

*Е.А. Питухин, А.А. Семёнов*

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИЕМОВ, ВЫПУСКОВ И ЧИСЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

*В статье предложена математическая модель, позволяющая с высокой точностью на основе статистических данных осуществлять долгосрочное прогнозирование приемов, выпусков и численности обучающихся студентов в учреждениях профессионального образования на период до 2020 г.*

Прогнозирование приемов, контингентов и выпусков обучающихся в учреждениях профессионального образования является актуальной задачей. Выпускники системы профессионального образования – основной источник удовлетворения потребности в рабочей силе на рынке труда, и их численная прогнозная оценка служит основой расчета баланса трудовых ресурсов (БТР) на перспективный период. Кроме того, выпускники системы профессионального образования (ПО) вносят существенный вклад в приемы других ступеней профессионального образования, что необходимо учитывать при их оценке. Так, например, выпускники учреждений начального профессионального образования (НПО) текущего и прошлых лет составляют в приеме учреждений среднего профессионального образования (СПО) 8%, а выпускники СПО в приеме в учреждения высшего профессионального образования (ВПО) – 28%. Таким образом, для корректной оценки приемов, следует рассчитывать выпуск из учреждений системы ПО.

Прогнозирование численности обучающихся студентов позволяет в перспективе оценить объем государственных затрат на финансирование образования, которое для образовательных учреждений ВПО с 2011 г. становится подушевым.

**Концептуальная модель.** В построенных ранее моделях [1-3] численности выпускников образовательных учреждений профессионального образования (ОУ ПО) рассматривались как линейные функции от принятых с запаздыванием. При этом принималось допущение, что срок обучения для всех поступивших в образовательное учреждение лиц одинаков, независимо от формы обучения и выбранной специальности. Для НПО этот срок принимался равным двум годам, для СПО – четырем, для ВПО – пяти годам. При таком подходе требовались только данные о приеме и выпуске, что делало его достаточно простым для использования, однако затрудняло точную оценку численности обучающихся студентов. Например, в работе [4] предложена модель приема в ОУ ВПО на основе численности выпускников школ текущего и прошлого года, не учитывающая выпуски и приемы в ОУ НПО и СПО. Прием в СПО и ВПО существенно зависит от выпуска 11-х классов прошлых лет (в 2010 г. их доля составила: в приеме ВПО – 15,7%, в приеме СПО – 14,2%).

В работе [5] численность поступающих в текущем году, имеющих среднее (полное) общее образование, полученное в предыдущие годы, предложено оценивать на основе данных о выпускниках 11-х классов, не поступивших в год окончания школы в учреждения ПО за три предыдущих года. Однако численных оценок, подтверждающих адекватность такой модели, в ней не приведено. Тестирование модели на экспериментальных данных не дало приемлемых результатов.

Базовой идеей, положенной в основу создаваемой модели, является рассмотрение движения численности студентов учреждений ПО не только по годам, но и по курсам. При этом численность студентов  $j$  курса  $i$  года определяется с учетом численности студентов  $j-1$  курса  $i-1$  года, а выпуск  $i$  года – через контингент студентов старших курсов  $i-1$  года. Это, в частности, позволило оценить численность поступающих в текущем году выпускников 11-х классов, не поступивших за три последних года, а также отчисленных с младших курсов ОУ СПО и ВПО студентов, которые могут участвовать в приеме вновь.

Для описания потоков распределения по приемам в учреждения системы ПО применяется модель, аналогичная модели переноса вещества. Потоки поступающих лиц записываются в виде балансовых уравнений на основе закона сохранения их численности. Такая модель обладает свойством аддитивности и позволяет с достаточной точностью описывать коллективное поведение поступающих.

При построении модели функционирования системы ПО принимаются следующие основные допущения.

Выпускникам 11-х классов школ и лицам со средним (полным) общим образованием доступны три альтернативы получения профессионального образования: ОУ НПО со сроком обучения 1-2 года; ОУ СПО со сроком обучения от 3 до 6 лет; ОУ ВПО со сроком обучения от 4 до 7 лет.

Выпускникам 9-х классов школ и лицам с основным общим образованием доступны две альтернативы получения профессионального образования: ОУ НПО со сроком обучения от 2 до 4 лет; ОУ СПО со сроком обучения от 4 до 6 лет.

Желающие учиться не могут одновременно поступить в два или более образовательных учреждения.

Обучающиеся в рамках одного ОУ не могут одновременно обучаться на двух или более факультетах.

Новизну предложенной модели составляют следующие особенности:

1. Согласно статистическим данным о приемах, в ОУ ПО поступают лица со следующими уровнями образования:

– ОУ НПО – основное общее образование, среднее (полное) общее образование, полученное в текущем году или в предыдущие годы. Также в ОУ НПО поступают лица, не имеющие основного общего образования.

– ОУ СПО – основное общее образование, среднее (полное) общее образование, полученное в текущем году или в предыдущие годы, начальное профессиональное образование, полученное в текущем году или в предыдущие годы, а также среднее или высшее профессиональное образование без уточнения года получения образования;

– ОУ ВПО – среднее (полное) общее образование, начальное профессиональное образование, среднее профессиональное образование, полученное в текущем году или в предыдущие годы, а также высшее профессиональное образование, без уточнения года получения образования.

2. При прогнозировании движения численности студентов с курса на курс учитывается следующее:

– в ОУ СПО выпускники 9-х классов зачисляются на первый курс, выпускники 11-х классов – на второй. Абитуриенты, поступающие на заочное отделение СПО, зачисляются на третий курс;

– в ОУ ВПО зачисление производится только на первый курс для всех форм обучения;

– перевод студентов с курса на курс характеризуется коэффициентом отсева, определяемым по статистическим данным за предыдущие годы;

– отчисленные с младших курсов студенты могут участвовать в приеме вновь в качестве лиц, имеющих среднее (полное) общее образование, полученное в предыдущие годы.

**Структурная модель.** На рис. 1 представлена блок-схема, иллюстрирующая в общем виде возможные пути получения ПО. Взаимодействие системы образования с внешней средой происходит посредством притока в систему девятиклассников (вход в систему) и оттока из системы профобразования ее выпускников и отчисленных студентов, которые не возвращаются к учебе (идут на рынок труда, в армию, сидят с детьми и т.д.).

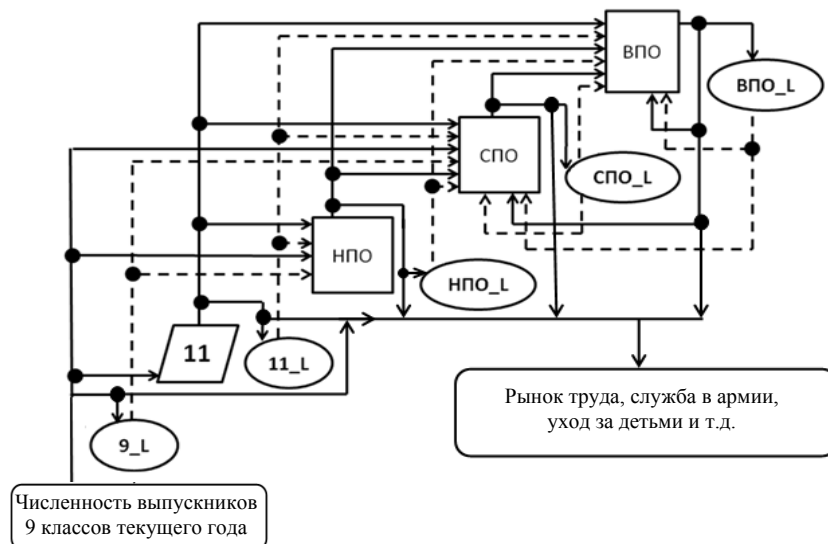


Рис. 1. Движение абитуриентов по уровням профессионального образования: НПО, СПО, ВПО – образовательные учреждения; 9, 11 – численность выпускников 9-х, 11-х классов текущего года; 9\_L, 11\_L – численность выпускников прошлых лет с соответствующим уровнем образования НПО\_L, СПО\_L, ВПО\_L; потоки выпускников соответственно текущего года (—) и прошлых лет (-----); □ – внешняя по отношению к системе образования среда

На рис. 2 представлена развернутая блок-схема модели функционирования системы профессионального образования, где подробно описывается движение студентов не только по уровням ПО, но и по курсам ОУ (НПО, СПО и ВПО). Кроме переходов с курса на курс, также показано движение отчисленных студентов. Предполагается, что студенты, отчисленные с первых трех курсов ВПО и с первых двух курсов СПО, могут в последующие годы поступать вновь в качестве выпускников прошлых лет.

Система ВПО требует отдельного и более детального рассмотрения вследствие внутренней уровневой подготовки «бакалавр-специалист-магистр». На рис. 3 представлена блок-схема модели, описывающей систему ВПО. Согласно статистическим данным, обучение бакалавров может длиться от четырех до пяти лет (для заочной формы обучения). Срок обучения специалистов – от четырех до семи лет. Срок обучения зависит от выбранной специальности, формы обучения (очная, заочная), от вида программы обучения (стандартная, сокращенная). Срок обучения магистров составляет два года.

Такая степень детализации системы ПО возможна благодаря наличию соответствующих данных в формах статистической отчетности: 1-профтех, 3-профтех, 2-НК, 3-НК, СПО-1, ВПО-1 [6-11].

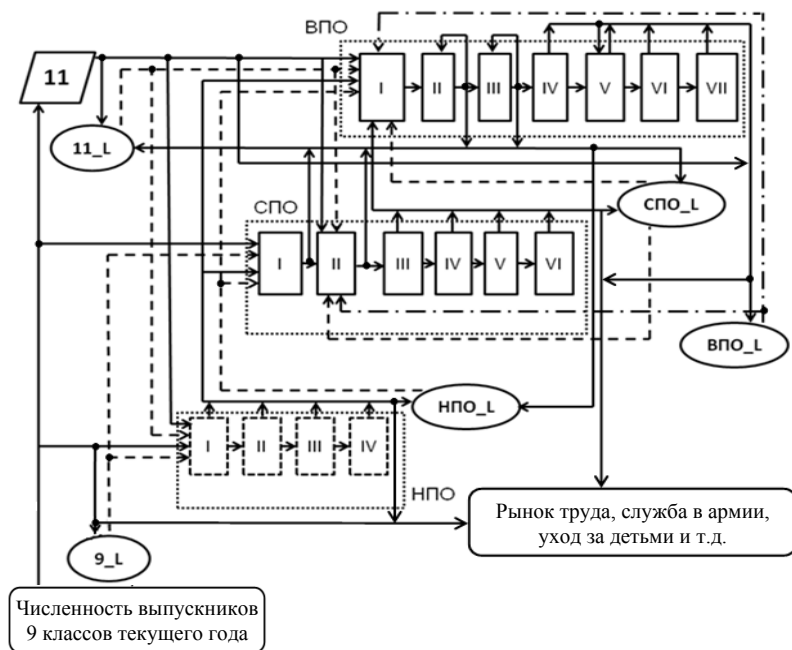


Рис. 2. Блок-схема модели движения обучающихся в системе профессионального образования:

I-VII – соответствующие курсы; — движение потоков выпускников текущего года;  
 ---- движение потоков выпускников прошлых лет; -.-.- смешанный поток выпускников  
 ОУ ВПО текущего и прошлого года

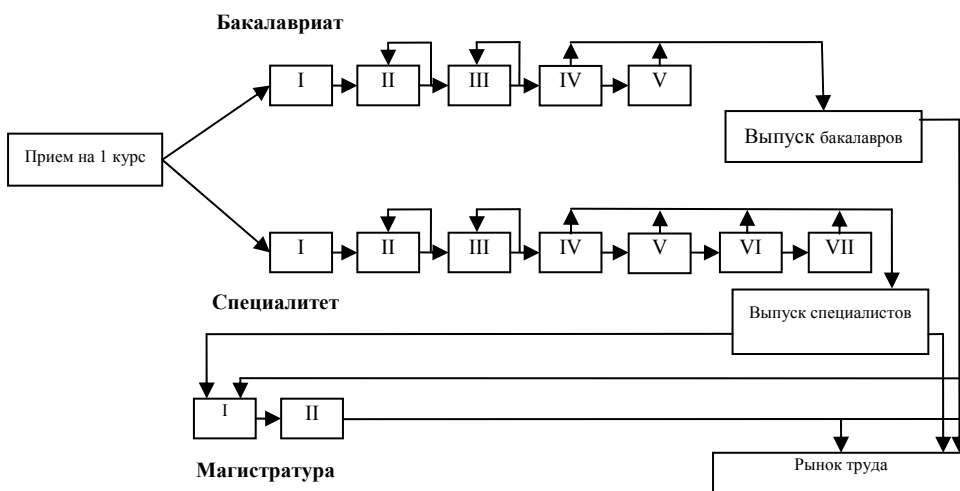


Рис. 3. Модель, описывающая систему ВПО с учетом уровневой подготовки «бакалавр-специалист-магистр»:

**Математическая модель.** Математическая модель представляет собой формализацию структурной модели, приведенной в виде блок-схем на рис. 1-3.

Систему балансовых уравнений, с учетом дискретного времени, целесообразно представить в разностном виде.

Первая часть модели описывает распределение выпускников по приемам в учреждения ПО. Математическая модель записывается в виде системы из пяти разностных уравнений, соответствующих пяти уровням ПО (начальное, среднее, высшее (бакалавр), высшее (специалист), высшее (магистр)):

$$\left\{ \begin{array}{l} P_i^N = U_i^9 \cdot k_i^{9-N} + U_i^{11} \cdot k_i^{11-N} + U_i^{9r} \cdot k_i^{9r-N} + U_i^{11r} \cdot k_i^{11r-N} + U_i^9 \cdot k_i^{9w} \\ P_i^S = U_i^9 \cdot k_i^{9-S} + U_i^{11} \cdot k_i^{11-S} + U_i^{9r} \cdot k_i^{9r-S} + U_i^{11r} \cdot k_i^{11r-S} + \\ + V_i^N \cdot k_i^{N-S} + V_{i-1}^N \cdot k_i^{Nr-S} + (V_i^V + V_i^S) \cdot k_i^{SV-S} \\ P_i^{Vs} = k_i^{Vs} \cdot (U_i^{11} \cdot k_i^{11-V} + U_i^{11r} \cdot k_i^{11r-V} + V_i^N \cdot k_i^{N-V} + \\ + V_i^{Nr} \cdot k_i^{Nr-V} + V_i^S \cdot k_i^{S-V} + V_i^{Sr} \cdot k_i^{Sr-V} + V_{i-1}^V \cdot k_i^{V-V}) \\ P_i^{Vb} = (1 - k_i^{Vs}) \cdot (U_i^{11} \cdot k_i^{11-V} + U_i^{11r} \cdot k_i^{11r-V} + V_i^N \cdot k_i^{N-V} + \\ + V_i^{Nr} \cdot k_i^{Nr-V} + V_i^S \cdot k_i^{S-V} + V_i^{Sr} \cdot k_i^{Sr-V} + V_{i-1}^V \cdot k_i^{V-V}) \\ P_i^{Vm} = k_i^{b-m} \cdot V_i^{Vb} \end{array} \right. , \quad (1)$$

где  $P^N$ ,  $P^S$ ,  $P^{Vs}$ ,  $P^{Vb}$ ,  $P^{Vm}$  – прием соответственно НПО, СПО, ВПО (специалисты), ВПО (бакалавры), ВПО (магистры);  $U^9$ ,  $U^{11}$  – численность выпускников 9-х и 11-х классов;  $U^{9r}$ ,  $U^{11r}$  – выпускники соответственно 9-х и 11-х классов прошлых лет, поступающие в текущем году;  $V^N$ ,  $V^S$  – выпуски НПО и СПО текущего года;  $V^{Nr}$ ,  $V^{Sr}$  – выпуски НПО и СПО прошлого года;  $V^V$  – выпуск ВПО текущего года.

Нестационарные коэффициенты модели (1) служат для задания (описания) меняющейся со временем структуры распределения выпускников по приемам:

$k_i^{9-N}$ ,  $k_i^{9-S}$  – доли выпускников 9-х классов текущего года, поступающих соответственно в ОУ НПО и СПО;

$k_i^{11-N}$ ,  $k_i^{11-S}$ ,  $k_i^{11-V}$  – доли выпускников 11-х классов текущего года, поступающих соответственно в ОУ НПО, СПО и ВПО;

$k_i^{9r-N}$ ,  $k_i^{9r-S}$  – доли поступающих в текущем году выпускников 9-х классов прошлых лет соответственно в ОУ НПО и СПО;

$k_i^{11r-N}$ ,  $k_i^{11r-S}$ ,  $k_i^{11r-V}$  – доли поступающих в текущем году выпускников 11-х классов прошлых лет соответственно в ОУ НПО, СПО и ВПО;

$k_i^{9w}$  – коэффициент, определяющий долю лиц, поступающих в ОУ НПО, не имеющих основного общего образования;

$k_i^{N-S}$ ,  $k_i^{N-V}$  – доли выпускников ОУ НПО текущего года, поступающих соответственно в ОУ СПО и ВПО;

$k_i^{Nr-S}$ ,  $k_i^{Nr-V}$  – доли поступающих в текущем году выпускников ОУ НПО прошлых лет соответственно в ОУ СПО и ВПО;

$k_i^{S-V}$  – доли выпускников ОУ СПО текущего года, поступающих в ОУ ВПО;

$k_i^{SV-S}$  – доля выпускников ОУ СПО и ВПО текущего года, поступающих в ОУ СПО;

$k_i^{Sr-V}$  – доля поступающих в текущем году в ОУ ВПО выпускников СПО прошлых лет;

$k_i^{V-V}$  – доля выпускников ОУ ВПО, поступающих в текущем году в ОУ ВПО;

$k_i^{Vs}$  – доля специалистов в приеме на первый курс ОУ ВПО, соответственно

$1 - k_i^{Vs}$  – доля бакалавров;

$k_i^{b-m}$  – доля бакалавров, продолжающих обучение в магистратуре.

Для обозначения модельного времени вводится индекс  $i = i_s, \dots, i_f$ , который изменяется от начальной  $i_s = 1$  до конечной  $i_f = 19$  границы интервала исследования с шагом в один год. Календарное время (годы) измерения данных меняется по закону  $t(i) = i + 2001$ . Так,  $t(i_s) = 2002$  и  $t(i_f) = 2020$ .

В системе уравнений приема в образовательные учреждения (1) учитывается влияние выпусков обучавшихся в этих учреждениях. Тем самым между приемом и выпуском создается положительная обратная связь.

Вторая часть модели описывает динамику выпусков ОУ ПО. Выпуски учреждений СПО и ВПО определяются численностью студентов на старших курсах прошлого года. Соответствующие уравнения записываются следующим образом:

$$\begin{cases} V_i^S = QV^S \cdot (ktgS_{i-1}^3 + ktgS_{i-1}^4 + ktgS_{i-1}^5 + ktgS_{i-1}^6) \\ V_i^V = V_i^{Vs} + V_i^{Vb} + V_i^{Vm} \\ V_i^{Vs} = QV^{Vs} \cdot (ktgVs_{i-1}^4 + ktgVs_{i-1}^5 + ktgVs_{i-1}^6 + ktgVs_{i-1}^7), \\ V_i^{Vb} = QV^{Vb} \cdot (ktgVb_{i-1}^4 + ktgVb_{i-1}^5) \\ V_i^{Vm} = QV^{Vm} \cdot ktgVm_{i-1}^2 \end{cases} \quad (2)$$

где  $V_i^S$  – выпуск ОУ СПО;  $QV^S$  – коэффициент, характеризующий выпуск СПО;  $ktgS_i^j$  – численность студентов СПО в год  $i$  на курсе  $j$ ;  $V_i^V$  – выпуск ВПО в целом,  $V_i^{Vs}$  – выпуск специалистов;  $V_i^{Vb}$  – выпуск бакалавров;  $V_i^{Vm}$  – выпуск магистров;  $QV^{Vs}$ ,  $QV^{Vb}$ ,  $QV^{Vm}$  – коэффициенты, характеризующие выпуск ВПО соответственно для специалистов, бакалавров и магистров;  $ktgVs_i^j$  – численность специалистов ВПО в год  $i$  на курсе  $j$ ;  $ktgVb_i^j$  – численность бакалавров ВПО в год  $i$  на курсе  $j$ ;  $ktgVm_{i-1}^2$  – численность магистров на 2-м курсе в предшествующем году.

Третью часть модели составляют двадцать уравнений вида (3), описывающие динамику численности студентов по курсам ОУ ПО:

$$ktgO_i^k = qO^{k-1,k} \cdot ktgO_{i-1}^{k-1}, \quad (3)$$

где  $qO^{k-1,k}$ , – коэффициент перехода с курса  $k-1$  на курс  $k$  для уровня образования  $O \in \{S, Vs, Vb, Vm\}$ , ( $S$  – среднее профессиональное,  $Vs$  – высшее профессиональное (специалист),  $Vb$  – высшее профессиональное (бакалавр),  $Vm$  – высшее профессио-

нальное (магистр). Коэффициент  $qO^{k-1,k}$  имеет смысл вероятности перехода с курса  $k-1$  на курс  $k$ . Соответственно величина,  $1 - qO^{k-1,k}$  – вероятность выхода во внешнюю среду.

Для оценки контингента и выпуска НПО используется подход, отличающийся от СПО и ВПО, поскольку для учреждений, реализующих программы НПО, статистика распределения обучающихся по курсам отсутствует. Данные о приеме НПО представлены в разрезе продолжительности обучения (от 1 до 4 лет). На этой основе оцениваются максимально возможные численность выпуска  $VN_i^{\max}$  и количество обучающихся студентов НПО  $ktgN_i^{\max}$ . Сопоставив полученные значения с фактическими данными о выпуске и контингенте, определяются коэффициенты, характеризующие ежегодный отсев из ОУ НПО для выпуска  $QV^N$  и контингента  $QktgN$ . Таким образом, выпуск и контингент учреждений, реализующих программы НПО, записываются в виде:

$$V_i^N = QV^N \cdot VN_i^{\max}, \quad (4)$$

$$VN_i^{\max} = N_{i-1}^1 + N_{i-2}^2 + N_{i-3}^3 + N_{i-4}^4. \quad (5)$$

Аналогично, для контингента НПО:

$$ktgN_i = QktgN \cdot ktgN_i^{\max}, \quad (6)$$

$$ktgN_i^{\max} = QktgN \cdot \left[ N_i^1 + N_i^2 + N_i^3 + N_i^4 + N_{i-1}^2 + N_{i-1}^3 + N_{i-1}^4 + N_{i-2}^3 + N_{i-2}^4 + N_{i-3}^4 \right], \quad (7)$$

где  $N_i^k$  – численность поступивших в ОУ НПО в  $i$ -м году студентов по программам со сроком обучения  $k$  лет.

**Задание внешних воздействий.** В предложенной выше модели выпускники 9-х и 11-х классов школ выступают в качестве фактора, осуществляющего внешнее воздействие на систему ПО. Численность выпускников общеобразовательных школ напрямую влияет на объем приемов в учреждения ПО. В свою очередь численность выпускников школ напрямую зависит от демографического фактора рождаемости. Эти закономерности выявлены и описаны в работе [12].

Построенная в данной статье модель основана на прогнозах численности выпускников 9-х и 11-х классов школ до 2020 г., полученных в работе [12] посредством линейного уравнения, связывающего демографический показатель рождаемости и выпуск 9-х классов, в следующем виде:

$$U_i^9 = 0,13 \cdot X_{i-14} + 0,75 \cdot X_{i-15}, \quad (8)$$

где  $U_i^9$  – число выпускников 9-х классов,  $X_{i-14}$ ,  $X_{i-15}$  – число родившихся соответственно на 14 и на 15 лет ранее. Коэффициенты 0,13 и 0,75 определены с помощью регрессионного анализа. Средняя ошибка аппроксимации при проверке на ретроспективных данных составляет 3,9% [12].

Численность выпускников 11-х классов  $U_i^{11}$  определяется на основе численности выпускников 9-х классов двумя годами ранее с помощью линейного уравнения:

$$U_i^{11} = 0,65 \cdot U_{i-2}^9. \quad (9)$$

Коэффициент, связывающий численность выпускников 9-х и 11-х классов, также определен с помощью регрессионного анализа. Средняя ошибка аппроксимации с использованием уравнения (9) при постпрогнозе составила менее 2% (1,88%) [12].

Следуя таким соображениям, можно построить прогноз численности выпускников 9-х и 11-х классов с 2010 по 2020 г. на основе ежегодной численности родившихся с 1993 по 2003 г.

На рис. 4 приведены результаты моделирования авторов работы [12], которые использовались в качестве исходных данных, представляющих численность выпускников 9-х и 11-х классов в настоящем исследовании.

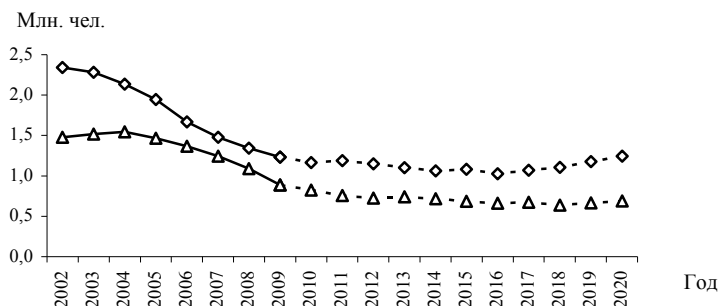


Рис. 4. Динамика численности выпускников 9-х и 11-х классов школ. (2002-2009 гг. фактические данные, 2010-2020 – расчетные):

—◇— 9 кл. (факт); --◇-- 9 кл. (модель); —△— 11 кл. (факт); --△-- 11 кл. (модель)

Оценка численности *выпускников 9-х классов прошлых лет*, принимаемых в расчет в текущем году, определяется на основе не поступивших выпускников 9-х классов за три предыдущих года. Этим принимается допущение, что не поступившие выпускники 9-х классов  $i$  года увеличивают прием только трех последующих лет  $i+1, i+2, i+3$ ; при этом оставшиеся из их числа не поступившие выпускники не учитываются в году  $i+4$ .

Использование такого временного диапазона (лага) обусловлено результатами корреляционного анализа зависимости между численностью не поступивших выпускников образовательных учреждений прошлых лет и объемами приемов в образовательные учреждения ПО. Наиболее сильная корреляция между указанными рядами проявляется при сдвигах 1, 2 или 3 года. Влияние выпускников, окончивших школу более трех лет назад, является несущественным.

Кроме этого, целесообразно соблюдать условие, при котором доля девятиклассников в приеме каждого последующего года становилась все менее весомой. Это можно учесть с помощью коэффициентов экспоненциального сглаживания, которые обладают свойством зависеть от одного параметра, а в сумме равняться единице:

$$\gamma + \gamma \cdot (1 - \gamma) + (1 - \gamma)^2 = 1. \tag{10}$$

При этом, если  $\gamma > \frac{1}{2}$ , проявляется следующее свойство:

$$\gamma > \gamma \cdot (1 - \gamma) > (1 - \gamma)^2. \tag{11}$$

Два этих свойства учитывают убывание со временем доли не поступивших выпускников, а также ее полноту – выпускники полностью распределяются за три года. Таким образом, слагаемое, определяющее численность выпускников 9-х классов прошлых лет в приемах, описывается следующим уравнением:

$$U_i^{9r} = \gamma \cdot U_{i-1}^9 \cdot k_{i-1}^{9r} + \gamma \cdot (1 - \gamma) \cdot U_{i-2}^9 \cdot k_{i-2}^{9r} + (1 - \gamma)^2 \cdot U_{i-3}^9 \cdot k_{i-3}^{9r}, \tag{12}$$

где  $k_i^{9r}$  – доля не поступивших выпускников 9-х классов в общей численности в год  $i$ .



Оптимальное значение коэффициента  $\gamma^* = 0,68$  было оценено с помощью метода наименьших квадратов:

$$\gamma^* = \arg \min_{0,5 < \gamma < 1} \left\{ \sum_i \left( U_i^{9r, fact} - U_i^{9r}(\gamma) \right)^2 \right\}, \quad (13)$$

где  $U_i^{9r, fact}$  – фактические значения выпускников 9-х классов прошлых лет, поступающих в текущем году.

*Выпускники 11-х классов прошлых лет.* Анализ статистических данных показывает, что вследствие резкого демографического спада, начавшегося в середине 1990-х годов, в настоящее время с каждым годом сокращается численность выпускников 11-х классов школ (рис. 5).



Рис. 5. Динамика численности выпускников 11-х классов школ (—) и поступивших (----) в ОУ ВПО выпускников текущего года в 2002-2009 гг.:

Однако при этом доля численности выпускников 11-х классов текущего года в приеме высших учебных заведений снижается не так быстро за счет того, что возрастает доля 11-классников, поступающих после окончания школы в высшие учебные заведения (рис. 6).

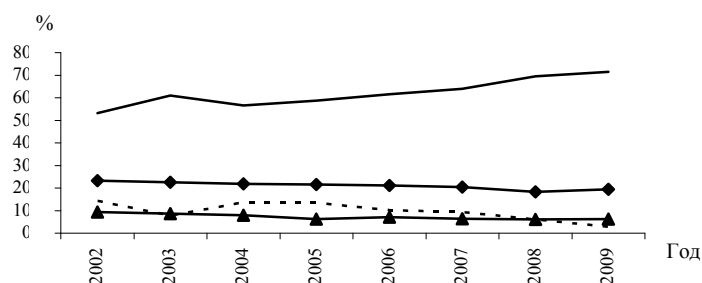


Рис. 6. Динамика распределения выпускников 11-х классов текущего года по приемам в учреждения системы ПО в 2002-2009 гг.:  
— ОУ ВПО; —◆— ОУ СПО; —▲— ОУ НПО; ---- не поступили

Вместе с тем анализ статистических данных по приему в образовательные учреждения ПО последних лет показывает, что доля выпускников 11-х классов прошлых лет в приеме в эти учреждения не уменьшается (в 2006 г. их численность составляла 194,4 тыс. чел., или 11,7% приема, в 2009 г. – 218,9 тыс. чел., или 14,2%).

При проверке адекватности предложенной в работах [1, 2] модели участия выпускников 11-х классов прошлых лет в приеме текущего года оказалось, что подход (12), используемый при оценке выпускников 9-х классов прошлых лет в приемах ОУ ПО, непригоден для оценки выпускников 11-х классов.

В результате было найдено более сложное решение. Численность поступающих в текущем году со средним (полным) общим образованием, полученным в предыдущие годы, рассматривалась отдельно по формам обучения: очная форма обучения и так называемая «неочная», объединяющая все остальные формы (очно-заочную, заочную, экстернат). Таким образом:

$$U_i^{11r} = U_i^{11r-O} + U_i^{11r-NO}, \quad (14)$$

где  $U_i^{11r-O}$  – численность имеющих среднее (полное) общее образование, полученное в предыдущие годы, поступающих в текущем году на очную форму обучения,  $U_i^{11r-NO}$  – на неочные формы обучения.

Корреляционный анализ показывает высокую зависимость (по шкале Чеддока) между численностью поступивших в текущем году на очную форму обучения со средним (полным) общим образованием, полученным в предыдущие годы, и численностью не поступивших в ОУ ПО выпускников 11-х классов со сдвигом 1, 2 и 3 года.

Тогда численность поступающих на очную форму обучения в учреждения ПО с учетом не поступивших выпускников 11-х классов за три предыдущих года определяется следующим уравнением:

$$U_i^{11r-O} = \alpha_1 \cdot k_{i-1}^{11r} \cdot U_{i-1}^{11} + \alpha_2 \cdot k_{i-2}^{11r} \cdot U_{i-2}^{11} + \alpha_3 \cdot k_{i-3}^{11r} \cdot U_{i-3}^{11}, \quad (15)$$

где  $k_i^{11r}$  – доля в численности выпуска не поступивших выпускников 11-х классов,  $0 < \alpha_n < 1$  ( $n = 1, 2, 3$ ) – доля поступающих в последующие годы (через  $n$  лет) выпускников в численности не поступивших выпускников 11-х классов. Коэффициенты  $\alpha_n$  найдены методом наименьших квадратов и равняются соответственно  $\alpha_1=0,04$ ,  $\alpha_2=0,31$ ,  $\alpha_3=0,28$ . Средняя относительная ошибка составляет 10,6%.

Высокую численность выпускников 11-х классов прошлых лет в приеме не удастся объяснить только за счет не поступивших выпускников за три предыдущих года. В качестве дополнительного источника лиц со средним (полным) общим образованием, полученным в предыдущие годы, помимо не поступивших выпускников 11-х классов, рассматриваются отчисленные студенты с младших курсов учреждений ПО, предпринимающие в последующие годы попытки к повторному поступлению.

Ежегодная численность отчисленных студентов со всех ступеней профессионального образования  $U11^{out}_i$  определяется на основе численности студентов по курсам из следующего уравнения:

$$U11^{out}_i = \sum_{j=2}^4 (ktgVs_{i-1}^{j-1} - ktgVs_i^j) + \sum_{j=2}^4 (ktgVb_{i-1}^{j-1} - ktgVb_i^j) + \sum_{j=2}^4 (ktgS_{i-1}^{j-1} - ktgS_i^j) + (1 - QV^N) \cdot (N_{i-1}^1 + N_{i-2}^2 + N_{i-3}^3 + N_{i-4}^4) \quad (16)$$

Прием на неочные формы обучения 11-классников прошлых лет состоит из отчисленных студентов, а также из части не поступивших выпускников 11-х классов за три предыдущих года, распределенных, как и выпускники 9-х классов, с помощью коэффициентов экспоненциального сглаживания:

$$U_i^{11r-NO} = \beta \cdot U_{11}^{out}_i + (1 - \sum_{n=1}^3 \alpha_n) \cdot (\mu \cdot U_{i-1}^{11} \cdot k_{i-1}^{11r} + \mu \cdot (1 - \mu) \cdot U_{i-2}^{11} \cdot k_{i-2}^{11r} + (1 - \mu)^2 \cdot U_{i-3}^{11} \cdot k_{i-3}^{11r}) \quad (17)$$

где  $\beta$  – доля отчисленных из учреждений ПО студентов и поступающих вновь, множитель  $1 - \sum_{n=1}^3 \alpha_n$  учитывает в данном уравнении поступление части выпускников на очные формы обучения. Рассчитанные методом наименьших квадратов коэффициенты соответственно равняются:  $\beta = 0,42$ ;  $\mu = 0,22$ . Средняя относительная ошибка для выпускников 11-х классов прошлых лет, поступающих в текущем году на неочные формы обучения составляет 8,5%.

Средняя относительная ошибка суммы поступающих на очную и неочные формы обучения относительно фактического значения поступающих выпускников 11-х классов прошлых лет составляет 8,6%.

Таким образом, полученная модель (14-17), учитывающая не поступивших выпускников 11-х классов за три последних года и отчисленных с младших курсов студентов, позволяет прогнозировать численность поступающих в текущем году со средним (полным) общим образованием, полученным в прошлые годы, с ошибкой, не превышающей 10%.

**Идентификация параметров модели.** В отличие от вышеприведенного, детализированное описание модели (1-7) содержит 34 линейных конечно-разностных уравнения и 53 параметра, 32 из которых являются постоянными и 21 нестационарное.

Уравнения системы (1-7), касающиеся динамики приемов, выпусков и численности студентов ОУ ВПО справедливы как для государственных (ГОУ), так и для негосударственных (НОУ) учреждений ВПО. Таким образом, при учете негосударственных вузов общее число уравнений вырастает до 54, число стационарных параметров – до 46, а нестационарных – до 30.

К постоянным относятся параметры, характеризующие вероятности переходов студентов с курса на курс и выпуска студентов со старших курсов. Эти параметры достаточно надежно идентифицируются в виде средних на обучающей выборке ретроспективных данных, описывающих численность студентов по курсам и годам.

К нестационарным относятся параметры, характеризующие распределение выпускников школ и учреждений ПО по приемам в эти учреждения, поскольку отражают явные тенденции изменений, вызванных объективной социально-экономической ситуацией. Для идентификации таких параметров использовалась аппроксимация с помощью логистической кривой вида  $f(t) = \frac{c}{1+b \cdot e^{-a \cdot t}}$ . На рис. 7 приведены примеры такой аппроксимации для распределения выпускников 11-х классов текущего года по приемам в ОУ ВПО, СПО и НПО с учетом ограничения на численность выпускников 11-х классов:

$$k_{11\_V} + k_{11\_S} + k_{11\_N} \leq 1, \quad (18)$$

где  $k_{11\_V}$ ,  $k_{11\_S}$  и  $k_{11\_N}$  – соответственно доли выпускников 11-х классов, поступающих в ОУ ВПО, СПО и НПО. Средние относительные ошибки равны 3,1, 1,9 и 4,5%.

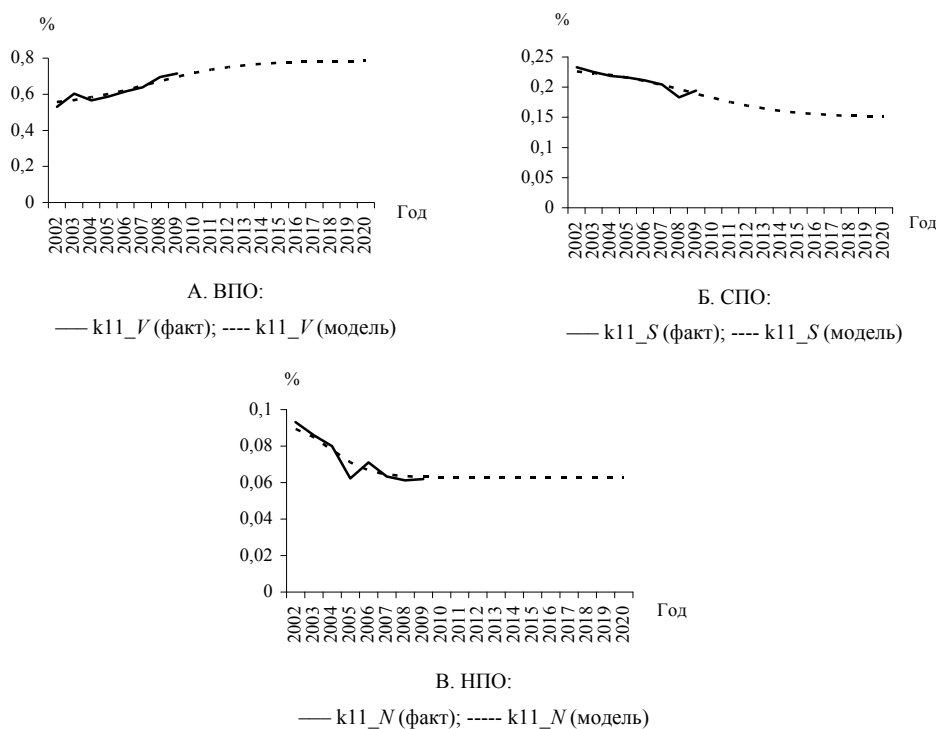


Рис. 7. Доля выпускников 11-х классов, поступающих в образовательные учреждения: параметры логистической кривой А)  $a=0,39$ ;  $b=8,46$ ;  $c=0,26$ ; Б)  $a=0,36$ ;  $b=11,48$ ;  $c=-0,08$ . В)  $a=0,97$ ;  $b=6,77$ ;  $c=-0,03$ .

**Результаты моделирования.** Для проверки адекватности модели был проведен постпрогноз с целью сравнения модельных и фактических данных.

Результаты расчетов по модели некоторых наблюдаемых величин: приемов и выпусков ОУ НПО, СПО и ГОУ+НОУ ВПО приведены на рис. 8а-в. Средние относительные ошибки составляют для приемов начального профессионального образования 5,8%, среднего профессионального образования 3,9%, высшего профессионального образования 4,0%; для выпусков: НПО – 3,6, СПО – 1,8, ГОУ+НОУ ВПО – 2,5%.

В модели для учреждений ВПО учтена уровневая подготовка «бакалавр-специалист-магистр». При этом соблюдаются условия постепенного перехода на уровневую систему подготовки – плавное снижение приема специалистов и увеличение приема бакалавров. На рис. 8г-е приведены результаты расчетов по модели приемов и выпусков бакалавров, специалистов и магистров. Средние относительные ошибки составляют для приема бакалавров 5,4%, приема специалистов 4,0, выпуска бакалавров 6,2%, выпуска специалистов 2,2, приема магистров 8,5, выпуска магистров 4,2%.

Также модель (1-7) позволяет проводить расчеты численности контингента студентов, обучающихся в ОУ ПО. Результаты расчетов приведены на рис. 9. Средняя относительная ошибка для численности контингента: НПО – 9,1, СПО – 1,2, ВПО – 1,9%.

Таким образом, приведенная математическая модель позволяет на основании прогноза численности выпускников 9-х и 11-х классов школ и данных о текущей численности студентов по курсам строить прогнозы приемов и выпусков учреждений ПО.

Математическая модель представлена в виде системы из 34 линейных разностных уравнений, содержащей 32 стационарных параметра и 21 нестационарный.

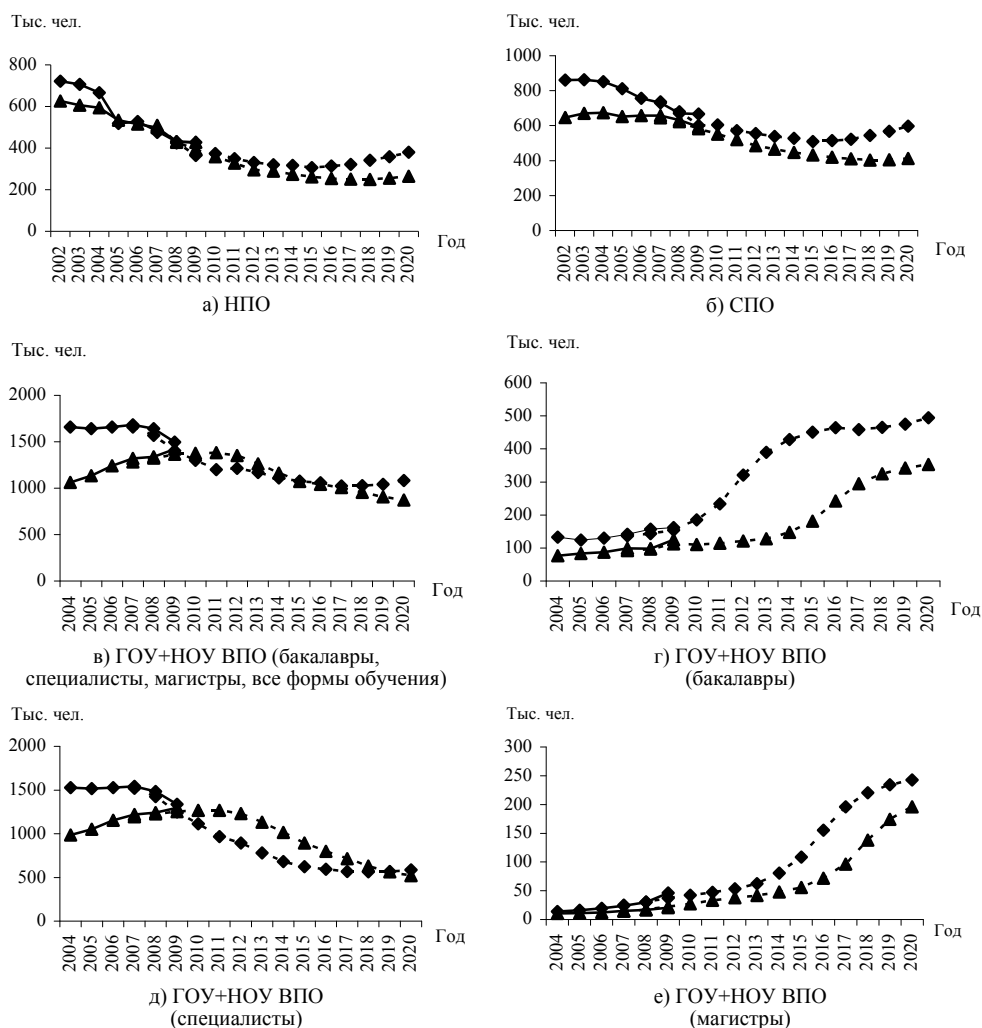


Рис. 8. Результат расчетов по модели приемов и выпусков образовательных учреждений:  
 —◆— прием (факт); ---◆--- прием (модель); —▲— выпуск (факт); ---▲--- выпуск (модель)

Модель позволяет прогнозировать прием, выпуск и численность студентов ОУ НПО, СПО и ВПО с относительной ошибкой, не превышающей 10%. Кроме того, для системы ВПО модель позволяет оценивать прием, численность и выпуск студентов для подготовки бакалавров, специалистов и магистров как для государственных, так и для негосударственных высших учебных заведений.

Согласно результатам расчетов по построенной модели, в ближайшие годы (вплоть до 2015) будет продолжаться спад приемов в ОУ ПО всех уровней. Этот спад объясняется снижением рождаемости в 1990-х годах. Начиная с 2015 г. приемы будут незначительно возрастать. Вследствие снижения приемов, численность выпускников профессионального образования также будет снижаться. Так, суммарный выпуск по всем уровням образования с 2 415 тыс. чел. в 2010 г. будет продолжать снижаться и стабилизируется к 2015 г. на уровне 1 790 тыс. чел. и до 2020 г. будет мало изменяться. Такое 25-процентное снижение предложения молодежи на рынке труда может привести к увеличению среднего возраста работников в экономике.

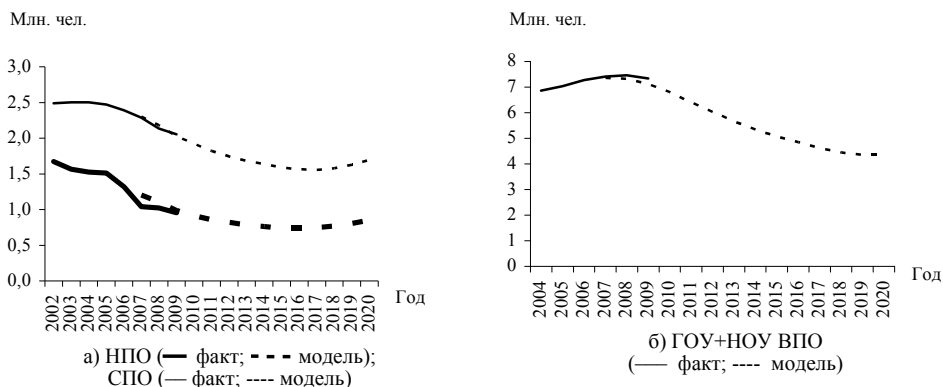


Рис. 9. Результаты расчета численности студентов

Особо стоит отметить систему ВПО. В модели учтен переход высшего образования на уровневую систему подготовки «бакалавр-специалист-магистр». Прием специалистов будет неуклонно снижаться, а прием бакалавров и магистров – расти. Переходные процессы в структуре приема по уровням «бакалавр-специалист-магистр», продолжающиеся в настоящее время, согласно изложенной модели плавного перехода завершатся в 2015 г. Поскольку выпуски отстают от приемов, для стабилизации структуры выпусков потребуется еще 3-4 года. Это означает, что понятие «бакалавр» для рынка труда как специалиста с высшим профессиональным образованием станет общепринятым примерно к 2018 г.

Вслед за приемами, такие же изменения с 2013 г. начнут происходить и с выпусками соответствующих ступеней высшего образования. К 2020 г. доля специалистов в выпуске снизится с 87 до 48%, а доли магистров и бакалавров вырастут соответственно с 3 до 18% и с 10 до 34%.

Все вышеизложенное может быть использовано в качестве прогностического инструмента при принятии управленческих решений в области ПО.

При соответствующей адаптации и наличии исходных статистических данных модель может использоваться при расчете численности приема, контингента и выпуска ОУ трех уровней профессионального образования не только на уровне Российской Федерации в целом, но и на уровне субъектов Российской Федерации.

### Литература

1. Питухин Е.А., Гуртов В.А. Моделирование потоков выпускников школ по регионам Российской Федерации // *Обзорные прикладной и промышленной математики: Матер. Четвертого Всерос. симп. по прикладной и промышленной математике (осенняя сессия)*. 2003. Т.10. Вып. 2.
2. Гуртов В.А., Питухин Е.А., Серова Л.М. Моделирование потребностей экономики в кадрах с профессиональным образованием // *Проблемы прогнозирования*. 2007. № 6.
3. Питухин Е.А., Гуртов В.А. Математическое моделирование динамических процессов в системе «Экономика – рынок труда – профессиональное образование». СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006.
4. Апокин А.Ю., Лебединская Е.В. Прогноз изменений численности студентов на 2006-2008 годы // *Сб. статей по матер. VII Международной конференции «Перспективы развития и модернизации экономики высшего профессионального образования»* / Под ред. Т.В. Абанкиной, Б.Л. Рудника. М.: ГУ-ВШЭ, 2006.
5. Гуртов В.А. Разработка математической модели распределения потоков 9- и 11-классников по приемам в учреждения профессионального образования с учетом ограничений на их численность и новых социально-экономических факторов/ В.А. Гуртов, Е.А. Питухин, Л.М. Серова // *Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России: Сб. докладов по материалам Пятой Всероссийской научно-практической Интернет-конференции, Кн. 1*. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008.
6. Сведения об образовательных учреждениях, реализующих программы начального профессионального образования/ Форма №1 (профтех). М.: ГМЦ Росстата, 2002-2009.
7. Сведения о приеме учащихся в дневные образовательные учреждения, реализующие программы начального профессионального образования / Форма № 3 (профтех). М.: ГМЦ Росстата, 2002-2009.

8. *Сведения о государственных и муниципальных средних специальных учебных заведениях или высших учебных заведениях, реализующих программы среднего профессионального образования/ Таблицы по форме государственной статотчетности № 2-НК. М.: ГМЦ Росстата, 2002-2008.*
9. *Сведения о государственном образовательном учреждении, реализующем программы среднего профессионального образования/ Таблицы по форме государственной статотчетности № СПО-1. М.: ГМЦ Росстата, 2009.*
10. *Сведения о государственных и муниципальных высших учебных заведениях/ Форма государственной статотчетности № 3-НК. М.: ГМЦ Росстата, 2002-2008.*
11. *Сведения об образовательном учреждении, реализующем программы высшего профессионального образования/ Форма государственной статотчетности № ВПО-1. М.: ГМЦ Росстата, 2009.*
12. *Гуртов В.А., Яковлева А.А. Прогнозирование численности выпускников школ 9-х и 11-х классов // Университетское управление: практика и анализ. 2010. № 3.*