
Г.Г. Малинецкий, С.Г. Равлюк, М.Е. Степанцов
(Москва)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ УЧИТЕЛЕЙ

В статье предложена математическая модель динамики возрастного состава учителей, учитывающая особенности социальной ситуации в средних школах России. С ее помощью получен прогноз развития ситуации для нескольких вариантов сценариев изменения социально-экономического положения учителей.

Ключевые слова: кадровое обеспечение средней школы, возрастная структура учителей, математическая модель, прогнозирование, стохастический клеточный автомат.

Важность изучения динамики возрастной структуры учительства в России проявляется в двух основных аспектах. Первый из них связан с вопросом кадрового обеспечения среднего общего образования с учетом его достаточности и уровня профессиональной подготовки. Второй аспект непосредственно обусловлен той социальной ролью, которую учительство как профессиональная группа выполняет в обществе, т.е. обучением школьников, а также трансляцией социальных ценностей. И с этой точки зрения

Георгий Геннадьевич Малинецкий – доктор физико-математических наук, заместитель директора Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.
Снежана Григорьевна Равлюк – старший аналитик ЗАО «Бизнес Аналитика Розничный Аудит».

Михаил Евгеньевич Степанцов – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики Российского государственного социального университета. E-mail: mews@yandex.ru.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05-01-00852).

значимым становится не только вопрос о численности кадрового состава средних учебных заведений, но и о соотношении различных возрастных групп. Исследования профессиональных позиций учителей [1] показывают существенные различия ценностных ориентаций учителей различных возрастных групп, и, таким образом, вопрос о кадровой структуре – это вопрос, с одной стороны, о преемственности в образовании, с другой стороны, о стабильности и снижении конфликтности внутри рассматриваемой профессиональной группы.

При исследовании положения, сложившегося в российской средней школе, безусловно, необходимо анализировать не статическое состояние системы, а ее динамику, прогнозировать развитие процессов в тех или иных социально-экономических условиях.

Одна из главных проблем сегодняшней средней школы – недостаточное количественное и качественное кадровое обеспечение. Безусловно, корни этой проблемы следует искать в низком уровне оплаты труда учителей. Но вот пути ее решения уже не так очевидны. Поможет ли этому значительное повышение заработной платы учителей? За какой срок и путем каких затрат возможно восстановить нормальное функционирование средней школы? Является ли кадровая проблема действительно наиболее острой по сравнению с трудностями, возникающими с материальной базой школ и недостаточным методическим обеспечением?

Поиск ответов на эти и другие подобные вопросы тесно связан с количественным анализом трудовых ресурсов среднего образования. В частности, многое может показать динамика возрастной структуры учительских кадров.

Для количественного анализа такой динамики оказалось возможным построить математическую модель [2], учитывающую основные факторы, влияющие на возрастной состав учителей.

Математическая модель возрастной структуры учителей средних школ

Модель строится по аналогии с математической моделью для анализа возрастной структуры преподавателей высшей школы [3] в рамках решения задачи прогноза развития ситуации в образовании.

Следует отметить некоторые особенности структуры трудовых ресурсов средней школы по сравнению с высшей.

1. Учителя не подразделяются на формальные или хотя бы четко обозначенные группы, для которых характерны существенные различия среднего возраста и стажа работы.

2. Переход учителей от преподавания предметов одного цикла к предметам другого – весьма редкое явление.

3. В формировании возрастной структуры учителей средней школы заметную роль играет приход в школу сотрудников с высшим педагогическим образованием. Чаще всего это происходит в связи с нехваткой кадров, а возможности пригласить человека «со стороны» определяются способностями директора или завуча конкретной школы. Этот процесс является в достаточной степени непредсказуемым.

Исходя из первых двух особенностей, можно перейти от модели с несколькими группами сотрудников [3] к модели, где все они представляют одну категорию. Таким образом, каждое значение возраста можно сопоставить с единственным значением количества сотрудников. Вследствие этого такую модель можно рассмотреть как одномерный клеточный автомат [4].

Итак, за основу модели возьмем клеточный автомат, в котором значение $q^n(t)$ будет задавать состояние клетки под номером t на n -м шаге по времени.

Правила этого автомата зададим в обозначениях [3]:

$$q^{n+1}(t+1) = (1 - \mu(t, s)) q^n(t) + p(t, s)v(t).$$

Здесь $q^n(t)$ – количество учителей возраста t на шаге номер n , $\mu(t, s)$ – коэффициент мобильности, равный доле учителей возраста t , которая при данном уровне материального обеспечения s , включающего заработную плату и социальные льготы, по каким бы то ни было причинам перестанет работать в среднем образовании. Новым параметром модели является $p(t, s)$ – коэффициент привлекательности профессии, определяемый как вероятность того, что получивший предложение работать в данной области представитель некоторой социальной группы примет это предложение. Этот коэффициент также зависит от возраста потенциального работника и уровня материального обеспечения s . Сама же величина s складывается из объективной (реальная заработная плата) и субъективной (оценка работником денежного эквивалента получаемых им социальных льгот) частей. Эту величину проще всего выражать в относительных единицах, беря за точку отсчета уровень обеспечения в некоторый момент времени. Наконец, $v(t)$ – объем выпуска педагогическими высшими и средними специальными учебными заведениями специалистов возраста t .

В приведенных правилах, таким образом, количество учителей возраста $t + 1$ в год $n + 1$ равно количеству учителей возраста t в год n за вычетом их доли, равной $\mu(t, s)$, к которому прибавляется та часть молодых специалистов-педагогов, которая выбрала работу по специальности $p(t, s)v(t)$. Здесь возможность приглашения на работу в школу сотрудников «со стороны» еще не учтена.

После этого внесем изменение, связанное с третьей из приведенных выше особенностей структуры трудовых ресурсов средней школы – возможным приходом в школу сотрудников с непедagogическим образованием. Найдем число незаполненных вакансий, на которые могут быть приглашены люди «со стороны». Формально это можно рассматривать как применение к клеточному автомату метода среднего поля [5].

Итак, количество незаполненных вакансий равно

$$\Delta V = V_0 - \sum_t q^n(t),$$

где V_0 – количество рабочих мест.

При этом в случае, если $\Delta V < 0$ (избыток кадров) полагаем $\Delta V = 0$.

Увеличение численности работников средней школы за счет прихода лиц с непедagogическим образованием может быть выражено следующим уравнением:

$$\Delta q^{n+1}(t+1) = \alpha p^*(t, s) \Delta V / (t_{\max} - t_{\min}),$$

где t_{\max} и t_{\min} – возрастные границы модели, а α – случайная величина, распределенная на отрезке $[0; 1]$ и отражающая усредненные способности администрации школ привлечь сотрудников «со стороны». Здесь коэффициент привлекательности $p^*(t, s)$, очевидно, будет иным, видимо, меньшим, чем для выпускников педагогических учебных заведений.

Таким образом, получаем в итоге:

$$q^{n+1}(t+1) = (1 - \mu(t, s)) q^n(t) + p(t, s) \left(v(t) + \alpha \frac{\Delta V}{t_{\max} - t_{\min}} \right)$$

Обозначим \bar{Q} вектор, компонентами которого являются $q(t)$, здесь t играет роль индекса.

Следует отметить, что введение в это отображение случайной величины α , вычисляемой для каждого значения t на каждом шаге по времени, переводит данную модель в класс стохастических клеточных автоматов [4], которые в последнее время широко применяются для моделирования в социальных науках ([6] и ссылки в этой работе). Одной из важных особенностей клеточных автоматов является их свойство, называемое локальностью. Оно состоит в том, что состояние клетки на каждом последующем шаге зависит только от состояния клеток в ее окрестности и от правил данного автомата. В рассматриваемом случае значение $q^{n+1}(t+1)$ (состояние $n+1$ -й клетки на шаге $t+1$) зависит, как видно, от $q^n(t)$ (состояния n -й клетки на шаге t) и параметров модели.

С практической точки зрения это позволяет при нахождении коэффициентов модели на основе статистических данных на этапе 4 алгоритма А (см. ниже) осуществлять варьирование параметров не случайным образом, а целенаправленно, что существенно улучшает сходимость. Стохастический же характер модели означает необходимость задействовать эффективный генератор псевдослучайных чисел. При этом задача выяснения реального закона распределения случайной величины α представляется трудноразрешимой, однако на практике оказалось вполне приемлемо допущение о равномерном распределении этой величины.

Для получения качественных результатов вполне разумным является допущение о линейной зависимости коэффициентов мобильности μ и привлекательности профессии p от s при естественных предположениях $\mu(t, 0) = 1$ и $p(t, 0) = 0$. Из этих соображений получаем:

$$\begin{aligned}\mu(t, s) &= k_1(t)(1 - s) \\ p(t, s) &= k_2(t) s \\ p^*(t, s) &= k_2^*(t) s.\end{aligned}$$

Для проведения конкретных расчетов эти зависимости определялись, исходя из статистических данных при помощи следующей методики.

Методика вычисления параметров модели

Параметры модели (коэффициенты k_1 и k_2 для каждого целого значения возраста между $t_{\min} = 20$ и $t_{\max} = 65$) определялись, исходя из следующих соображений. Поскольку в период до начала 90-х гг. прошлого века заметных проблем нехватки кадров не наблюдалось, хотя оплата труда учителей средних школ была сравнительно невысокой, поэтому для этого периода было установлено наименьшее значение уровня материального обеспечения, при котором заметного дефицита кадров не возникает ($s = 0,9$). При заданном s после достаточно большого количества шагов достигается некоторое

стационарное распределение учителей по возрастам. Затем уровень материального обеспечения снижается в 3 раза (в [2] показано, что именно такое изменение уровня обеспечения дает возможность получить в итоге распределение, близкое к реальному) и продельваются еще несколько шагов алгоритма, соответствующие периоду с 1990-го до рассматриваемого года.

Очевидно, что, если полученное после этого распределение близко к реально наблюдаемому, можно сделать вывод, что коэффициенты подобраны правильно.

Главной задачей при наполнении модели реальным содержанием, таким образом, становится подбор коэффициентов. Для этого был применен следующий алгоритм (А).

1. Возьмем некоторое начальное приближение для коэффициентов.

2. Для него рассчитаем стационарное распределение при $s = 0,9$, а затем совершим число шагов, соответствующее числу лет, прошедших с 1990 г. при $s = 0,3$.

3. Результаты сравним с реальным распределением в декартовой метрике, вычислив расстояние между векторами Q для рассчитанного и реального распределения.

4. Варьируем коэффициенты (для сокращения затрат времени можно выбрать вариацию вручную из очевидных соображений, например, если рассчитанное распределение дало для данного возраста меньшую численность, чем есть на самом деле, необходимо уменьшить коэффициент мобильности для возраста, меньшего на единицу).

5. Повторяем пункты 2-3 и сравниваем результаты вычисления расстояний. Если новые коэффициенты дают меньшее расстояние, переходим к ним в качестве следующего приближения, после чего повторяем весь алгоритм, пока не достигается локальный минимум для расстояния.

Число варьируемых переменных можно сократить, если воспользоваться результатом из [2], согласно которому существующая

на сегодняшний день ситуация достигается в модели при $k_2(t) = 1$, $k_2^*(t) = 0,1$ для $\forall t \in [20; 64]$. Это подразумевает, что при идеальном уровне обеспечения все выпускники профильных учебных заведений и 10% специалистов с непедagogическим образованием готовы работать в средней школе. К сожалению, данные каких-либо исследований, на основании которых можно было бы подтвердить либо уточнить последнее, найти не представилось возможным.

На практике в число варьируемых коэффициентов необходимо включить объемы выпуска педагогов высшими и средними специальными учебными заведениями. Параметры, полученные в результате минимизации отклонения рассчитанного распределения от реального, кладутся в основу модели.

Исходные статистические данные, использованные для вычисления коэффициентов модели, не содержали в явном виде требуемой информации о возрастной структуре учителей, поэтому нуждались в предварительной обработке.

Предварительная обработка статистических данных

Параметры модели были рассчитаны для двух регионов Российской Федерации: Москвы и Ярославской области.

Исходными данными по Москве были сведения о распределении учителей средних школ города по возрастным группам на 2001 г. Эти сведения, взятые из работы [1], в относительных величинах в расчете на 1000 вакансий приведены в табл. 1.

Поскольку для вычисления коэффициентов модели требовалось распределение по возрастам с точностью до года, была проведена их интерполяция кубическими сплайнами, а ее результаты были сглажены. В итоге получены оценки распределения учителей средних школ Москвы по возрастам, приведенные ниже в табл. 3.

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧИТЕЛЕЙ СРЕДНИХ ШКОЛ МОСКВЫ ПО ВОЗРАСТНЫМ ГРУППАМ НА 2001 г.

Возраст, лет	Количество учителей
до 20	10
21-26	111
27-35	202
36-45	283
46-55	222
от 56	152

Для Ярославской области в качестве исходных использовались статистические данные о численности групп по стажу за три года, приведенные в табл. 2. Здесь и далее для Ярославской области приведены абсолютные значения численностей групп.

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧИТЕЛЕЙ СРЕДНИХ ШКОЛ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ГРУППАМ И ПО СТАЖУ

Стаж, лет	Количество учителей		
	2002 г.	2003 г.	2004 г.
до 2	724	631	466
2-5	622	601	603
5-10	1311	1137	936
10-20	3598	3365	3175
от 20	4406	4456	4590

Поскольку для модели требовались сведения о распределении по возрасту, был произведен пересчет данных.

Было сделано предположение о том, что в среднем факторы, влияющие на соотношение распределений по возрастам и по стажу (средний возраст выпускников вузов, средний возраст и средняя длительность пребывания в отпуске по уходу за ребенком и т.п.), в Москве и Ярославской области примерно одинаковы. Тогда

интересующий нас результат можно было бы получить при помощи корреляционных таблиц, составленных на основе данных исследования [1].

Поскольку интервалы распределения по стажу в московских и ярославских данных различны, вначале необходимо было получить оценки численности ярославских учителей в группах по стажу с интервалами, соответствующими московским данным.

Эти оценки были результатом предположения о линейности производной функции распределения на границах интервалов путем приближенного вычисления количества учителей со значениями стажа, которых требовалось «передать» из одного интервала в другой (например, численность для значения стажа 8 и 9 лет требовалось «передать» из третьего интервала исходного разбиения во второй интервал нового разбиения).

После этого по кросстаблицам (возраст-стаж), построенным по данным [1], были вычислены коэффициенты корреляции и найдены наиболее вероятные значения функции распределения по возрастам учителей Ярославской области.

Как и в предыдущем случае, была проведена интерполяция данных кубическими сплайнами, а ее результаты были сглажены. Оценки распределения численности учителей средних школ Ярославской области по возрастам приведены в табл. 3.

Таблица 3

ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧИТЕЛЕЙ СРЕДНИХ ШКОЛ МОСКВЫ
И ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ВОЗРАСТАМ

Возраст, лет	Количество учителей			
	Москва	Ярославская область		
		2002 г.	2003 г.	2004 г.
18	2	5	5	4
19	7	10	9	8
20	12	35	33	32
21	14	59	56	53
22	15	82	77	73

Продолжение табл. 3

Возраст, лет	Количество учителей			
	Москва	Ярославская область		
		2002 г.	2003 г.	2004 г.
23	16	102	95	90
24	17	119	111	104
25	18	133	123	115
26	19	144	133	123
27	19	154	142	130
28	19	164	150	136
29	20	173	158	142
30	21	184	167	149
31	22	196	177	158
32	24	208	188	168
33	25	223	202	180
34	25	238	216	193
35	27	255	232	208
36	27	271	247	223
37	28	287	262	238
38	29	301	277	252
39	30	314	289	265
40	30	324	300	277
41	30	331	308	286
42	30	336	314	294
43	29	337	317	299
44	29	337	318	301
45	28	333	317	303
46	27	328	314	302
47	26	322	310	300
48	25	314	305	297
49	24	306	298	292
50	23	297	291	287
51	22	288	284	282
52	22	279	276	276
53	21	271	269	269
54	20	262	261	262

Возраст, лет	Количество учителей			
	Москва	Ярославская область		
		2002 г.	2003 г.	2004 г.
55	19	253	253	255
56	19	245	245	247
57	18	236	237	240
58	17	227	229	232
59	16	219	221	224
60	15	210	212	216
61	15	202	204	208
62	14	193	196	200
63	14	185	188	192
64	13	176	180	185
65	12	168	172	177

Таким образом, в результате предварительной обработки данных были получены нужные для расчета коэффициентов модели распределения. Поскольку в модели минимальный возраст сотрудников выбран равным 20 лет, то группы, соответствующие возрастам 18 и 19 лет, нужно было отбросить, что не создало проблем из-за малочисленности этих групп.

Расчет коэффициентов для модели

На следующем этапе используем данные из табл. 3, содержащей информацию о возрастной структуре учителей средних школ Москвы и Ярославской области в 2001-м и 2002–2004 гг. соответственно. Наличие этих данных позволяет применить алгоритм (А), для чего требуется задать начальное приближение параметров модели.

Для Москвы в этом качестве начального приближения коэффициентов $k_1^{(0)}$ были взяты оценки на основе данных о желании и готовности учителей средних школ сменить работу из [7], поскольку в [2] их использование привело к рассчитанному распределению, достаточно близкому к реальному.

В Ярославской области наличие данных за три последовательных года позволило оценить начальные приближения этих коэффициентов, исходя из анализа динамики численности учителей одного года рождения в течение этих трех лет. На основании имеющихся данных вычислялись предположительные (поскольку сами данные есть результат аппроксимации) реальные коэффициенты мобильности в 2002-м и 2003 гг., затем на их базе по формулам модели находились два предположительных значения коэффициентов k_1 (с учетом того, что мы считаем параметр $s = 0,3$), а в качестве начального приближения выбиралось их среднее арифметическое.

Начальное приближение объемов выпуска педагогов высшими и средними специальными учебными заведениями было взято в виде

$$v^{(0)}(t) = V_0 / (t_{\max} - t_{\min}) \text{ для } 20 \leq t \leq 30.$$

Применяя алгоритм (А), после 10-20 итераций были получены коэффициенты для модели по Москве и Ярославской области, приведенные в табл. 4. Следует отметить, что расчеты делались на 1000 рабочих мест для Москвы и на 10000, что примерно соответствует реальному общему количеству ставок, для Ярославской области.

Таблица 4

КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ МОДЕЛИ ПО МОСКВЕ
И ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Возраст t , лет	Москва		Ярославская область	
	Коэффициенты $k_1(t)$	Условный объем выпуска $v(t)$	Коэффициенты $k_1(t)$	Условный объем выпуска $v(t)$
20	0,001	7	0,001	70
21	0,005	7	0,005	70
22	0,01	7	0,03	50
23	0,015	5	0,04	30
24	0,015	3	0,06	20
25	0,015	2	0,06	20
26	0,015	2	0,06	20

Продолжение табл. 4

Возраст t , лет	Москва		Ярославская область	
	Коэффициен- ты $k_1(t)$	Условный объем выпуска $v(t)$	Коэффициен- ты $k_1(t)$	Условный объем выпуска $v(t)$
27	0,015	2	0,07	20
28	0,015	1	0,07	10
29	0,015		0,08	
30	0,015		0,06	
31	0,015		0,05	
32	0,015		0,05	
33	0,015		0,05	
34	0,015		0,05	
35	0,015		0,05	
36	0,014		0,05	
37	0,014		0,05	
38	0,014		0,048	
39	0,014		0,05	
40	0,013		0,05	
41	0,013		0,06	
42	0,013		0,07	
43	0,013		0,08	
44	0,014		0,08	
45	0,014		0,08	
46	0,014		0,08	
47	0,014		0,071	
48	0,014		0,068	
49	0,014		0,067	
50	0,014		0,062	
51	0,014		0,054	
52	0,013		0,05	
53	0,013		0,044	
54	0,012		0,043	
55	0,012		0,041	
56	0,012		0,04	

Возраст t , лет	Москва		Ярославская область	
	Коэффициен- ты $k_1(t)$	Условный объем выпуска $v(t)$	Коэффициен- ты $k_1(t)$	Условный объем выпуска $v(t)$
57	0,015		0,05	
58	0,016		0,06	
59	0,017		0,07	
60	0,018		0,08	
61	0,02		0,09	
62	0,03		0,1	
63	0,04		0,11	
64	0,05		0,12	
65	0,06		0,13	

Прогнозирование динамики возрастной структуры учителей для некоторых сценариев развития ситуации

Для каждого из регионов при помощи модели с использованием найденных коэффициентов проводились расчеты для шести сценариев динамики возрастной структуры учителей средних школ.

1. Достижение стационарного состояния при $s = 0,9$, затем 11 шагов для Москвы (1990–2001 гг.) и 13 шагов для Ярославской области (1990–2003 гг.) при $s = 0,3$ (полученное распределение сравнивалось с реальным при расчете коэффициентов). Результаты этого расчета являются приближением нынешней ситуации; они использовались как отправная точка для пяти других сценариев.

2. Сохранение нынешней ситуации ($s = 0,3$) в течение 10 лет.

3. Прекращение дополнительной социальной поддержки учителей ($s = 0,2$, можно представить себе это как отказ от каких-либо доплат), продолжающееся в течение 10 лет.

4. Скачкообразное повышение уровня обеспечения до 0,99 и поддержание его в течение 10 лет.

5. Постепенное повышение уровня обеспечения, соответствующее повышению средней зарплаты учителей до средней зарплаты по стране ($s = 0,6$) в течение 3 лет, затем 7 лет поддержания обеспечения на этом уровне.

6. Постепенное повышение уровня обеспечения до нормального ($s = 0,99$) в течение 5 лет, затем еще 5 лет поддержания обеспечения на этом уровне.

Для каждого сценария было найдено итоговое распределение по возрастам и суммарное количество занятых. Последняя величина определяет дефицит кадров, поскольку количество вакансий мы считаем постоянным.

Рассмотрим результаты прогнозирования динамики возрастной структуры учителей школ в каждом из шести сценариев. Они приведены в расчете на 1000 рабочих мест для Москвы и на 10000, т.е. практически в абсолютных показателях, для Ярославской области.

На рис. 1 приведена картина, которую дает модель для современной (точнее, соответствующей 2001 г. для Москвы и 2003 г. для Ярославской области) ситуации. Максимум распределения уже сместился на возрасты 40-50 лет в Москве и 35-45 лет в Ярославской области, хотя в нормальной ситуации он должен находиться в районе 23-27 лет, т.е. приходится на возраст выпускников вузов с учетом возможности обучения в аспирантуре или отпуска по уходу за ребенком. Однако эта ненормальная ситуация еще не вызывает серьезного дефицита кадров: в Москве занята 921 вакансия из 1000, в Ярославле – 9413 из 10000.

На рис. 2 показаны результаты моделирования динамики при сохранении нынешней ситуации в течение 10 лет, т.е. до 2011–2013 гг. Отсутствие изменений социально-экономических условий приводит к тому, что максимум распределения смещается в сторону увеличения возраста, достигает пенсионного и начинается период обвального сокращения числа занятых, появляется значительный дефицит: заняты лишь 637 вакансий из 1000 в Москве

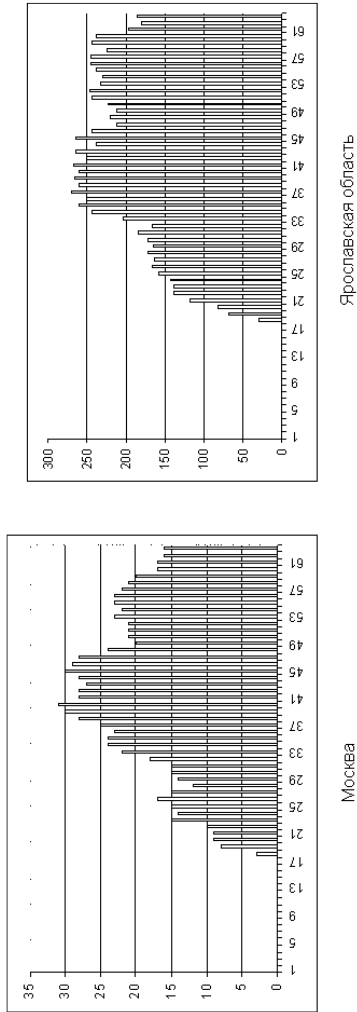


Рис. 1. Гистограмма распределения учителей по возрастам в современной ситуации

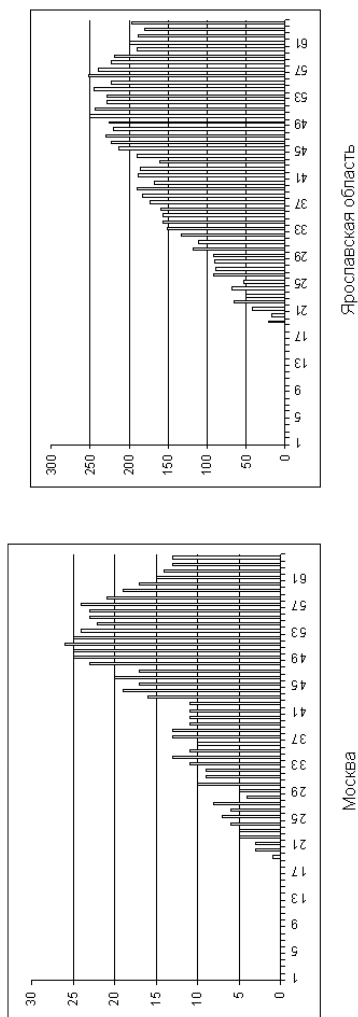


Рис. 2. Гистограмма распределения учителей по возрастам при сохранении нынешней ситуации в течение 10 лет

и 7515 из 10000 в Ярославской области. Видно, что кризис, который можно ожидать в провинции, не такой жесткий, как в столице, но и там возникает 25%-ный дефицит кадров. Ситуация, при которой все более высокой становится доля учителей старших возрастных групп, помимо обострения проблемы недостатка кадров, в целом, возможно, способна привести к снижению эффективности среднего образования. Растущий разрыв между ценностями, присущими учителям и школьникам, как показывают исследования [1], может затруднять передачу знаний.

На рис. 3 показаны последствия третьего сценария. Как видно, ситуация при ухудшении социального обеспечения учителей также критическая, но принципиально мало отличается от второго сценария. Здесь заняты 523 из 1000 московских вакансий и 6408 из 10000 ярославских вакансий.

Рис. 4 изображает положение дел по прошествии 10 лет в случае скачкообразного перехода к полноценному финансированию. К этому моменту количественная проблема с кадрами уже решена, в Москве заняты 925 из 1000 вакансий, в Ярославской области – 9998 из 10000 вакансий, т.е. практически 100%. Однако имеет место ярко выраженное в столице и несколько смазанное в провинции расслоение учителей на возрастные группы. У распределения теперь два максимума. Первый – вновь пришедшие молодые специалисты, скорее всего, с новой системой ценностей и со стремлением построить новую эффективную систему среднего образования. Второй – учителя предпенсионного возраста, которые пережили кризис среднего образования, со своими ценностями, хотя в целом и претерпевшими значительные трансформации в кризисный период, однако в целом ориентированными на возрождение старых традиций отечественного образования. Общих точек у этих групп мало, а сотрудники 30-40-летнего возраста, способные осуществить «связь поколений», немногочисленны. Таким образом, условия четвертого сценария, внешне благополучные, могут привести к внутреннему «конфликту поколений»,

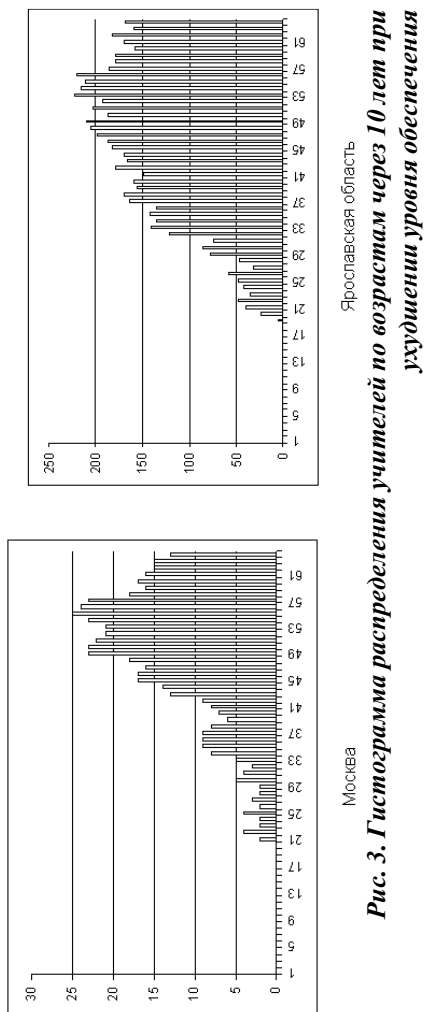


Рис. 3. Гистограмма распределения учителей по возрастам через 10 лет при ухудшении уровня обеспечения

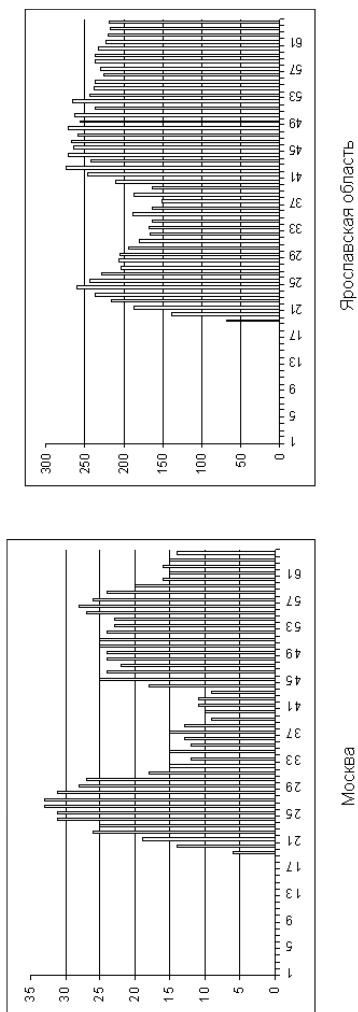
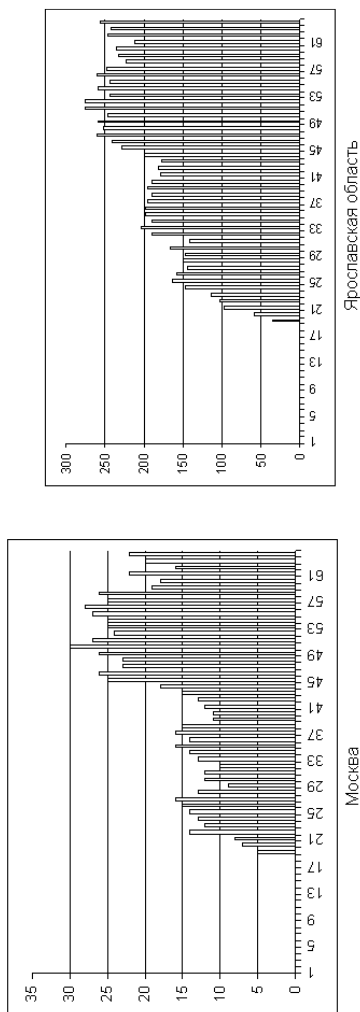


Рис. 4. Гистограмма распределения учителей по возрастам через 10 лет после скачкообразного перехода к полноценному финансированию

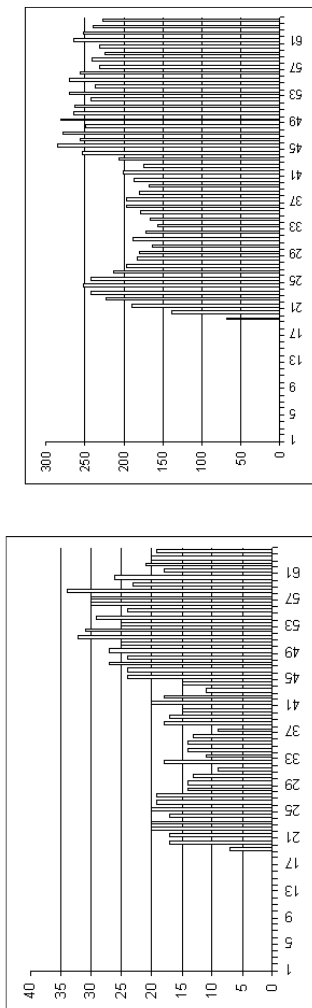
который, правда, будет заметно менее резко выражен в провинции. Подводя итог, можно предположить, что подобная ситуация требует также разработки программы, которая будет обеспечивать нормальное взаимодействие внутри профессионального общества на протяжении некоторого переходного периода.

Пятый сценарий, представляющий постепенный подъем средней зарплаты учителей до уровня средней зарплаты по стране в течение 3 лет, дает еще через семь лет ситуацию, показанную на рис. 5. Эта ситуация близка в смысле среднеквадратичного отклонения к результатам первого сценария – результатам модели для настоящего момента, в частности, отличие от них не больше, чем их отличие от наблюдаемого распределения. Особой схожестью отличается положение дел, прогнозируемое в этом случае для Ярославля, где заняты 9042 вакансии, а в Москве дефицит даже увеличится несмотря на проведенное повышение уровня обеспечения – 805 из 1000 вакансий будут заполнены. Таким образом, пятый сценарий предполагает замораживание нынешней не вполне благополучной кадровой структуры.

Наконец, рассмотрим итоги сценария, предполагающего постепенный подъем обеспечения до $s = 0,99$ в течение 5 лет. (Этот срок является максимальным из приводящих к похожим результатам – аналогичная картина получается, если повышение проводить в течение 3 или 4 лет.) После этого были проделаны еще пять шагов, чтобы продолжительность сценария достигла 10 лет. Здесь ситуация с дефицитом кадров выправлена (912 на 1000 вакансий в Москве и 9967 на 10000 в Ярославской области), при этом исчезла угроза «кадрового обвала» из сценария 2, но и нет явного расслоения, как в сценарии 4. В целом, данный сценарий можно назвать наиболее благополучным из исследованных, что, конечно, не мешает предполагать возможность дальнейшей оптимизации управления ситуацией.



**Рис. 5. Гистограмма распределения учителей по возрастам через 10 лет после
постепенного подъема средней зарплаты учителей до уровня
средней зарплаты по стране**



6. Гистограмма распределения учителей по возрастам через 10 лет после постепенного подъема средней зарплаты до уровня $s = 0,99$

Москва

Ярославская область

Итак, прогнозирование динамики возрастной структуры учителей средних школ в столице и в одном из регионов на период в десять лет позволяет сделать следующие выводы:

1. Сохранение нынешнего уровня обеспечения учителей, соответствующего параметру $s = 0,3$, приведет через десять лет к наступлению острейшего дефицита кадров в этой области. При этом ситуация не будет принципиально отличаться от варианта, при котором государство перестает проявлять заботу о материальном обеспечении педагогов ($s = 0,2$).

2. Предполагаемое повышение средней зарплаты учителей до средней зарплаты по стране «заморозит» проблемную ситуацию с возрастной структурой. Поскольку сейчас средняя зарплата учителей примерно вдвое ниже средней зарплаты по стране, составляющей 8500 рублей, то это повышение соответствует переходу к $s = 0,6$ и описано в пятом сценарии.

3. Одномоментный переход к высокому уровню обеспечения (а если предположить пропорциональную зависимость параметра s от реальной заработной платы, то уровню $s = 1$ соответствует средняя зарплата учителей в 14000 рублей при настоящей покупательной способности) приведет к разделению учителей на две ярко выраженные возрастные группы и возможному «конфликту поколений».

4. Проблема дефицита учительских кадров может быть решена при постепенном, но в течение не более пяти лет, повышении уровня обеспечения до $s = 1$ (средняя зарплата в 14000 рублей при настоящей покупательной способности рубля). При этом следует отметить один важный момент, находящийся за рамками применявшейся математической модели, но, тем не менее, очевидный: для успешного решения кадровой проблемы необходимо кардинальное улучшение системы подготовки молодых специалистов в высших и средних специальных педагогических учебных заведениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Собкин В.С., Равлюк С.Г.* Учитель об образовании: опыт социологического исследования профессиональной позиции // Социология образования. Труды по социологии образования. М.: ЦСО РАО, 2004. С. 281–338. Т. IX. Вып. XV.
2. *Степанцов М.Е.* Модель возрастной структуры учителей средней школы // Математическое моделирование. 2005. Т. 17. № 3. С. 61–66.
3. *Катица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. 2-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
4. *Тоффоли Т., Марголус Н.* Машины клеточных автоматов. М.: Мир, 1991.
5. *Малинецкий Г. Г. Степанцов М.Е.* Клеточные автоматы для расчета некоторых газодинамических процессов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1996. Т. 36. № 5. С. 137–145.
6. *Степанцов М.Е.* Математическая модель направленного движения группы людей // Математическое моделирование. 2004. Т. 16. № 3. С. 43–49.
7. *Собкин В.С., Равлюк С.Г.* Если будущее вызывает тревогу // Первое сентября. 2001. 6 окт. № 62.