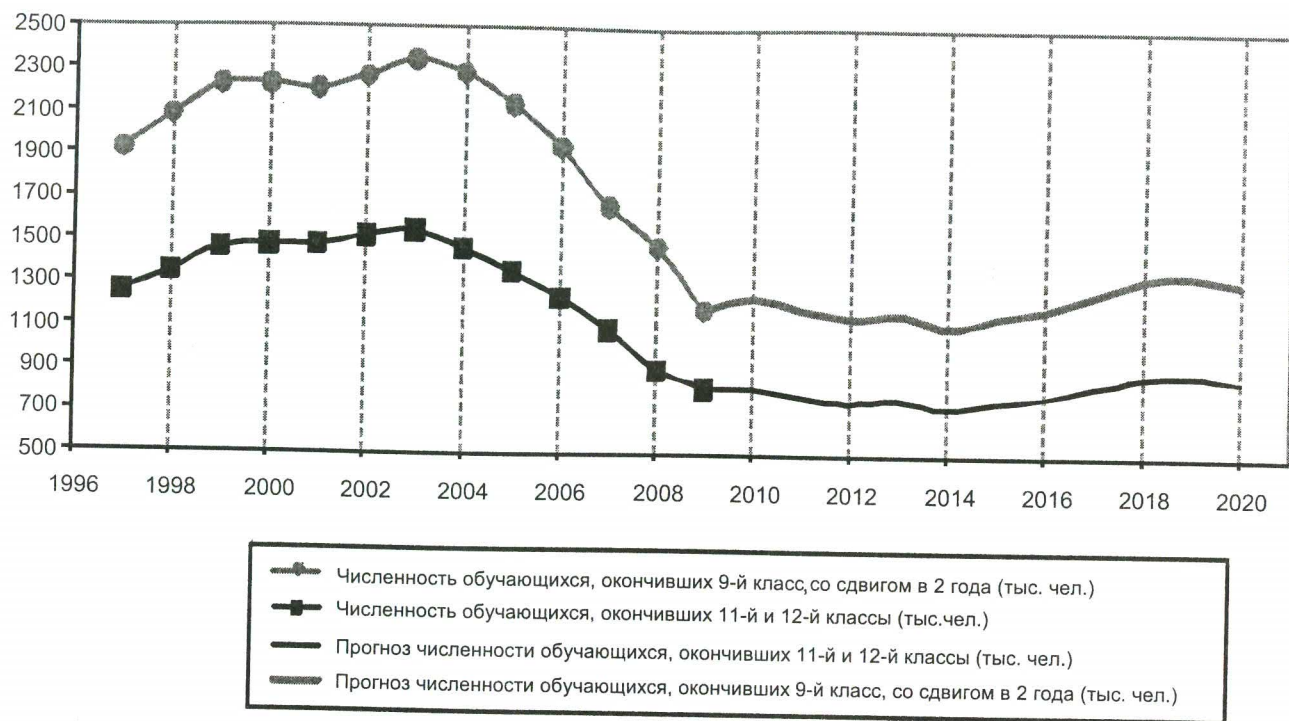


Рис. 3. Прогноз числа выпускников 11-х классов

Выбытие учащихся из основной общей школы

Годы	Выбытие, тыс. чел.
1998–2006	126
1999–2007	195
2000–2008	162
2001–2009	163

анализа расхождения между численностью учащихся 1-го и 9-го классов был проведен расчет изменения численности учащихся при переходе из класса в класс на основании данных статистической отчетности [6–10].

На рис. 5 показано ежегодное выбытие по классам за 5 учебных лет — с 2005/06 по 2009/10 уч. г. Под «разницей 1 и 2» подразумевается разница (абсолютная величина) между контингентом первоклассников и контингентом второклассников на один год ранее. Аналогично рассчитана разница и по другим классам.

Наибольшая численность выбывших (30 тыс. человек) приходится на последний год — 9-й класс. В анализируемый период наблюдается постоянное уменьшение численности школьников при переходе из класса в класс, хотя в последние годы эта тенденция ослабевает. Исключение составляет переход из 4-го в 5-й класс, когда число пятиклассников возрастает по отношению к четвероклассникам. Контингент четвероклассников превышает контингент пятиклассников по при-

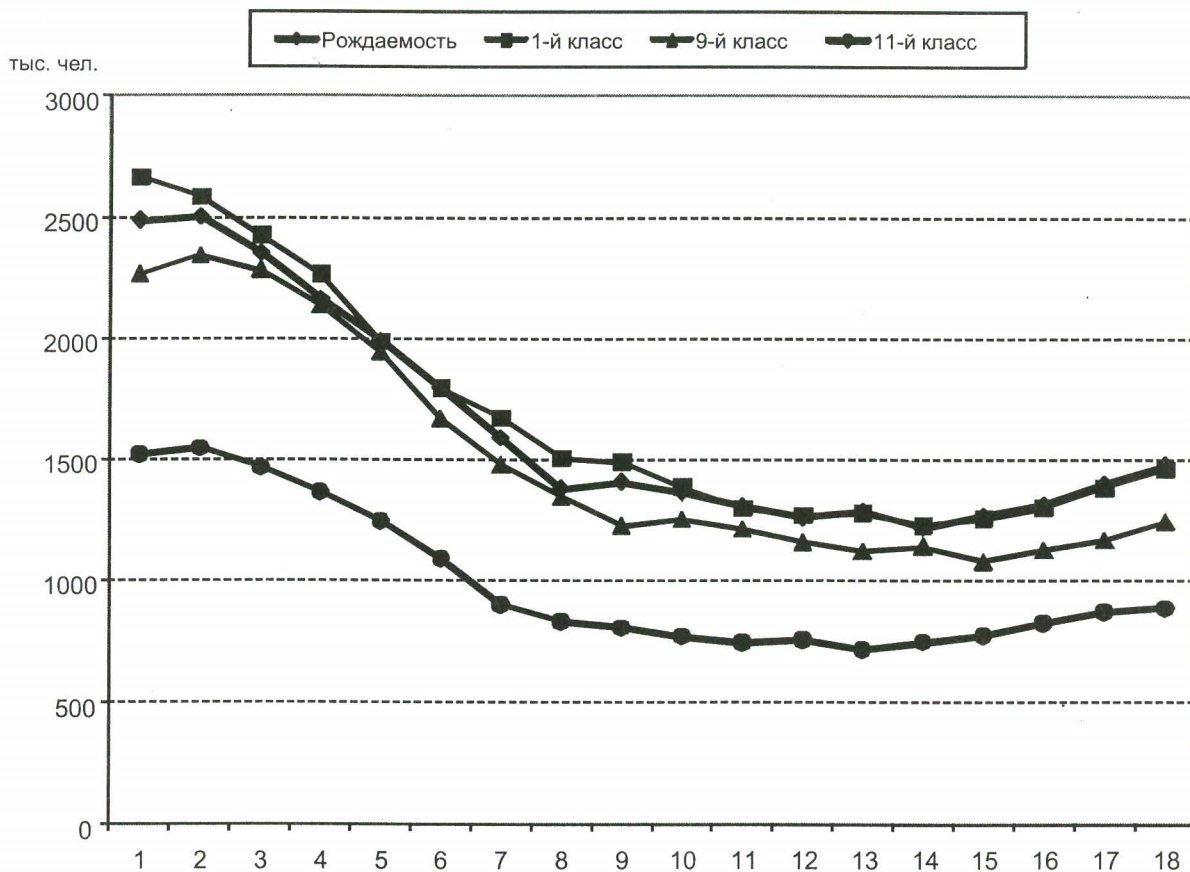
чине неполного перехода на четырехлетнее обучение в начальной школе, до сих пор остается значительное число образовательных учреждений, в которых выпускники третьих классов идут сразу в пятый класс. Однако, судя по динамике выбытия при переходе из третьего в четвертый и из четвертого в пятый класс, ситуация постепенно выравнивается.

Из ежегодного выбывающих 160 тыс. школьников 20 тыс. человек выбывают по болезни, такое же число — в связи со смертностью [11]. Более детально эту структуру в настоящее время описать не представляется возможным.

Выводы

Для системы профессионального образования факторы, связанные с рождаемостью, играют определяющую роль. Последствия демографического спада, начавшегося в конце 80-х гг. прошлого века, в настоящее время проявляются в снижении числа выпускников школ и, как следствие, снижении приема в учреждения профессионального образования.

Найденные с помощью регрессионного анализа соотношения с высокой точностью описывают зависимости временных рядов числа учащихся первых классов, выпускников 9-х и 11-х классов школ от численности родившихся и дают возможность спрогнозировать поведение этих ря-



Рождаемость ¹	год	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	тыс. чел.	2 486	2 500	2 349	2 161	1 989	1 795	1 588	1 379	1 408	1 364	1 305	1 260	1 283	1 215	1 267	1 312	1 397	1 477
1-й класс ²	год	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	тыс. чел.	2 665	2 584	2 426	2 264	1 987	1 794	1 673	1 506	1 491	1 387	1 300	1 270	1 279	1 228	1 256	1 302	1 383	1 459
9-й класс ³	год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	тыс. чел.	2 265	2 341	2 282	2 135	1 944	1 668	1 478	1 344	1 227	1 253	1 213	1 160	1 121	1 141	1 080	1 127	1 167	1 243
11-й класс ⁴	год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	тыс. чел.	1 519	1 546	1 466	1 365	1 246	1 088	899	832	806	771	744	758	718	748	775	825	872	887

Рис. 4. Число родившихся, учащихся первых классов (со сдвигом в 7 лет), выпускников 9-х и 11-х классов (со сдвигами в 15 и 17 лет соответственно):

¹ Рождаемость на конец календарного года.

² Контингент учащихся первых классов (по программе 10-летней школы, по программе 11- или 12-летней школы и организованных в дошкольных учреждениях) на конец календарного года.

³ Численность обучающихся, окончивших 9-й класс, на начало календарного года.

⁴ Численность обучающихся, окончивших 11-й и 12-й классы, на начало календарного года

дов в будущем. Использование множественной линейной регрессии позволяет учесть влияние рождаемости на число учащихся первых классов. Адекватность результата линейной регрессии подтверждена статистическим анализом оценки прогноза и оценки постпрогноза, средней относительных ошибок в процентах и средней абсолютных отклонений.

Согласно проведенному прогнозу, в период с 2010 по 2015 г. число выпускников 9-х и 11-х классов школ уменьшится до 750 тыс. чел., что является абсолютным минимумом за последние десятилетия. Этот факт необходимо учитывать при оценке будущих приемов в образовательные учреждения профессионального образования.

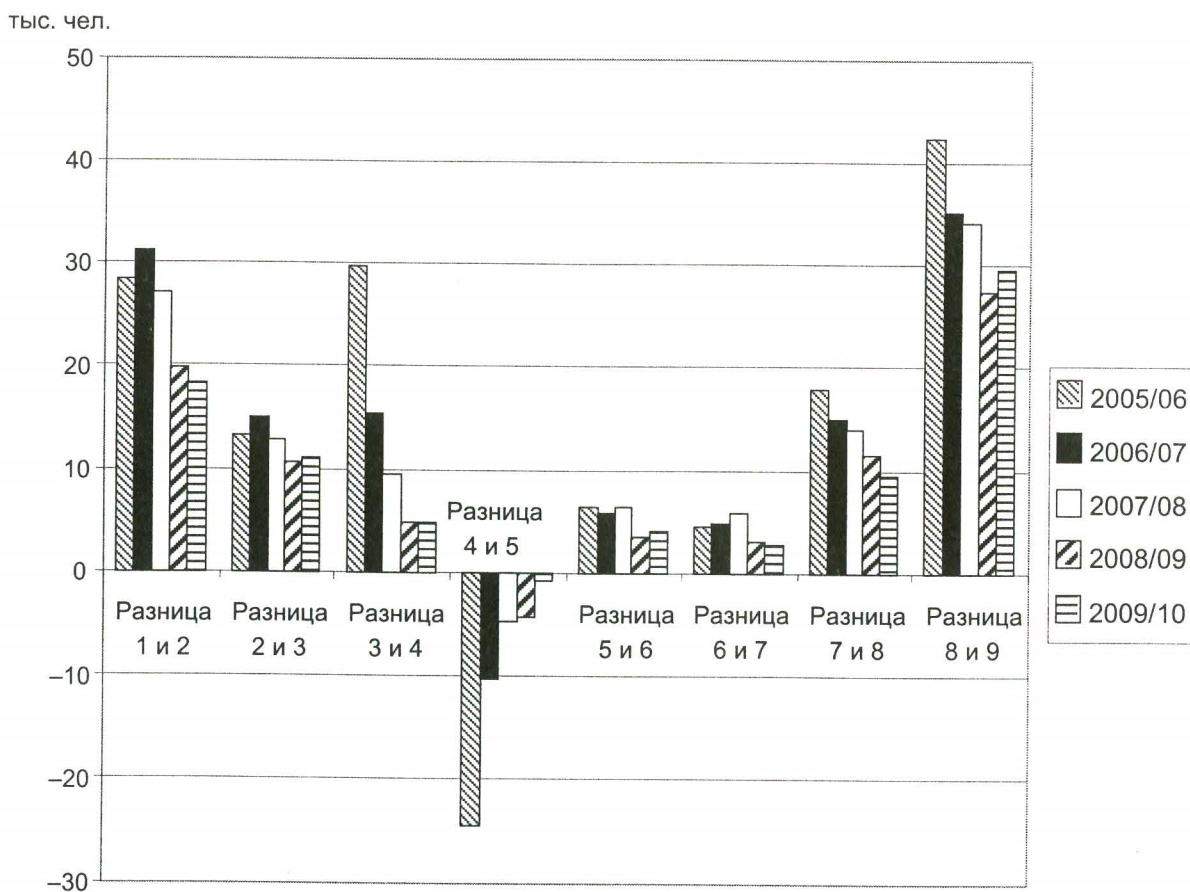


Рис. 5. Ежегодное выбытие по классам:

1 — количество выбывших первоклассников; 2 — количество выбывших второклассников; 3 — количество выбывших третьеклассников; 4 — количество выбывших четвероклассников; 5 — количество выбывших пятиклассников; 6 — количество выбывших шестиклассников; 7 — количество выбывших семиклассников; 8 — количество выбывших восьмиклассников; 9 — количество выбывших девятиклассников

1. Васильев В. Н., Гуртов В. А., Питухин Е. А. и др. Рынок труда и рынок образовательных услуг в субъектах Российской Федерации. М. : Техносфера, 2006. 680 с.

2. Гуртов В. А., Питухин Е. А. Моделирование потоков выпускников школ по регионам Российской Федерации // Четвертый Всероссийский симпозиум по прикладной и промышленной математике (осенняя сессия) : Обзорение прикладной и промышленной математики. М., 2003. Т. 10, вып. 2. С. 417–418.

3. Киселев А. Ф., Савельев А. Я., Сазонов Б. А. Образовательный потенциал России: состояние и развитие. М. : МГУП, 2004. 136 с.

4. Колемаев В. А. Эконометрика. М. : Инфра-М, 2007. 160 с.

5. Предположительная численность населения Российской Федерации до 2025 года : стат. бюл. / Федеральная служба гос. статистики. М., 2008. 235 с.

6. Сведения о дневных общеобразовательных учреждениях на начало 2005/2006 учебного года : Форма гос. статотчетности № 76-рик. М. : ГМЦ Росстата, 2006.

7. Сведения о дневных общеобразовательных учреждениях на начало 2006/2007 учебного года : Форма гос. статотчетности № 76-рик. М. : ГМЦ Росстата, 2007.

8. Сведения о дневных общеобразовательных учреждениях на начало 2007/2008 учебного года : Форма гос. статотчетности № 76-рик. М. : ГМЦ Росстата, 2008.

9. Сведения о дневных общеобразовательных учреждениях на начало 2008/2009 учебного года : Форма гос. статотчетности № 76-рик. М. : ГМЦ Росстата, 2009.

10. Сведения о дневных общеобразовательных учреждениях на начало 2009/2010 учебного года : Форма гос. статотчетности № 76-рик. М. : ГМЦ Росстата, 2010.

11. Сведения о численности детей и подростков в возрасте 7–18 лет, не обучающихся в образовательных учреждениях : Форма статотчетности № 1-НД. М. : ГМЦ Росстата, 2009.

12. Gurtov V. A., Vasiljev V. N. Education in the European north of Russian Federation. Regional features and trends in development // Proceeding of 5 Circumpolar universities cooperation conference «Circumpolar change. Building a future on experiences from the past». Lulea, Sweden, 1997. P. 605–612.