

О НЕЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ЗАБЫВАНИЯ ОТ ПОЛНОТЫ ЗАПОМИНАНИЯ ПРИ ЗАУЧИВАНИИ СЛОВ ПОДРОСТКАМИ

Е.В. ЧМЫХОВА, А.Т. ТЕРЕХИН

Исследовалась зависимость скорости забывания от объема запомненной информации путем анализа экспериментальных данных по заучиванию слов подростками. Подгонка данных для каждого из испытуемых к двум моделям забывания – экспоненциальной зависимости от корня из времени и экспоненциальной зависимости, ограниченной снизу, показала, что скорость забывания не зависит от полноты запоминания.

Ключевые слова: кривые забывания, память, забывание, скорость забывания, независимость скорости забывания от объема запомненного, подростковая память.

Предположим, что два школьника усвоили разный объем знаний по некоторой теме. Как это различие повлияет на естественный процесс забывания усвоенного материала? Будет ли один из них забывать его быстрее? Или скорость забывания не будет зависеть от первоначального объема? Мы постараемся ответить на эти вопросы, анализируя экспериментальные данные по запоминанию и последующему отсроченному воспроизведению пар слов учащимися.

В 2001 г. 103 подростка, учащихся VII–VIII классов общеобразовательной школы Москвы, участвовали в эксперименте¹ с разным временем оставлением воспроизведения выученных понятий. Схема заучивания в эксперименте была стандартной – использовалась методика ТУЗ-В для школьников. Список включал 20 пар слов (каждая пара включала иностранное слово и его эквивалент на русском языке). Процедура эксперимента состояла из нескольких этапов. При обработке данных учитывалось время заучивания и количество правильно выученных понятий. Контроль заучивания

осуществлялся трижды: через 3–4 ч после заучивания, через неделю и через месяц.

Обращает на себя внимание тот факт, что, несмотря на уменьшение единиц информации, сохраняющихся в памяти, ученики с плохой и хорошей памятью различаются несущественно. Поэтому можно предположить, что существует некий механизм, ограничивающий объем сохранения в памяти выученного примерно на одну треть.

В таблице (см. приложение) приведены результаты эксперимента. Для каждого испытуемого указаны пол, возраст, показатель интеллекта IQ, средний учебный балл, а также число слов, воспроизведенных сразу после заучивания, через неделю и через месяц.

Прежде всего необходимо ответить на вопрос о том, какой точный смысл вкладывается в понятие «скорость забывания». Ответ на этот вопрос зависит от того, какой математической моделью описывается процесс забывания. Поэтому рассмотрим сначала основные модели забывания, описанные в литературе.

Кривые забывания. Первые экспериментальные работы по забыванию были проведены Г. Эббингаузом [3], который обнаружил, что доля сохраненной в памяти информации уменьшается со временем и что это убывание можно приближенно описать

¹ Планирование, организацию и проведение экспериментов осуществляли сотрудники Департамента науки и инноваций Современной гуманитарной академии Е.В. Чмыхова, И.В. Тихомирова и Н.Ф. Шляхта.

экспоненциальной зависимостью: $R(\tau) = e^{-k\tau}$, где R – доля сохраненной информации, τ – время, прошедшее с момента запоминания, и k – скорость забывания ($k = 1$ соответствует уменьшению сохраненной информации в $e = 2,718$ раз в каждую единицу времени).

С тех пор были проведены сотни опытов по изучению закономерностей забывания. В частности, в обширном обзоре Д. Рубина и А. Вензела [9] были проанализированы 210 наборов экспериментальных данных, каждый из которых описывался 105 заранее выбранными формами зависимости доли сохраненной в памяти информации от времени, прошедшего с момента запоминания. Наилучшие приближения дали гиперболическая, логарифмическая и экспоненциальная функции, а также экспоненциальная функция от квадратного корня из времени:

$$R(\tau) = (\tau + 1)^{-k}; R(\tau) = (\ln(\tau) + e)^{-k};$$

$$R(\tau) = e^{-k\tau}; R(\tau) = e^{-k\sqrt{\tau}}.$$

Хорошее улучшение приближения данных, особенно на больших промежутках времени, дает введение в формулу кривой забывания нижней границы забывания [8], [10]. В [1] для приближения данных по забыванию автобиографических событий из [5] была использована ограниченная снизу константой C убывающая экспонента:

$$R(\tau) = C + (1 - C)e^{-k\tau}.$$

Скорость забывания. Поскольку эмпирические данные практически одинаково успешно могут быть аппроксимированы разными функциями, выбор между ними может быть сделан только с привлечением дополнительных теоретических построений или экспериментальных фактов. В частности, К. Уайт [12] обосновал теоретически и экспериментально, что скорость забывания (определенная как доля снижения сохраняемой в памяти запомненной информации) примерно постоянна во времени. Поскольку при использовании гиперболической и логарифмической функций скорость забывания меняется во времени, то им был сделан вывод о предпочтительности ис-

пользования сохраняющей скорость забывания экспоненциальной функции – либо как функции времени, либо как функции квадратного корня из времени. Использование квадратного корня интерпретировалось как нелинейное изменение шкалы времени – своего рода психологическое время.

В качестве альтернативы изменению шкалы времени можно предложить использовать приведенную выше ограниченную снизу экспоненциальную зависимость. Теоретические и экспериментальные основания для введения ограничения забывания снизу в принципе имеются – это результаты исследований процессов консолидации памяти в медиальной префронтальной коре [4]. Конечно, ограниченная снизу экспонента в целом описывает забывание как процесс с замедляющейся скоростью забывания (как, впрочем, и экспоненциальная функция от корня из времени, если рассматривать ее как функцию от самого времени). Однако при определении скорости забывания мы можем интересоваться только экспоненциальной составляющей.

Из сказанного следует вывод, что определение скорости забывания может зависеть от вида математической модели, с помощью которой мы описываем зависимость доли сохраненной запомненной информации от времени, прошедшего после запоминания. В случае простой экспоненциальной модели ситуация очевидна и естественна – скорость определяется параметром k . Однако простая экспоненциальная зависимость не всегда способна адекватно описать реально наблюдаемые зависимости, поэтому приходится использовать более сложные модели. В частности, имеются аргументы в пользу использования экспоненты, зависящей от корня из времени, и экспоненты, ограниченной снизу. В обоих случаях скорость забывания, как и в случае простой экспоненты, естественно определить величиной параметра k . Однако при этом обязательно следует уточнить, что используется не простая, а модифицированная экспо-

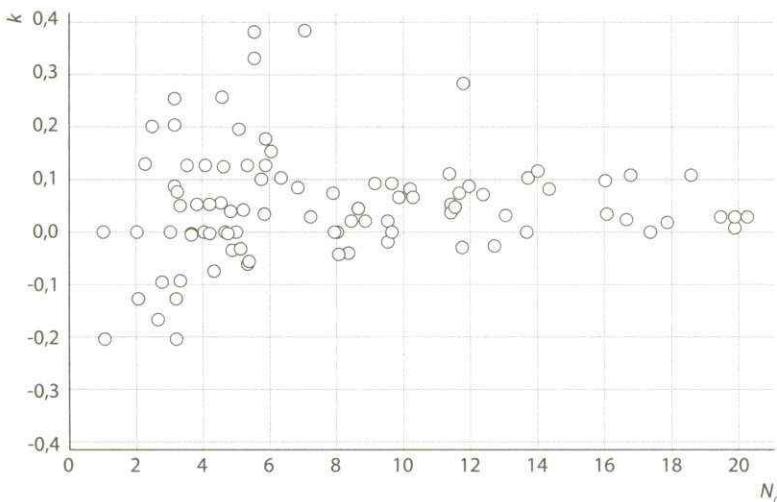


Рис. 1. Диаграмма рассеяния параметров N_0 и k для модели экспоненциальной зависимости от корня из времени

ненциальная зависимость, и указать, какая именно. Очевидно, что при любом сравнении скоростей забывания они должны быть определены по одной и той же модели.

АНАЛИЗ ДАННЫХ

Для подгонки перечисленных выше моделей к реальным данным в них необходимо ввести дополнительный параметр N_0 — объем запомненной информации в момент окончания процесса запоминания, соответствующего $\tau = 0$. Мы рассмотрим три модели зависимости объема информации $N(\tau)$, сохраненной в памяти по истечении времени τ после запоминания, — экспоненциальную зависимость от времени, экспоненциальную зависимость от корня из времени и ограниченную снизу экспоненциальную зависимость:

$$N(\tau) = N_0 e^{k\tau}, \quad (1)$$

$$N(\tau) = N_0 e^{k\sqrt{\tau}}, \quad (2)$$

$$N(\tau) = N_0 (C + (1 - C)e^{-k\sqrt{\tau}}). \quad (3)$$

Для упрощения нахождения параметров N_0 и k первые две модели можно линеаризовать путем логарифмирования:

$$\ln(N(\tau)) = \ln(N_0) - k\tau,$$

$$\ln(N(\tau)) = \ln(N_0) - k\sqrt{\tau}.$$

Оценивание параметров N_0 и k методом линейного регрессионного анализа по осредненным данным дало следующие два уравнения:

$$\ln(N(\tau)) = 1,80 - 0,007\tau, R = 0,640,$$

$$\ln(N(\tau)) = 1,85 - 0,050\sqrt{\tau}, R = 0,827.$$

Поскольку коэффициент множественной корреляции $R = 0,640$ для экспоненциальной зависимости от времени существенно меньше, чем коэффициент множественной корреляции $R = 0,827$ для экспоненциальной зависимости от корня из времени, мы не будем далее рассматривать первую модель. Второе уравнение путем потенцирования можно представить в исходной форме (2):

$$N(\tau) = 6,4e^{-0,05\sqrt{\tau}}.$$

Для решения вопроса о наличии или отсутствии зависимости между объемом запомненной информации и скоростью ее забывания параметры N_0 и k уравнения (2) были определены (также с использованием линеаризации) уже не для осредненных данных, а для каждого испытуемого. Найденные значения приведены в последних двух столбцах таблицы (см. Приложение), а на рис. 1 показана диаграмма рассеяния полученных значений N_0 и k .

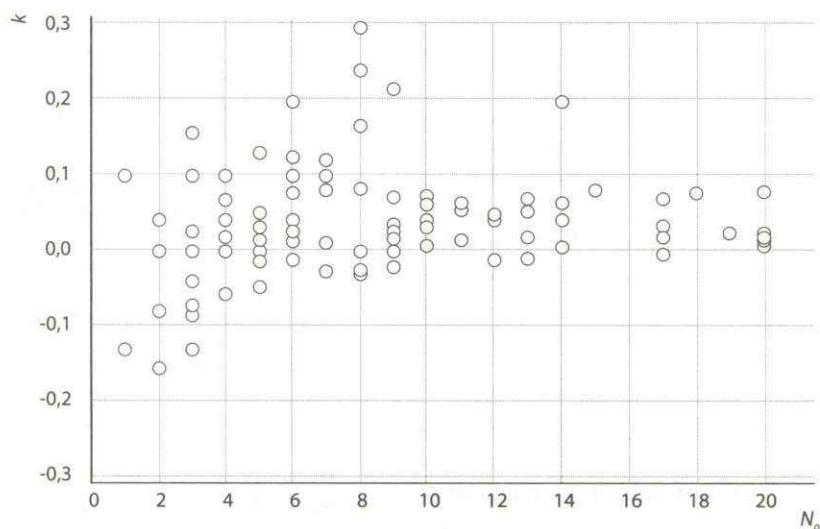


Рис. 2. Диаграмма рассеяния параметров N_0 и k для модели ограниченной снизу экспоненциальной зависимости от времени

Визуальный анализ рис. 1 не обнаруживает явно выраженной связи между N и k . Формальный регрессионный анализ также не показывает значимой статистической зависимости k от N : $R = 0,09$ и $p = 0,37$.

Для исследования вопроса о наличии или отсутствии зависимости скорости забывания от объема запомненного в контексте модели ограниченной снизу экспоненциальной зависимости от времени (3) мы определяли коэффициенты для всех испытуемых, используя приближенный метод, — параметр N_0 полагался равным $N(0)$, а параметр k вычислялся по формуле:

$$k = -\frac{1}{7} \ln \left[\frac{(N(7) + N(30)) / 2}{N(0)} \right] \quad (4)$$

На рис. 2 приведена диаграмма рассеяния полученных значений N_0 и k .

Как и в случае модели экспоненциальной зависимости от корня из времени, визуальный анализ не обнаруживает зависимости k от N_0 . Также не показывает статистической зависимости k от N_0 и регрессионный анализ: $R = 0,15$ и $p = 0,14$. Таким образом, полученный выше для модели экспоненциальной зависимости от корня из времени результат о независимости скоп-

ности забывания от объема запомненного подтверждается и на модели ограниченной снизу экспоненциальной зависимости от времени.

Этот вывод согласуется с результатами ряда других исследований [2], [6], [7], [11].

Выводы

Для модели экспоненциальной зависимости от корня из времени (2) для осредненных данных было найдено значение параметра k , равное 0,05. Это соответствует примерно 5% процентам забывания в единицу времени (день), поскольку $e^{-0,05} \approx 0,95$. Для модели ограниченной снизу экспоненциальной зависимости от времени (3) по формуле (4) для осредненных данных получаем близкое значение $k = 0,035$, соответствующее примерно 3,5% процентам забывания в день. Однако интерпретация скоростей забывания в этих двух моделях кардинально различается.

В случае модели экспоненциальной зависимости от корня из времени слово-сочетание «единица времени» в его буквальном смысле можно отнести только к первому дню после запоминания. Вторая

«единица времени» длится уже до четвертого дня, третья – до девятого, четвертая – до шестнадцатого и т.д.

В модели ограниченной снизу экспоненциальной зависимости от времени время течет равномерно. Однако 3,5%-е убывание относится не ко всей запомненной информации, а только к ее части, доля которой равна $1 - C$, где C – нижняя граница забывания. В нашем случае эта доля составляет 29%, как следует из регрессионного уравнения

$N(\tau) = 7,7 \times [0,71 + (1 - 0,71)e^{-0,035\tau}]$, полученного методом нелинейного регрессионного анализа по осредненным данным при фиксированном значении параметра $k = 0,035$ и свободных параметрах N_0 и C .

Однако, несмотря на столь существенное различие в форме и интерпретации, обе модели приводят к одинаковому выводу о независимости скорости забывания от полноты запоминания.

- Карпенко М.П., Чмыхова Е.В., Терехин А.Т. Модель возрастного изменения восприятия времени // Вопр. психол. 2009. № 2. С. 81–87.
- Bogartz R.S. Evaluating forgetting curves psychologically // J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognit. 1990. V. 16. P. 138–148.
- Ebbinghaus H. Über das Gedächtnis. Untersuchungen zur experimentellen Psychologie. Leipzig: Duncker and Humblot, 1885. (English edition:

Ebbinghaus H. Memory: A contribution to experimental psychology. N.Y.: Dover, 1964).

- Euston D.R., Tatsuno M., McNaughton B.L. Fast-forward playback of recent memory sequences in prefrontal cortex during sleep // Science. 2007. V. 318. P. 1147–1150.
- Janssen S.M.J., Chessa A.G., Murre J.M.J. Modeling the reminiscence bump in autobiographical memory with the memory Chain Model // Kokinov B., Hirst W. (eds). Constructive memory. Sofia: NBU Press, 2003. P. 138–147.
- Loftus G.R. Evaluating forgetting curves // J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognit. 1985. V. 11. P. 396–405.
- Loftus G.R., Bamber D. Weak models, strong models, unidimensional models, and psychological time // J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognit. 1990. V. 16. P. 916–926.
- Meeter M., Murre J.M.J., Janssen S.M.J. Remembering the news: Modeling retention data from a study with 14,000 participants // Memory and Cognit. 2005. V. 33 (5). P. 793–810.
- Rubin D.C., Wenzel A.E. One hundred years of forgetting: A quantitative description of retention // Psychol. Rev. 1996. V. 103. P. 734–760.
- Rubin D.C., Hinton S., Wenzel A.E. The precise time course of retention // J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognit. 1999. V. 25. P. 1161–1176.
- Slamecka N.J., McElree B. Normal forgetting of verbal lists as a function of their degree of learning // J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognit. 1983. V. 9. P. 384–397.
- White K.G. Forgetting functions // Animal Learn. & Behav. 2001. V. 29 (3). P. 193–207.

Поступила в редакцию 12. IV 2010 г.

Приложение

Результаты эксперимента по отсроченному воспроизведению выученных понятий

№ п/п	Пол	Возраст (лет)	IQ	Средний учебный балл	Воспроизведено слов			N_0	k
					сразу	через неделю	через месяц		
1	м	11	120	17,5	2,00	2,00	2,00	2,00	0,000
2	м	11	129	16,3	5,00	5,00	5,00	5,00	0,000
3	ж	10	128	21,6	8,00	8,00	8,00	8,00	0,000
4	ж	10	143	21,5	6,00	4,00	3,00	5,86	0,126
5	м	10	133	18,7	4,00	3,00	3,00	3,80	0,052
6	м	11	125	14,5	5,00	4,00	4,00	4,81	0,040

Таблица

7	ж	11	115	21,2	7,00	3,00	4,00	5,74	0,100
8	м	10	135	21,6	10,00	8,00	7,00	9,83	0,065
9	ж	10	123	21,2	6,00	2,00	3,00	4,61	0,123
10	ж	11	105	23,3	9,00	5,00	6,00	7,86	0,072
11	ж	11	112	19,9	7,00	3,00	4,00	5,74	0,100
12	м	12	115	17,6	9,00	11,00	10,00	9,48	-0,019
13	ж	10	125	19,2	5,00	5,00	6,00	4,85	-0,034
14	ж	10	141	21,2	6,00	3,00	3,00	5,30	0,125
15	ж	11	83	18,0	6,00	2,00	1,00	5,54	0,326
16	ж	11	128	23,3	2,00	7,00	5,00	2,64	-0,164
17	ж	11	127	19,0	4,00	3,00	4,00	3,62	-0,001
18	м	10	127	22,0	3,00	5,00	6,00	3,19	-0,126
19	ж	11	112	23,1	9,00	8,00	8,00	8,81	0,021
20	м	11	122	17,5	4,00	5,00	3,00	4,53	0,054
21	ж	11	109	21,3	3,00	3,00	5,00	2,76	-0,094
22	м	10	128	21,5	12,00	9,00	9,00	11,40	0,052
23	м	11	117	16,3	3,00	6,00	9,00	3,17	-0,200
24	м	11	117	18,3	5,00	7,00	7,00	5,31	-0,061
25	м	10	128	17,3	1,00	2,00	3,00	1,06	-0,200
26	м	11	116	20,1	5,00	4,00	5,00	4,63	-0,001
27	ж	11	107	20,1	7,00	10,00	7,00	7,92	0,001
28	м	11	128	22,6	4,00	3,00	4,00	3,62	-0,001
29	м	10	116	19,8	5,00	1,00	3,00	3,13	0,088
31	м	10	106	17,6	2,00	3,00	4,00	2,05	-0,126
32	ж	11	107	22,9	6,00	5,00	8,00	5,37	-0,054
33	ж	11	133	21,4	11,00	9,00	6,00	11,35	0,111
34	м	11	113	16,9	4,00	3,00	2,00	4,07	0,127
35	м	10	126	19,8	2,00	2,00	1,00	2,24	0,128
36	ж	11	123	23,7	9,00	11,00	10,00	9,48	-0,019
37	м	10	112	16,7	9,00	10,00	8,00	9,52	0,022
38	ж	12	136	22,3	5,00	5,00	4,00	5,19	0,041
39	ж	10	103	19,7	4,00	4,00	4,00	4,00	0,000
40	м	10	126	19,6	4,00	6,00	6,00	4,30	-0,073
41	м	10	130	19,0	6,00	5,00	8,00	5,37	-0,054
43	ж	11	107	20,6	4,00	3,00	1,00	4,56	0,255
44	м	11	101	17,5	2,00	3,00	4,00	2,05	-0,126
45	ж	11	126	23,6	13,00	12,00	11,00	13,00	0,031
46	ж	11	133	23,7	8,00	10,00	10,00	8,32	-0,040
47	ж	14	118	21,0	17,00	13,00	14,00	16,01	0,035
48	ж	14	120	21,5	12,00	12,00	14,00	11,70	-0,028

49	м	14	104	21,0	11,00	11,00	9,00	11,37	0,037
50	ж	14	95	19,0	19,00	15,00	17,00	17,84	0,020
51	м	14	96	15,0	3,00	3,00	3,00	3,00	0,000
52	ж	14	136	23,0	17,00	11,00	10,00	15,98	0,096
53	ж	14	122	21,0	8,00	2,00	3,00	5,84	0,175
54	м	14	125	14,5	8,00	2,00	1,00	7,01	0,378
55	м	14	124	20,5	20,00	12,00	11,00	18,53	0,108
56	ж	15	111	15,0	14,00	13,00	14,00	13,65	0,000
57	ж	14	104	17,5	15,00	7,00	10,00	12,34	0,072
58	м	13	120	19,0	17,00	18,00	17,00	17,34	0,000
59	м	14	91	13,5	3,00	2,00	1,00	3,13	0,201
60	м	14	107	15,5	7,00	7,00	6,00	7,18	0,028
61	м	14	106	20,0	13,00	8,00	8,00	11,92	0,088
62	ж	13	124	18,5	9,00	7,00	7,00	8,61	0,045
63	ж	14	128	22,5	10,00	6,00	6,00	9,13	0,092
64	м	14	109	19,5	11,00	7,00	7,00	10,15	0,082
65	ж	14	110	21,5	9,00	7,00	8,00	8,42	0,021
66	м	14	106	17,0	14,00	12,00	9,00	14,29	0,081
67	м	14	105	15,0	14,00	4,00	3,00	11,75	0,279
68	м	14	109	16,0	4,00	4,00	3,00	4,20	0,053
69	м	14	113	18,0	6,00	3,00	6,00	4,73	-0,003
70	ж	15	109	22,5	20,00	19,00	19,00	19,82	0,009
71	ж	14	119	14,5	5,00	3,00	5,00	4,19	-0,002
72	ж	14	109	15,5	8,00	2,00	1,00	7,01	0,378
73	м	14	127	17,5	3,00	1,00	1,00	2,47	0,198
74	м	14	107	20,5	13,00	13,00	15,00	12,69	-0,026
75	ж	13	107	18,0	18,00	11,00	10,00	16,75	0,06
76	ж	13	115	17,0	4,00	2,00	2,00	3,54	0,125
77	ж	13	109	16,0	3,00	3,00	2,00	3,21	0,075
78	м	14	117	20,5	6,00	4,00	7,00	5,09	-0,030
79	м	14	105	12,5	1,00	1,00	0,00	1,00	0,000
80	ж	14	93	16,0	1,00	0,00	1,00	1,00	0,000
81	м	14	120	18,5	9,00	7,00	8,00	8,42	0,021
82	м	14	115	16,5	4,00	2,00	3,00	3,30	0,050
83	м	14	118	20,5	8,00	1,00	1,00	5,52	0,375
84	ж	14	117	23,5	20,00	19,00	17,00	20,19	0,030
85	ж	14	133	18,0	13,00	8,00	10,00	11,49	0,046
86	м	14	107	15,5	9,00	1,00	3,00	5,07	0,194
87	м	14	101	17,0	10,00	9,00	7,00	10,23	0,065
88	ж	14	115	19,5	6,00	5,00	5,00	5,81	0,033

89	м	14	126	17,0	7,00	4,00	4,00	6,34	0,101
90	ж	14	127	17,5	10,00	9,00	10,00	9,64	0,000
91	ж	14	104	17,5	5,00	2,00	5,00	3,65	-0,004
92	ж	13	120	24,5	20,00	17,00	17,00	19,43	0,029
93	м	14	115	14,5	4,00	0,00	0,00	3,12	0,250
94	ж	14	125	16,8	7,00	3,00	3,00	6,02	0,153
95	м	14	109	19,0	8,00	9,00	10,00	8,03	-0,041
96	м	14	111	16,5	17,00	15,00	15,00	16,63	0,023
97	м	14	142	22,5	10,00	7,00	6,00	9,63	0,093
98	ж	14	113	14,0	12,00	9,00	8,00	11,63	0,074
99	м	14	100	18,0	3,00	5,00	5,00	3,29	-0,092
100	м	14	114	16,0	14,00	10,00	8,00	13,68	0,102
101	ж	14	114	19,0	7,00	7,00	6,00	7,18	0,028
102	ж	14	112	15,0	8,00	4,00	5,00	6,81	0,084
103	м	14	115	15,5	9,00	8,00	8,00	8,81	0,021
104	м	14	100	16,5	15,00	9,00	8,00	13,97	0,114
105	ж	14	99	21,5	20,00	18,00	17,00	19,82	0,030