

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра математического анализа и моделирования
Направление подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика
Профиль: Математическое и информационное обеспечение экономической
деятельности

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ Н.Н. Максимова

« _____ » _____ 2017г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Численное моделирование динамики населения страны

Исполнитель

студент группы 352об

(подпись, дата)

В.С. Осьмачко

Руководитель

доцент, канд. тех. наук

(подпись, дата)

А.В. Рыженко

Нормоконтроль

доцент, канд. техн. наук

(подпись, дата)

А.В. Рыженко

Благовещенск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра математического анализа и моделирования

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ Н.Н. Максимова
« _____ » _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

К бакалаврской работе студента Осьмачко Владислава Сергеевича.

1. Тема бакалаврской работы: Численное моделирование динамики населения страны (утверждена приказом от 10.04.2017 №770-уч).

2. Срок сдачи студента законченной работы: 13 июня 2017 г.

3. Исходные данные к бакалаврской работе: формулировка темы работы, литературные источники, отчет по преддипломной практике, справочные данные, определяющие предметную область.

4. Содержание бакалаврской работы (перечень подлежащих разработке вопросов): анализ и формализация сведений о предметной области, описание модели, прогнозирования численности населения; адаптация данных и методов анализа к рабочей программной среде Mathcad.

5. Перечень материалов приложения: листинги вычислительных программ.

6. Консультанты по бакалаврской работе – нормоконтроль: Рыженко А.В., канд. техн. наук, доцент.

7. Дата выдачи задания 24.04.2017 г.

Руководитель бакалаврской работы: Рыженко Андрей Викторович, канд. техн. наук, доцент

Задание принял к исполнению 24.04.2017: _____ Осьмачко В.С.

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 46 с., 4 рисунка, 3 таблицы, 21 источник, 3 приложения.

ДЕМОГРАФИЯ, ЧИСЛЕННОЕ
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, МАТНСАД

МОДЕЛИРОВАНИЕ,

Целью данной работы является рассмотрение, освоение и изложение основных понятий и модели теории прогнозирования населения, которая позволяет объективно изменение демографической ситуации в будущие периоды времени, как для отдельных регионов и областей РФ, так и для страны в целом.

В ходе данной работы проводится исследования различных математических модели для прогнозирования населения государства.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Теоретические аспекты демографии	8
1.1 Определение, предмет и задачи демографии	8
1.2 История демографии	11
1.3 Основные демографические показатели	18
2 Математическая модель для прогнозирования численности населения	20
2.1 Общая характеристика математической модели	20
2.2 Модели, не учитывающие половозрастное распределение	24
2.3 Модели учитывающие половозрастное распределение	27
3 Реализация математической модели	31
3.1 Основные возможности пакета прикладных программ Mathcad	31
3.2 Данные для модели учитывающие половозрастноераспределение и расчеграничного показателя	33
3.3 Расчет математической модели учитывающейполовозрастну структуру	35
3.4 Анализ результатов	40
Заключение	41
Библиографический список	42
Приложение А Листинг программы «Алгоритм расчета»	44
Приложение Б Листинг программы «Расчет количества человек в возрастной группе»	45
Приложение В Листинг программы «Расчет коэффициента дожития мужчин и женщин»	46

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире возрастает актуальность проблемы народонаселения, исследование данного вопроса приобретает особую значимость. Важность демографической проблемы признана всеми. В настоящее время население земного шара приближается к семи миллиардам человек. То есть за последние сто лет оно увеличилось вдвое. Демографическая ситуация развивается неравномерно как в странах так и на континентах. Так самый большой прирост населения наблюдается в странах азиатского континента[17]:

Китай – 1385 млн. человек, 1 место в мире;

Индия – 1343 млн. человек, 2 место в мире;

Индонезия – 264 млн. человек;

Пакистан – 196 млн. человек;

Бангладеш – 164 млн. человек;

Филиппины – 103 млн. человек;

Вьетнам – 95 млн. человек;

Иран – 81 млн. человек.

Таким образом, на Азию приходится более половины населения земного шара.

Поэтому некоторые страны проводят меры по замедлению роста населения. Пример этому – Китай, где был принят закон по ограничению количества детей в одной семье до одного человека. В настоящее время введены некоторые поправки, разрешается иметь двух детей, так как происходит старение населения страны и уменьшение трудоспособных граждан.

В странах Европы естественным путем снижается рождаемость населения и как следствие происходит старение населения континента. В XXI веке в Европу хлынул поток беженцев. Данный процесс продолжается и в настоящее время.

По данным ООН население планеты быстро растет и возникают

трудности с обеспечением людей продуктами питания и пресной питьевой водой. Например, в странах Африки – Эфиопия, Судан и др., в Южной Америке – Венесуэла.

В настоящее время, по разным причинам, демографическая ситуация складывается неравномерно и население в странах Европы и Северной Америки по естественным причинам стареет, а прирост замедляется. А в странах Азии, Африки, и Южной Америки средний возраст наоборот молодеет за счет рождаемости.

В Российской Федерации приходится решать проблему увеличения численности населения, которое составляет 144 миллиона человек, при площади территории 17 075 200 км². Плотность населения в России одна из самых низких в мире. После распада СССР население России сокращалось, смертность превышала рождаемость, не может не волновать, что с конца 80-х годов XX в. падение темпов роста населения приобрело драматический характер. Главными причинами замедления прироста населения и его естественной убыли являются низкая рождаемость и высокая смертность. Рождаемость упала в два раза, и к концу 90-х годов нация потеряла до восьми миллионов неродившихся человек. Как это ни страшно, но уже было сформировано понятие «время полураспада нации», то есть такой интервал времени, в течение которого численность коренного населения сократится в два раза, и если существующая тенденция роста смертности сохранится, то уже к середине XXI века Россия достигнет этого рубежа [14].

Перед Российским государством встала первоочередная задача прекратить спад экономики и перейти к ее росту. В России испытывается недостаток населения и, как правило, нехватка рабочей силы. Поэтому принимаются меры по увеличению плотности населения за счет стимулирования рождаемости. Принято положение о выплате материнского капитала семьям, у которых родился второй и третий ребенок. В приемных семьях выплачивается ежемесячное пособие на каждого приемного ребенка. Так же государством построены перинатальные центры в каждом субъекте РФ.

Выдается гражданство русско-говорящему населению, оказавшемуся после распада СССР за границей России и желающим проживать на территории России [14].

Кризисное состояние, в котором находится, как вся Россия в целом, так и ее субъекты не может не привлечь к себе внимание. Демографические проблемы: сокращение рождаемости, рост смертности и обусловленное этим старение населения, а так же сокращение продолжительности жизни по причине роста заболеваемости, алкоголизма, табакокурения и травматизма – все это заставляет задуматься над тем, что же ожидает нас в будущем.

Целью написания работы является анализ сложившейся демографической ситуации в Российской Федерации.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

- 1) изучение теоретических и математических методов вопросов демографии страны;
- 2) провести статистическую обработку собранного материала;
- 3) построение математической модели демографического процесса;
- 4) программная реализация поставленной задачи.

Для решения этих задач использовались следующие методы: литературный обзор – использование материалов периодической печати, научной и учебной литературы; аналитический – анализ демографической ситуации в России; – сравнение ситуации и статистических данных по России в целом. Основным методом исследования будет анализ статистики демографических характеристик.

Данная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

В первой главе рассматриваются теоретические аспекты демографии: предмет, задачи, основные показатели демографии, а также история и источники данных. Вторая глава содержит описательную часть математических моделей. В третьей главе описывается программная реализация в пакете прикладных программ (ППП) Mathcad.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕМОГРАФИИ

1.1 Определение, предмет и задачи демографии

Термин демография происходит от греческого «демос» – народ и «графа» – пишу; дословно он означает описание населения. Но демография с самого начала своей истории никогда не довольствовалась лишь описанием, ее предмет всегда был обширнее и основательнее.

Демография – это наука о закономерностях воспроизводства населения в общественно-исторической обусловленности этого процесса. В бытовом употреблении население – совокупность людей, проживающих на какой-либо территории. В научном осознании население – это целостный социальный феномен, занимающий конкретное пространство в системе общественных отношений, имеющий разнообразные связи с другими общественными подсистемами, владеющей личной структурой, динамикой и качественно-количественной определенностью. Население выступает не просто как одно из выражений общественной формы перемещения материи, а как ее настоящий носитель с свойственным ему разнообразием социально-экономических, политических, религиозных, государственных, этнических, семейных и других связей и отношений [14].

Считается, что первым использовал этот термин французский ученый А. Гийяр в 1855 г. в своей книге «Элементы статистики населения или же сравнительная демография».

Будучи одной из наук о популяции, демография выполняет собственные познавательные функции в тесной связи с другими науками, точно вычлняя ту область действительности, которую не исследует практически никакая иная наука, – систематическое возобновление населения путем смены поколений людей новыми другими поколениями.

Все явления, связанные с населением, демография анализирует через свойство самовоспроизводства населения, как его особенное качество. Это находит выражение в содержании ее категориального аппарата, задающего

общую картину демографических процессов. Таковы категории: демографического состояния (пребывание в семье, положение до брака или же в браке и т.д.); демографические действия, демографического поведения, демографических циклов волн.

Население, как демографическая совокупность, характеризуется социально-временной и пространственно-территориальной определенностью, что разрешает, к примеру, выделять население любой по размерам территории - население земного шара, материка, государства, ее составных частей, мегаполиса, сельского поселения, – в любой интервал времени, например, население России XIX в. или же население Российской Федерации (субъекта, региона, городского образования и т.д.).

Как независимая наука, демография исследует закономерности и социально-историческую обусловленность воспроизводства и передвижения населения различных территорий.

На основании изучения внутренних взаимосвязей между процессами и структурами, а еще воздействия на их критерии жизни и социальных отношений, определяющих интенсивность демографических процессов, демография узнает как совместные закономерности их протекания, так и особенности проявления этих закономерностей в конкретных населенных пунктах в определенных условиях места и времени.

В практическом плане в задачи демографических исследований входит описание демографической ситуации, анализ тенденций и факторов демографических процессов в стране или же на отдельно взятых территориях в различные периоды. На основании изученных факторов рождаемости и смертности на разных территориях, в разных социальных группах и поколениях демография рассматривает их особенности, предположительные изменения в будущем и осуществляет разработку демографического мониторинга сообществ в контексте демографических прогнозов страны и субъектов федерации[15].

Если без статистики невозможна демография, то без демографии

невозможно управление общественными процессами, поскольку население является основой и субъектом всей общественной жизни.

На основе изучения тенденций демографических процессов и их связей с другими общественными процессами разрабатываются прогнозы будущих изменений в численности и структуре населения. Эти прогнозы нужны для оценки предположительного характера демографического развития, именно на демографические прогнозы опираются специалисты при планировании всего народного хозяйства. В область демографических исследований входит описание демографической ситуации, анализ тенденций и факторов демографических процессов в стране в целом, на отдельных ее территориях или в группах населения в различные периоды. На основании данных демографического анализа демография оценивает их наиболее вероятное изменение в будущем, разрабатывая демографические прогнозы[15].

Сведения о предположительной численности и структуре населения служат исходным материалом для экономических оценок, в частности, распределения трудовых ресурсов и производства предметов потребления, жилищного строительства, развития здравоохранения (предмет социально-экономической политики).

Понимание объективного характера закономерностей воспроизводства населения, особенностей их социальной детерминации позволяет демографии разрабатывать рекомендации относительно общих направлений и конкретных мероприятий социальной и семейной политики государства (регулирование занятости, условий труда и отдыха, уровня жизни, подготовки кадров, социального обеспечения и т. д.). Существуют принципы демографической политики, нацеленной на изменение демографических процессов и воспроизводства, скорости роста населения и происходящих социально-демографических изменений.

На глобальном уровне действующие демографические закономерности (роста населения, инерционности рождаемости и смертности, старения населения, стабилизации половозрастной структуры в условиях относительного

покоя) сами способны диктовать специфику экономического и политического развития отдельным государствам, этносам и группам стран.

1.2 История демографии

Вопросы и задачи, связанные с численностью и качеством населения, возникли вместе с возникновением общества и решались, так сказать, инстинктивно в соответствии с практическими потребностями. Первые попытки теоретически осмыслить (сформулировать в виде проблем и их решений) относятся к периоду возникновения государств и связаны с потребностью управления общественными процессами.

Так, уже у Конфуция (около 551–479 гг. до н.э.) осуществлена попытка определения идеальной пропорции между количеством обрабатываемой земли и численностью заселения. Поскольку нарушение этой пропорции может привести:

а) при малочисленности населения к ухудшению обработки пашни и к отказу от налогов;

б) при чрезмерной плотности населения к обнищанию, праздности, социальной напряженности.

А значит необходимо государственное регулирование роста населения и принятие такой меры, например, как переселение жителей густонаселенных районов в малонаселенные [12].

Платон (428–347 гг. до н.э.) в учении об идеальном государстве выдвигал в качестве обязательного условия ограниченное число граждан – 5040 человек свободного населения. Предлагал установить определенные нормы брачных отношений, требуя, чтобы мужчины имели детей только в возрасте от 30 до 55 лет. Он писал: «определить число браков мы предоставим правителям, чтобы они по возможности сохраняли постоянное число мужчин, принимая в расчет войны, болезни и т.д., и чтобы государство у нас по возможности не увеличивалось и не уменьшалось».

Аристотель (384–322 гг. до н.э.) при рассмотрении проблем народонаселения идеальным считал государство с малочисленным свободным

населением. Малочисленность граждан способствует возникновению социальной гармонии, которая невозможна при избытке населения. Избыток населения способствует росту числа возмущений и преступлений вследствие того, что часть граждан, не будучи обеспечена землей, впадает в бедность. В отличие от Платона, Аристотель не был сторонником колонизаций как меры регулирования населения, а предлагал, например, узаконить умерщвление больных детей и части «излишних» новорождённых.

В эпоху феодализма (может быть, за вычетом позднего средневековья) в странах Европы государственная власть всеми мерами способствовала увеличению населения. Это обуславливалось стремлением власти поддержать и увеличить свою политическую финансовую и военную мощь, состоящую по тем временам в многолюдности страны, в количестве воинов, в размерах налогов, которые могли собрать с населения большей численности.

Однако подлинное начало формирования демографии как науки со всеми соответствующими атрибутами ориентацией на объективность, нацеленностью на выявление закономерностей, средствами для формирования базы данных (эмпирических фактов), эмпирическими обобщениями, методами исследования и обработки данных, математическими средствами выражения, расчетов и моделирования демографических процессов, – относится ко второй половине XVII в., когда развитие капитализма породило устойчивую потребность в изучении народонаселения.

Исторически первым объектом научного изучения в демографии была смертность. Знание порядка вымирания поколения позволяло определить длительность жизни (а при постоянстве чисел рождений – также и численность населения) и рассчитывать при страховании жизни суммы выплат в зависимости от дожития.

Возникновение демографии обычно связывают с появлением работы английского исследователя Дж. Граунта (1620–1674 гг.) «Естественные и политические наблюдения, сделанные над бюллетенями смертности», который по данным о рожденьях и смертях в Лондоне за ряд лет впервые установил

важные демографические закономерности (превышение числа мальчиков среди родившихся, зависимость смертности от возраста и т.д.), высказал ряд соображений о причинах этих явлений и рассчитал первую примитивную таблицу смертности. Собственно возникновение демографии как науки началось с рассмотрения Дж. Граунтом факта долговременного превышения числа умерших над числом родившихся в г. Лондоне.

Важное место среди работ политических арифметиков занимает сочинение И.П. Зюсмилха (1707–1767 гг.) «Божественный порядок в изменениях рода человеческого, доказанного из рождения, смерти и размножения такового», который, обобщив доступные ему данные о рождениях, браках и смертях полагал, что равновесие между рождаемостью и смертностью ради наполнения Земли есть устойчивая закономерность, определяемая провидением.

В конце XVIII в. в Швеции и США, а с начала XIX в. во многих странах Европы начинают проводиться переписи населения. Упорядочивается регистрация рождений, смертей и браков; складывается система учёта населения. Тем самым создается источниковая основа исследований, что позволяет изучать колебания брачности, рождаемости и смертности в годы войн, эпидемий, экономических потрясений.

В середине XIX в. созываются Международные статистические конгрессы, которые способствуют обмену опытом исследований и отработке техники наблюдений и анализа демографических процессов. В 1855 г. в названии книги Ж. Гийяра появляется сам термин демография, который нашел официальное признание в наименовании Международного конгресса гигиены и демографии и получил широкое распространение к концу XIX – началу XX вв.

Основоположник английской классической буржуазной политэкономии В. Петти (1623–1687 гг.), основатель статистики, в своих трактатах о налогах и благосостоянии, обосновывая положения о том, что источником богатства является сфера производства, доказывал вместе с тем, что страна с населением 8 млн. человек вдвое богаче страны с населением 4 млн. человек при той же

территории. Малонаселенная страна, по его мнению, не может обеспечить необходимый уровень использования природных ресурсов и производства. Это полностью можно отнести к демографической структуре разнообразных муниципальных образований в России.

Исходя из трудовой теории стоимости, А. Смит (1723–1790 гг.) выводит непосредственную взаимосвязь между динамикой численности населения и уровнем потребности в воспроизводстве рабочей силы. Смит считал, что именно спрос на работников (рабочую силу) регулирует и определяет размножение рода человеческого решительно во всех странах мира.

Однако в политико-экономических теориях конца XVIII в. вопрос о факторе производства людей стал рассматриваться с иной позиции – позиции демографического детерминизма. Согласно последнему, рост численности населения определяется не социальными или экономическими факторами, а естественно-природными законами размножения; темпы роста населения выше темпов роста средств существования и поэтому именно рост населения порождает голод, нищету, социальные бедствия и политические потрясения.

Наиболее полное и яркое воплощение этой позиции в постановке и решении проблемы взаимосвязи численности населения и имеющихся ресурсов нашло в работах Т. Мальтуса (1766–1834 гг.). В своей работе «Опыт о законе народонаселения» он обратил внимание на то, что представлялось ему величайшей проблемой, с которой столкнулось человечество: воспроизводительная способность населения бесконечно более велика, нежели способность земли обеспечивать человека средствами существования. Закон народонаселения «состоит в постоянном стремлении, свойственном всем живым существам, размножаться быстрее, чем это допускается находящимся в их распоряжении количеством пищи».

Мальтус интерпретировал демографический рост как независимую переменную, которая корректируется действием «разрушительных» (войны, эпидемии, голод) и «предупредительных» (христианский аскетизм, безбрачие, позднее вступление в брак и т.п.) социальных факторов. Отсюда он выводит

необходимость добиваться оптимального соотношения населения и средств существования, при котором ещё начали действовать «разрушительные факторы», что «предупреждением избытка населения будет уничтожена главнейшая причина и бесспорно, главное средство для исполнения завоевательных планов, а внутри государства будут предупреждены тирания и возмущение».

Работы Т. Мальтуса оказали сильное воздействие на демографическую науку: была значительно расширена тематика (развитие народонаселения, его отрицательные последствия); поставлены проблемы перенаселения и нищеты, оптимума населения; использован комплексный подход к анализу экономико-демографических проблем; теория народонаселения стала рассматриваться как исследование взаимосвязанных факторов динамики населения. В последующей истории демографической науки идеи Мальтуса многократно модифицировались и получили новый импульс жизнестойкости в условиях демографического взрыва во второй половине XX в. [11]

Демографические процессы и потрясения XX в., снижение рождаемости в развитых странах, демографические последствия двух мировых войн, демографическая революция, затронувшая все страны мира и т.п. – послужили мощным стимулом для развития демографических исследований, для методологического, концептуального и методического совершенствования демографии как науки. В этот период исследуются закономерности воспроизводства населения, независимо от преходящих особенностей его возрастного состава, разрабатывается теория стабильного населения, демографической революции или демографического перехода, исследуются вопросы о роли населения в развитии общества, о соотношении населения и экономики, о взаимодействии демографических, экономических и социальных факторов. В связи с резким ускорением роста населения в развивающихся странах увеличивается интерес к оценке перспектив населения мира и отдельных его регионов, самостоятельной областью исследований становятся демографические процессы в глобальном аспекте[11].

Процесс формирования демографической науки в России осуществлялся по сценарию, сходному с западноевропейским. Началом российской демографической статистики можно считать 1718 г., когда появился указ Петра I о проведении регулярных ревизий податного населения. Цель их состояла в учете подлежащих обложению налогамисословий. Вместе с тем данные ревизий позволяли исчислять косвенными методами общую численность населения страны и ее различных территорий. Серьезное влияние на судьбы российской демографии оказала Екатерина II.

Первая всеобщая перепись России была проведена в 1897 г. Перепись проводилась по состоянию на 9 февраля. Переписи предшествовал колоссальный катаклизм демографической системы России в 1892 г. после двойного голода и эпидемий. Практически правительство не знало, сколько населения осталось в живых. В качестве бесплатных переписчиков на добровольных началах в ней участвовала прогрессивная российская интеллигенция, среди которой были А.П. Чехов, профессора МГУ, многие деятели губернского масштаба. Первая всеобщая перепись 1897 г. по праву считается начальной точкой современного периода истории российской статистики.

Рост численности населения, вопрос о его здоровье, а также о профессиональном искусстве являются вопросами первостепенной государственной важности.

Начало математико-демографических исследований в России восходит к середине XVIII в., когда Д. Бернулли проанализировал влияние устранения смертности от оспы на продолжительность жизни и рассчитал таблицы прекращения брака в зависимости от смертности супругов, а в работах Л. Эйлера были сформулированы основные понятия математической теории смертности и дано представление о закономерностях роста населения при определенном порядке вымирания. Развитие демографических исследований в России в XIX в. шло в основном в русле статистики населения.

В Советской России и СССР организуется регистрация рождений

и смертей – проводятся три переписи населения (1920, 1923, 1926). Перепись 1926 г. была образцовой по тому времени. Были организованы Институт демографии АН Украины и Демографический институт АН СССР. Развернулись исследования широкого спектра демографических проблем.

Однако их подъем был недолгим. С 1932 г. проблемы демографической динамики перестали освещаться и обсуждаться. В конце концов, демография и демографы разделили судьбу многих научных направлений и ученых, многие ученые были репрессированы, конкретные исследования были свернуты, а в теории на долгие годы возобладал догматизм. Демография возрождается в стране лишь в начале 60-х годов, когда после переписи населения 1959 г., ряда выборочных исследований постепенно возобновляется публикация демографических данных. В это время формируются исследовательские группы, разворачивается преподавание демографии. Главной темой исследований становится изучение причин и факторов снижения рождаемости, входит в практику когортный метод ее анализа, разворачиваются исследования брачности, репродуктивных установок, динамики возрастной структуры населения, формируется этническая демография, анализируются динамика и факторы смертности, развития семьи. Внимание исследователей привлекают проблемы экономической демографии и демографического оптимума, демографической политики. В 70-е годы XX в. разворачивается концепция демографической революции, происходит постепенная интеграция российской демографии в мировую науку [14].

Следует отметить, что демография муниципальных образований только что начинает оформляться в отдельную ветвь демографической науки, приобретает свою специфику в силу многочисленности муниципальных образований малой величины. Бурно прогрессирует демографическое прогнозирование муниципальных образований, изучение смертности населения, рождаемости и миграционных тенденций. Особо

острой проблемой становится депопуляция местных сообществ в современной России.

1.3 Основные демографические показатели

В демографии выделяют две формы движения населения:

- 1) естественное;
- 2) пространственное (территориальное) или миграции (раньше миграции нередко называли механическим движением населения).

Остановимся более подробно на двух основных формах движения населения.

Естественное движение населения включает такие процессы, как рождаемость, смертность, брачность и разводимость. Соотношение рождаемости и смертности дает естественный прирост населения. Брачность и разводимость связаны с естественным приростом опосредованно – через рождаемость, на которую они влияют самым прямым образом [11].

Демографию интересуют не единичные факты рождений, смертей, браков и разводов, а эти события в массовом масштабе, поэтому в ней большое внимание уделяется количественным характеристикам демографических событий.

Вместе с тем, чтобы иметь адекватное представление, нужно знать не просто абсолютное число рождений, смертей и других фактов, а их соотношение с общей численностью населения. С этой целью в демографии применяются различные коэффициенты.

Демографические коэффициенты показывают отношение числа тех или иных демографических событий к средней численности населения, в котором за определенный период времени произошли эти события. Единицей времени в демографии обычно считается год.

В зависимости от того, ко всему населению относятся коэффициенты или только к определенной его группе, они подразделяются на общие и частные.

Средняя численность населения S определенного населенного пункта для периода времени от t_1 до t_2 вычисляется по формуле

$$\bar{S}_{t_1-t_2} = \frac{S_{t_1} + S_{t_2}}{2}, \quad (1.1)$$

где S_{t_1} – численность населения на начало рассматриваемого года;

S_{t_2} – численность населения на начало следующего года.

Общий коэффициент рождаемости вычисляется как:

$$n = N_i / \bar{S}_i. \quad (1.2)$$

где N_i – число новорожденных за i -й год;

\bar{S}_i – средняя численность населения за i -й год.

Получаемый показатель физически безразмерный. Чаще всего он употребляется в тысячных долях или промиллях:

$$n = (N / \bar{S}) \cdot 1000 \text{ ‰ (промилле)}.$$

Общий коэффициент смертности вычисляется аналогично, как отношение числа умерших M_i в течение i -го года к средней численности населения в том же году

$$m = M_i / \bar{S}_i. \quad (1.3)$$

Он также безразмерный; чаще всего выражается в тех же относительных величинах: $m = (M / \bar{S}) \cdot 1000 \text{ ‰}$.

2 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

2.1 Общая характеристика демографических моделей

Для анализа и прогноза развития состояния человеческого общества (населения) используют демографические модели. Основными количественными характеристиками развития населения являются его количество, разделение по половозрастному составу и тип воспроизводства.

Под типом воспроизводства демографы понимают соотношение показателей рождаемости, брачности и смертности в обществе и уровень социального контроля над этими показателями. Существует несколько подходов к разделению обществ по типам воспроизводства [19].

Согласно общей классической концепции выделяются два основных типа воспроизводства населения.

Первый тип (к нему принадлежит большинство развивающихся государств с высокой рождаемостью и смертностью и низкой ожидаемой продолжительностью жизни) отличается очень высокой долей в населении в целом детских возрастов (0÷14 лет) и небольшим процентом лиц пожилого возраста (65 лет и старше).

Ко второму типу относятся страны, имеющие невысокую рождаемость, низкую смертность и большую ожидаемую продолжительность жизни. Для этих стран в структуре населения характерны пониженная доля детей и высокий процент пожилых людей.

Ряд авторов придерживается другой классификации типов воспроизводства населения. Например, А. Ландри (1874–1956 гг.) выделил три типа воспроизводства населения, присущих соответственно: присваивающей (или архаичной) экономике, аграрному и индустриальному обществу. Каждый тип отличается характером социального контроля над показателями воспроизводства: от архаичного уровня, зависящего от естественного отбора, до полного контроля

над рождаемостью и снижения смертности за счет повышения уровня жизни и затрат на здравоохранение в индустриальном обществе.

Наряду с чисто демографическими моделями большое распространение получили демоэкономические модели, устанавливающие взаимосвязь роста населения и экономического роста.

В зависимости от типа модели система соотношений между ее переменными задается в виде систем математических уравнений, числовых таблиц или правил, по которым одни переменные определяются на основе других.

Придав переменным модели конкретные числовые значения, соответствующие определенному населению на некотором этапе его развития, получают модель конкретного населения. Модели, значения переменных которых отражают закономерности не какого-либо определенного населения, а любого населения либо населения с некоторыми установившимися свойствами, являются типовыми. Примером типовых моделей являются типовые демографические таблицы рождаемости и смертности.

Различают демографические макромоделли, описывающие демографические процессы на уровне всего населения или отдельных его частей (модели распределений), и микромоделли, отражающие демографические процессы на уровне индивида или семьи через последовательность демографических процессов в его жизни или в жизни других демографических единиц (модели состояний). Макромоделли описываются распределением индивидов в соответствии с заданным набором демографических признаков. Микромоделли характеризуются демографическим состоянием отдельного индивида (вступление в брак, рождение детей, смерть одного из супругов и т.д.).

Общество – это сложная динамическая система, в которой существуют проблемы актуальные не одно столетие. Поведение человека, социальной группы, общества порой кажется необъяснимым и непредсказуемым. Однако,

ученые социологи, психологи и философы считают, что общественные явления подчиняются определенным закономерностям, которые могут быть описаны на языке математики. Компьютерное моделирование в области социологии является инструментом мониторинга и прогнозирования демографической ситуации в стране и может активно использоваться для корректировки правительственного курса и стабилизации прироста населения в России.

Выделим социальные проблемы, которые являются общими для многих стран мира: социальное неравенство, бедность, терроризм, преступность, коррупция. В России сегодня особенно актуальны: низкий уровень жизни, алкоголизация населения, наркомания, безработица, высокая смертность. Все перечисленные тенденции негативно влияют на демографическую ситуацию в стране. На 1 января 2017 года население России составляло около 144 миллионов человек. Невысокая численность населения в России связана с обширными территориями государства, потерями населения во время второй мировой войны, а также с последствиями провальной экономической политики. Авторитетный российский демограф, доктор философских наук А.И. Антонов пишет: «Хотя в последние пять лет рождаемость действительно несколько увеличилась, до 1,5-1,6 ребенка на женщину. Но нам нужно не меньше 2,2 чтобы население не уменьшалось, ни увеличивалось. При сохранении нынешнего уровня через 50 лет в России будет не 144, а 72 миллиона жителей». Объясняется подобная статистика достаточно просто: страна испытывает колоссальные экономические трудности, что, отражается на наличии рабочих мест и уровне жизни населения[7].

В РФ проблемы с демографией явно проявились на рубеже 90-х г. прошлого века, когда резко сократилась рождаемость и продолжала расти смертность. В 1991 г. по численности населения Россия занимала шестое место в мире, в 2016 г. – девятое место, по прогнозам к 2050 г. Россия может оказаться на пятнадцатом месте или даже ниже. Демографическая ситуация несколько стабилизировалась в РФ только к 2013 году такими

мерами правительства как материнский капитал, поддержкой многодетных семей, социальными пособиями, но динамика изменения естественного прироста демонстрирует превышение рождаемости над смертностью только в нескольких федеральных округах России, а значит проблема остается актуальной.

Исследовать, делать прогнозы, заниматься мониторингом динамики численности населения помогает компьютерное моделирование. Компьютерное моделирование в социологии – это метод исследования социальных явлений и процессов, опосредованное изучение социальных групп, в результате чего они воспроизводятся на компьютерной модели, заменяющей оригинал и позволяющей получать новые знания о предмете исследования.

Над проблемой демографических явлений работают многие ученые, как отечественные, так и зарубежные. К зарубежным ученым, которые внесли существенный вклад по изучению этого вопроса можно отнести: Д. Граунта, У. Петти, Э. Галлея, Л. Кетле, Ж. Бертильона, Г. Кинга, Т. Мальтуса, Ферхюльста, Д. Форрестера, Д. Медоуза, У. Фарра, А.Д. Лотки, В. Лексиса, М. Кремера, П.К. Уэлптона и др. В нашей стране первый прогноз динамики и структуры населения был выполнен еще в 1921 г. под руководством Е. Тарасова и С.Г. Струмилина. В его основу были положены итоги переписи населения 1920 г. Большой вклад в исследование демографических процессов внесли отечественные ученые: И.Ф. Герман, Д.К. Шелестов, В.И. Покровский, В.И. Гребенщиков, А.Я. Боярский, С.П. Капица, А.В. Подлазов, А.В. Коротаев, А.С. Малков, Д.А. Халтурина, Д.И. Валентей, А.Я. Кваша, Д. Эдиев, В.А. Борисов и др. Результаты научных исследований ориентированы на изучение и прогнозирование демографических процессов, как в отдельной стране, так и во всем мире. Они являются научно – методической основой для дальнейшего научного поиска.

Демографические модели воспроизводят динамику половой и возрастной структуры населения в странах или регионах. Внутренними характеристиками

является количество женщин и мужчин в текущем году, имеющих возраст от рождения до 100 лет. Внешними параметрами модели является распределение населения страны по полу и возрасту в исходном году, то есть в том году, с которого начинается модельное воспроизведение демографического процесса, а также зависимости коэффициентов рождаемости и смертности от возраста, образованности, экологических факторов, от состояния системы здравоохранения. Прогностическими характеристиками, кроме упомянутых выше, также являются: общая численность населения в стране, численность мужчин, численность женщин, количество родившихся и умерших в данном году, численность детей от 0-го года до 6 лет, численность школьников, численность студентов, численность аспирантов; численность рабочих (от 18 лет до 59 – мужчины и женщины, окончившие школу, но не получившие высшего образования); численность служащих (от 23 лет до 59 – мужчины и женщины с высшим образованием); численность ученых (возраст от 25 лет до 59 – мужчины и женщины, окончившие аспирантуру); численность активного населения, т.е. суммарная численность рабочих, служащих, ученых, численность пенсионеров; отношение численности пенсионеров к численности активного населения.

2.2 Модели, не учитывающие половозрастное распределение

В работах многих ученых, в том числ С. А. Тимофеева и Д.В. Помазкина рассматриваются ряд, демографических моделей, описывающих зависимость темпа роста популяции от ее численности в предыдущий период времени:

При построении моделей, не учитывающих половозрастную структуру населения, основным предположением, используемым при выводе уравнений, является гипотеза о зависимости темпов роста численности от самой численности населения. В этом случае мы получаем модель экспоненциального роста. В модели гиперболического роста темп роста численности пропорционален квадрату численности. Данное предположение было сделано на основе анализа временного ряда численности населения Земли.

Если предположить, что темп роста численности населения замедляется ростом численности населения, получаем логистическое уравнение [18].

Модель экспоненциального роста описывается уравнением

$$\frac{dP}{dt} = a * P; \quad (2.1)$$

модель гиперболического роста описывается уравнением

$$\frac{dP}{dt} = a * P^2; \quad (2.2)$$

логистическое уравнение

$$\frac{dP}{dt} = (a - \beta * P) * P, \quad (2.3)$$

где P – суммарная численность населения;

a, β – коэффициенты, зависящие от времени.

В качестве граничных условий задается число новорожденных, определенное согласно функции рождаемости, зависящей от возраста матери и времени.

Более корректным представляется логистическое уравнение (2.3), поскольку при широком наборе параметров его решение ограничено, что интуитивно кажется правдоподобным.

Задумавшись, как могла изменяться численность населения в течение предыдущих веков. Высокая смертность, особенно в детских возрастах, и сильные сокращения численности населения в период вспышек эпидемий, войн и т.д., приводили к сильным сокращениям численности населения. Так, например, в период эпидемии чумы численность населения Европы сокращалась на 30 % и более. Поэтому, для восстановления численности или предотвращения депопуляции был необходим высокий уровень рождаемости.

Допустим, что численность населения можно моделировать при помощи уравнения экспоненциального роста, предположив, что в некоторые моменты времени возникают резкие сокращения численности. Данное

явление моделируется введением дополнительной функции, приводящей уравнение экспоненциального роста к следующему виду:

$$\frac{dP}{dt} = a * P - F(t), \quad (2.4)$$

$$F(t) = k(t) * P, \text{ для } t_1, t_2, \dots$$

Решение данного уравнения, полученное при следующих параметрах $a=0.015$, $t=40,80,\dots$, $k(t)$ – линейная функция обращающаяся в ноль при максимальном t , $k(0)=0,58$. Начальная численность равна 0.5, представлено на рисунке 2.1. Если предположить, что размерность результатов, приведенных на рисунке 2.1 в млрд., то полученная зависимость является хорошим приближением динамики численности населения Земли.

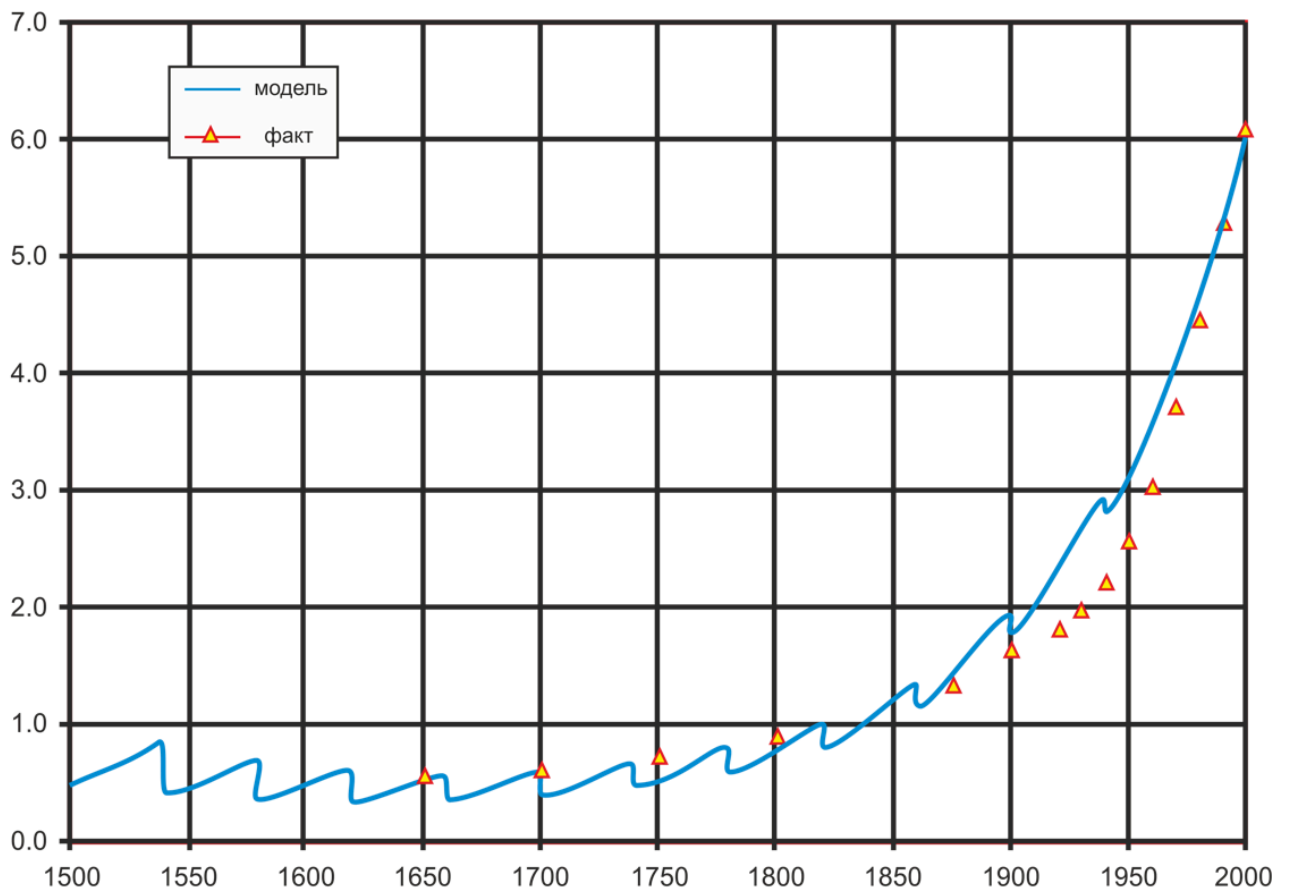


Рисунок 2.1 – Изменение численности населения Земли (млрд. чел.)

В прошлом веке темпы роста населения были выше. Если в начале XX в. численность населения Земли составляла около 1.5 млрд. чел., то в конце века

эта величина превысила 6 млрд.чел. Это может объясняться сохранением традиционно высокого уровня рождаемости, требуемого ранее для восстановления численности, при существенном снижении уровня смертности.

Смертность снизилась в результате развития медицины, открытия пенициллина и т.д. В модели это регулируется функцией $k(t)$, значения которой уменьшаются со временем. На рисунке 2.1 приведен модельный пример показывающий, что динамика численности может быть описана уравнением(2.1). Предположение о пропорциональности между темпом роста численности и самой численностью, также должно учитывать, что доля населения в фертильном возрасте сокращается, в силу роста продолжительности жизни. Поэтому вполне естественно снижение наблюдаемых темпов роста. Если предположить, что коэффициент a зависит от времени, то наблюдаемое перераспределение численности населения может объяснить снижение темпов его роста.

Можно привести много аналогий наблюдаемого демографического (динамического) перехода. Представим, что началу демографического перехода способствовало резкое увеличение численности населения за счет снижения смертности. В природе существует множество аналогичных примеров.

2.3 Модели, учитывающие половозрастное распределение

При всей простоте рассмотренных выше уравнений, они обладают существенным недостатком. В них невозможно учесть половозрастное распределение численности населения. Поэтому для изучения влияния половозрастного профиля рассмотрим следующие уравнение [18,19]:

$$\frac{dP(x,s,t)}{dt} + \frac{dP(x,s,t)}{dx} = -(\mu_p(x,s,t) \cdot P(x,s,t)) + Migr(x,s,t), \quad (2.5)$$

где x – возраст;

s – пол;

t – время;

$P(x, s, t)$ – численность населения;

$\mu_p(x, s, t)$ – вероятность смерти среди населения;

$Migr(x, s, t)$ – миграция.

В качестве граничных условий задается число новорожденных, определенное согласно функции рождаемости, зависящей от возраста матери и времени

$$P(0, s, t) = \int_{x_1}^{x_2} fert(x, t) \cdot P(x, females, t) dx, \quad (2.6)$$

где x_1 и x_2 – границы возрастного интервала рождения ребенка;

$fert(x, t)$ – функция рождаемости.

Разностный аналог данного уравнения имеет следующий вид:

$$P(x+1, s, t+1) = P(x, s, t) \cdot (1 - \mu_p(x, s, t)) + Migr(x, s, t), \quad (2.7)$$

где $P(x+1, s, t+1)$ – численность населения через год в следующей возрастной группе.

Число новорожденных мальчиков и девочек рассчитывается по формулам:

$$P(0, males, t) = 0.515 \cdot \sum_{x_1=15}^{x_{max}} f(x, t) \cdot P(x, males, t), \quad (2.8)$$

$$P(0, females, t) = 0.485 \cdot \sum_{x_2=15}^{x_{max}} f(x, t) \cdot P(x, females, t), \quad (2.9)$$

где x_1, x_2 – границы возрастного интервала рождения ребенка;

$f(x, t)$ – функция рождаемости.

Коэффициенты 0,515 и 0,485 – выбраны исходя из соотношения между родившимися мальчиками и девочками.

Ожидаемое число родившихся в году t рассчитывается путем умножения численности женщин в возрасте от 15 до 49 лет на соответствующие коэффициенты рождаемости, полученные из таблиц рождаемости:

$$N(t) = S(15, t) \times F(15, t) + \dots + S(49, t) \times F(49, t), \quad (2.10)$$

где $N(t)$ – число родившихся;

S – среднегодовая численность женщин;

$F(x,t)$ – коэффициенты рождаемости, полученные из таблиц рождаемости.

Прогнозное число умерших в году t определяется как разность между численностью населения на начало года и численностью населения, передвинутая на конец года. Расчет умерших определяется по формуле:

$$M(t) = \sum (1 - P(x,t) \cdot S(x,t) + N(t) \cdot (1 - P(N,t))), \quad (2.11)$$

где $M(t)$ – число умерших;

$P(N, t)$ – коэффициент дожития новорожденных до конца года.

На основе математических моделей можно предсказывать изменение демографической ситуации в будущие периоды времени как для отдельных регионов и областей РФ, так и для страны в целом. На рисунке 2.2 и 2.3 представлены сравнительные прогнозные и реальные показатели за предыдущие периоды можно оценить влияние различных факторов на население. Так линейная трендовая модель свидетельствует о том, что потери населения в России за период с 2000 до 2008 – превышают 4 млн. человек [18].

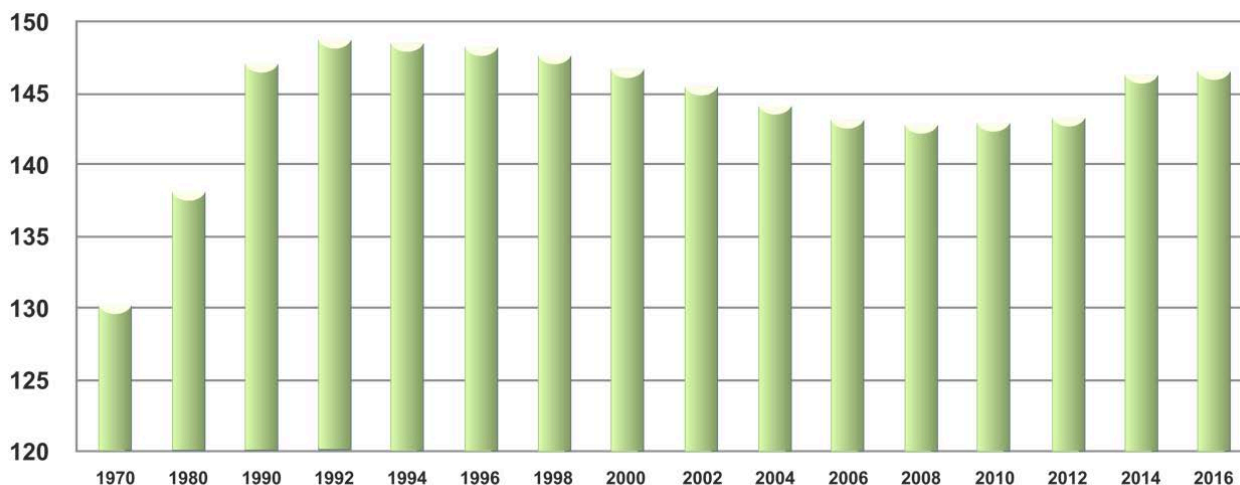


Рисунок 2.2 – Распределение численности населения РФ с 1970 по 2016 годы

На рисунке 2.3 представлена прогнозная численности населения РФ в млн. человек. Линейный прогноз численности населения РФ далеко не соответствует реальной численности населения России [18].

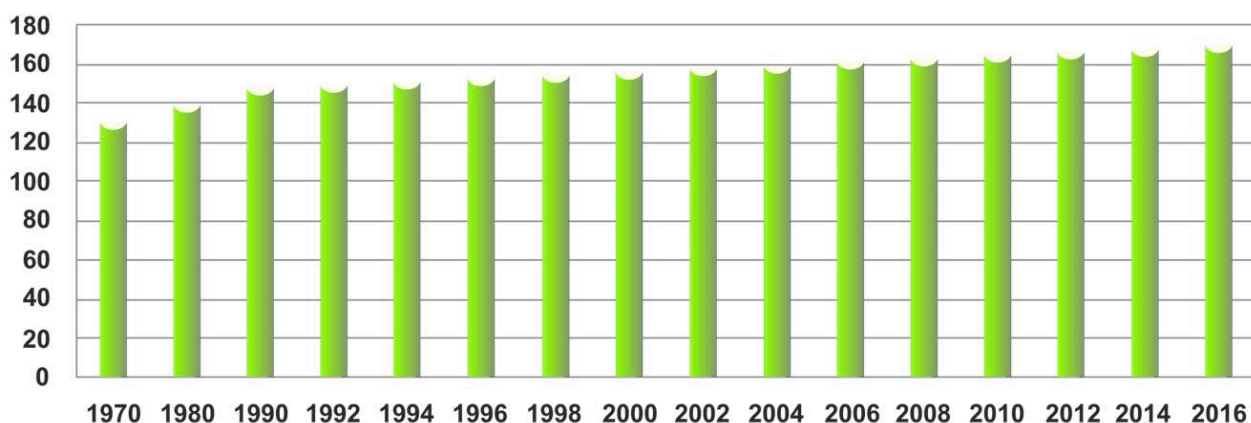


Рисунок 2.3 – Линейный прогноз численности населения РФ (1970–2016 гг.)

Достоверность демографических прогнозов зависит от множества факторов. Научно обоснованные предположения о динамике репродуктивного, самосохранительного и миграционного поведения населения безусловно повышают надежность результатов компьютерного моделирования. Стоит отметить, что компьютерные демографические модели не обладают высокой точностью прогнозов, но результаты расчетов близки к действительной демографической ситуации и, опираясь на них можно предсказать тенденции развития общества. Компьютерное моделирование в социологии – это современный и эффективный метод, который предоставляет возможность производить мониторинг демографических процессов в реальном времени, исследовать и выявлять факторы, которые оказывают наибольшее влияние на стабилизацию демографического положения в стране, и, исходя из этого формировать эффективную социально-экономическую политику в государстве.

3 РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

3.1 Основные возможности пакета прикладных программ Mathcad

Было принято решение реализовывать данную модель в пакете прикладных программ (ППП) Mathcad.

Mathcad – это система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается лёгкостью использования и применения для коллективной работы.

Mathcad был задуман и первоначально написан Алленом Раздвом из Массачусетского технологического института (MIT), соучредителем компании Mathsoft, которая с 2006 года является частью корпорации PTC (Parametric Technology Corporation).

Mathcad имеет интуитивный и простой для использования интерфейс пользователя. Для ввода формул и данных можно использовать как клавиатуру, так и специальные панели инструментов.

Mathcad содержит сотни операторов и встроенных функций для решения различных технических задач. Программа позволяет выполнять численные и символьные вычисления, производить операции с скалярными величинами, векторами и матрицами, автоматически переводить одни единицы измерения в другие.

Среди возможностей Mathcad можно выделить:

- 1) решение дифференциальных уравнений, в том числе и численными методами;
- 2) выполнение вычислений в символьном режиме;
- 3) выполнение операций с векторами и матрицами;
- 4) символьное решение систем уравнений;
- 5) аппроксимация кривых;
- 6) выполнение подпрограмм;

- 7) поиск корней многочленов и функций;
- 8) проведение статистических расчётов и работа с распределением вероятностей;
- 9) поиск собственных чисел и векторов;
- 10) вычисления с единицами измерения.

С помощью Mathcad инженеры могут документировать все вычисления в процессе их проведения.

Интерфейс Mathcad. Основное отличие Mathcad от аналогичных программ – это графический, а не текстовый режим ввода выражений. Для набора команд, функций, формул можно использовать как клавиатуру, так и кнопки на многочисленных специальных панелях инструментов. В любом случае – формулы будут иметь привычный, аналогичный книжному, вид. То есть особой подготовки для набора формул не нужно. Вычисления с введенными формулами осуществляются по желанию пользователя: или мгновенно, одновременно с набором, либо по команде. Обычные формулы вычисляются слева направо и сверху вниз (подобно чтению текста). Любые переменные, формулы, параметры можно изменять, наблюдая воочию соответствующие изменения результата. Это дает возможность организации действительности интерактивных вычислительных документов.

В других программах (Maple, MuPAD, Mathematica) вычисления осуществляются в режиме программного интерпретатора, который трансформирует в формулы введенные в виде текста команды. Maple своим интерфейсом ориентирован на тех пользователей, кто уже имеет навыки программирования в среде традиционных языков с введением сложных формул в текстовом режиме. Для пользования Mathcad можно вообще не быть знакомым с программированием в том или ином виде.

Mathcad задумывался как средство программирования без программирования, но, если возникает такая потребность – Mathcad имеет довольно простые для усвоения инструменты программирования, позволяющие, впрочем, строить весьма сложные

алгоритмы, к чему прибегают, когда встроенных средств решения задачи не хватает, а также когда необходимо выполнять серийные расчеты.

3.2 Данные для модели учитывающие половозрастноераспределение и расчет граничного показателя

Для реализации данной модели нам понадобятся таблицы 3.1-3.3 с данными о рождаемости, таблицы с коэффициентом смертности, таблицы количество мужчин и женщин за определенный год по категориям возрастов: 0, 1÷4, 5÷9 и т.д[21].

Таблица 3.1 – Коэффициенты рождаемости

Репродуктивный возраст	Коэффициент рождаемости 2014г.
15÷19	0.026
20÷24	0.0898
25÷29	0.1102
30÷34	0.0798
35÷39	0.039
40÷44	0.0081
45÷49	0.0004

Также понадобится таблица 3.2 количества мужчин $P_{mij}(x, s, t)$ и женщин $P_{jen}(x, s, t)$ за определенный год в возрасте от 0, 1÷4, и т.д. до 85 лет [21].

Таблица 3.2 – Количество женщин и мужчин

№	P_{mij}	P_{jen}	Возраст
0	967151	916238	0
1	3602032	3413722	1÷4
2	3921555	3740558	5÷9
3	3496772	3325774	10÷14
4	3559891	3395521	15÷19
5	5082059	4888818	20÷24

6	6320134	6202336	25÷29
7	5820078	5840550	30÷34
8	5185175	5428678	35÷39
9	4733594	5016931	40÷44
10	4364324	4822505	45÷49
11	5154298	6029925	50÷54
12	4649661	5984398	55÷59
13	3686287	5262237	60÷64
14	2035610	3233165	65÷69
15	1556336	3121214	70÷74
16	1369864	3160390	75÷79
17	666428	1894129	80÷84
18	375651	1442954	84 и старше

Таблица 3.3 – Коэффициенты смертности мужчин и женщин по возрастам и категориям

№	<i>D_{муж}</i>	<i>D_{жен}</i>	Возраст
0	0.0081	0.0066	0
1	0.0005	0.0004	1÷4
2	0.0003	0.0002	5÷9
3	0.0004	0.0002	10÷14
4	0.0011	0.0005	15÷19
5	0.0022	0.0006	20÷24
6	0.0035	0.0011	25÷29
7	0.0057	0.0018	30÷34
8	0.0078	0.0024	35÷39
9	0.0087	0.0029	40÷44
10	0.0112	0.0038	45÷49

11	0.0153	0.0051	50÷54
12	0.0220	0.0076	55÷59
13	0.0320	0.0112	60÷64
14	0.0414	0.0166	65÷69
15	0.0604	0.0284	70÷74
16	0.0835	0.0473	75÷79
17	0.1214	0.0879	80÷84
18	0.1769	0.1699	84 и старше

Коэффициенты смертности, показатели демографической статистики, измеряющие уровень смертности населения вне зависимости от его численности. Абсолютные данные о числе умерших не могут дать полного представления об интенсивности и динамик процесса смертности, эти данные также невозможно сравнить по отдельным странам и регионам за различные периоды. Коэффициенты смертности в известной мере лишены указанных недостатков [21].

3.3 Расчет математической модели учитывающей половозрастную структуру

По данным таблиц 3.1 и 3.2 можно посчитать число новорожденных мальчиков и девочек по формулам:

Рассчитываем число новорожденных в возрасте 0 лет мальчиков и девочек в определенном году, в данной модели они будут использоваться как граничный показатель от которого будем производить последующие вычисления:

$$P(0, \text{males}, t) = K_{muj} \cdot \sum_{x=15}^{x_{max}} f(x, t) \cdot P(x, \text{males}, t) = 9.986 \cdot 10^5, \quad (3.1)$$

$$P(0, \text{females}, t) = K_{jen} \cdot \sum_{x=15}^{x_{max}} f(x, t) \cdot P(x, \text{females}, t) = 9.118 \cdot 10^5, \quad (3.2)$$

где x – возраст;

$males, females$ – пол (мужчина, женщина);

t – время;

$f(x,t)$ – коэффициент рождаемости в определенном возрасте;

$P(x,males,t), P(x,females,t)$ – число мужчин и женщин в возрасте от $0 \div 85$ соответственно;

K_{mij}, K_{jen} – коэффициенты выбранные исходя из соотношения между родившимися мальчиками и девочками.

В нашем случае рассчитываем по формуле:

$$K_{mij} = \frac{P_{mij_{0,1}}}{P_{jen_{0,1}} + P_{mij_{0,1}}} = 0.514,$$

$$K_{jen} = \frac{P_{jen_{0,1}}}{P_{jen_{0,1}} + P_{mij_{0,1}}} = 0.486.$$

После того как мы рассчитали граничный показатель для P_{mij} и P_{jen} , в возрасте 0 лет, используем циклы для расчёта количества населения мужчин и женщин в возрасте от $0 \div 85$ лет.

Для вставки программного кода в документы Mathcad имеется специальная панель инструментов «ProgrammingToolbar». Большинство кнопок этой панели выполнено в виде текстового представления операторов программирования, поэтому их смысл легко понятен. Операторы программирования могут быть введены только с этой панели, но никак не с клавиатуры (можно еще их вводить с помощью сочетаний клавиш, которые приведены в тексте всплывающей подсказки).

Создания программного блока начинается реализуется с команды «AddLine». Нажатие этой клавиши приведет к тому, что в рабочей области документа появится вертикальная черта, а справа от нее – два пустые поля ввода. Вертикальная черта означает, что строки, находящиеся справа от нее, образуют линейную программную последовательность операций. Эта черта является особенностью программ Mathcad. В полях ввода можно ввести две первые строки программы, а если требуется большее число строк,

то необходимо нажимать клавишу AddLine столько раз, сколько необходимо строк.

Массив PPP_{mij} в котором рассчитывается количество мужчин по половозрастной структуре, $for \in 0..18$ – цикл который выполняется 19 раз при каждом проходе цикла i увеличивается на единицу, $temp(i, 0)$ – создаем в цикле промежуточный массив который наполняем в первый столбец числами i .

Каждый раз при увеличении счетчика цикла i берется следующий i -й элемент массива и в его нулевой столбец вставляется значение этого счетчика i .

Вставляется это значение при помощи оператора «LocalDefinition» в панель инструментов «ProgrammingToolbar». Далее $return temp$ – возвращаем из цикла элемент массива $temp$ в массив PPP_{mij} . Следующее что мы делаем это вставляем первый элемент массива PPP_{mij} , но уже в поле со значениями (второй столбец массива), записывается граничное значение, аналогично рассчитываем и для PPP_{jen} (см. приложения А).

Дальше мы заполняем весь второй столбец массива PPP_{mij} и рассчитываем в цикле значения по формуле (2.6) без учета миграции.

$for \in 1..18$ – цикл, который выполняется 18 раз, а в самом цикле мы каждый i -й элемент массива PPP_{mij} присваиваем через оператор «LocalDefinition» присваиваем рассчитанное в формуле значение, в формуле берем значение второго столбца, предыдущего элемента в массиве PPP_{mij} (то есть если у нас $i=1$, то берем 0 элемент) и умножаем на единицу минус значение второго столбца i -го элемента массива D_{mij} так же рассчитываем через циклы значение PPP_{jen} только используем уже их массивы (см. приложения Б).

После того как мы рассчитали количество мужчин и женщин (PPP_{mij} и PPP_{jen}) учитывающие половозрастное распределение можно построить график половозрастного распределения (рисунок 3.1).

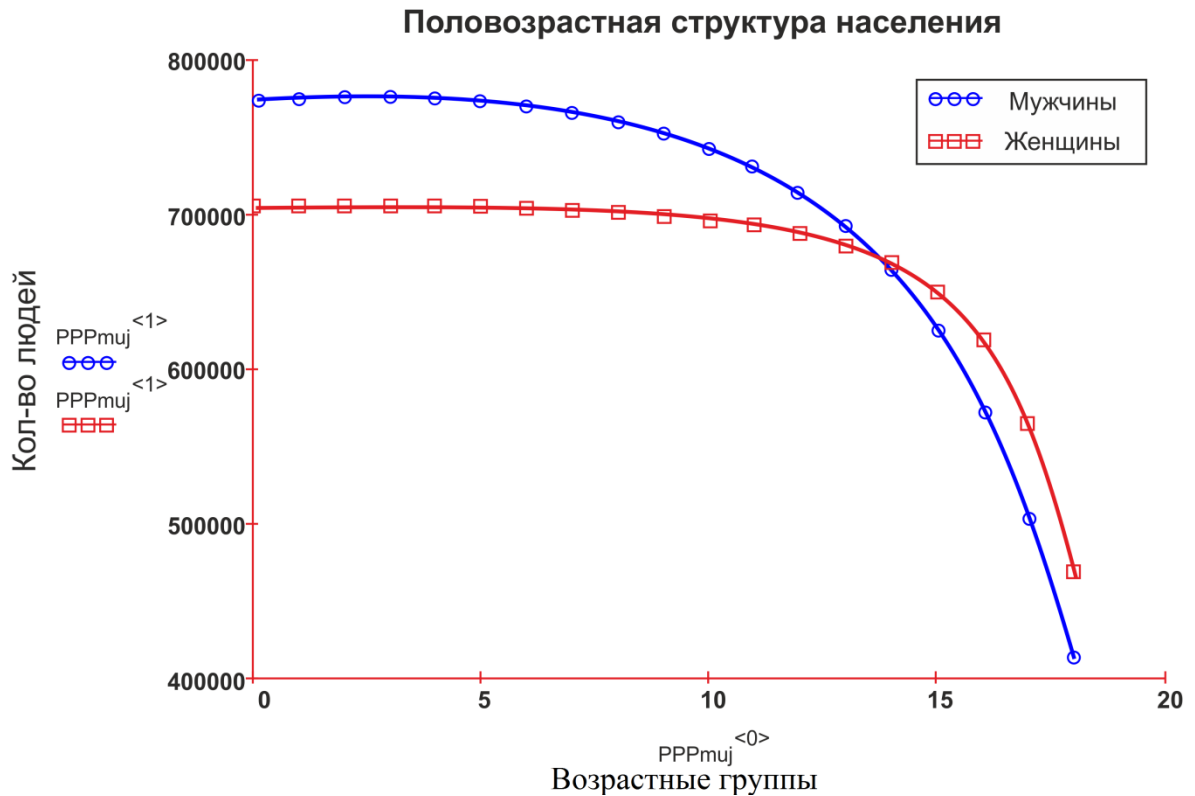


Рисунок 3.1 – Половозрастная структура населения

На рисунке 3.1 видно, что половозрастное распределение населения мужчин и женщин всего на графике 19 точек каждая, из которой обозначает возраст населения, наблюдаем что в возрасте 65÷69 лет количество мужчин сокращается больше чем женщин так как среднее продолжительность жизни мужчин 65,3 лет.

После того как рассчитали какое количество человек мужчин и женщин в половозрастной структуре 0, 1÷4, 5÷9, ... 80÷85, 85 и более лет, в определенном году. Можно рассчитать по формуле (2.10) ожидаемое число родившихся в году t рассчитывается путем умножения численности женщин в репродуктивном возрасте 15÷49 лет на соответствующие коэффициенты рождаемости, полученные из таблицы рождаемости

$$N = \sum_{x_2=2}^8 (Fert_{x_2-2,1} \cdot PPP_{jen_{x_2,1}}) = 4.005 \cdot 10^5,$$

где $N(t)$ – число родившихся;

$Fert(x, t)$ – коэффициенты рождаемости;

$PPPjen(x, t)$ – среднегодовая численность женщин рассчитанная выше.

Прогнозное число умерших $M(t)$ в году t определяется как разность между численностью населения на начало года и численностью населения передвинутая на конец года. Расчет умерших определяется по формул (2.11).

Рассчитываем количество умерших мужчин:

$$M(t) = \sum_{x_1=0}^{17} [1 - KDOJmuj_{x_1,1} \cdot PPPmuj_{x_1,1} + N \cdot (1 - KDJmujN)] = -8.559 \cdot 10^4,$$

где $M(t)$ – число умерших;

$KDOJmuj(x, t)$ – коэффициент дожития людей до конца года;

$PPPmuj$ – среднегодовая численность мужчин;

$PPPjen$ – среднегодовая численность женщин рассчитанная выше;

$N(t)$ – число родившихся;

$KDOJmujN(N, t)$ – коэффициент дожития новорожденных до конца года.

Аналогично рассчитывается количество умерших женщин, заменяя в формуле $PPPmuj$ на $PPPjen$:

$$M(t) = \sum_{x_2=0}^{17} [1 - KDOJjen_{x_2,1} \cdot PPPjen_{x_2,1} + N \cdot (1 - KDJjenN)] = -8.481 \cdot 10^4.$$

Коэффициент дожития, показатель таблиц смертности, равный доле лиц, доживших до конца календарного периода из совокупности живущих в некотором интервале возраста в начале этого периода. Для однолетних возрастных интервалов и периода 1 год коэффициент передвижки определяется по формуле:

$$P_x = \frac{L_{x+1}}{L_x}, \quad (3.3)$$

где L_x – табличное число живущих в возрасте x лет.

Приведен листинг программы расчета коэффициента дожития в приложении В.

Общее количество прироста населения за 2017 год составляет $2.301 \cdot 10^5$.

3.4 Анализ проделанной работы

Прогнозирование демографических ситуаций существенно повышает научный уровень планирования и управления деятельностью коллективов, социально-экономических и технических объектов.

В данной работе рассмотрена общая характеристика демографических моделей, методы прогнозирования общей численности населения, из которых приведены экспоненциальная математическая модель, модели учитывающие половозрастное распределение.

На рисунке 3.1 представлены результаты проведенного вычисления – прогнозирование с использованием экспоненциальной модели и модели в виде простой показательной функции.

Также в данной работе приводятся численные результаты, полученные при помощи модели, учитывающей половозрастное распределение.

Моделирование демографических процессов – важная и актуальная задача. В частности демографического кризиса в России важно прогнозировать какое количество населения, возрастной и национальный состав страны. Для предсказания численности населения используются различные модели с разными входными данными. В качестве данных может присутствовать история численности населения, данные по демографическим процессам (рождаемость, смертность, миграции) или более детальные данные (брачность, образованность, доход).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью являлось изучение понятия демографии процессов и модели прогнозирования численности населения страны.

В ходе работы была проделана следующая работа:

- 1) проведен литературный обзор по данной тематике;
 - 2) изучены понятие демографического цикла и модели для прогнозирования численности населения;
 - 3) изучены основы работы в пакете ППП MATHCAD;
 - 4) рассмотрены статистические данные оРОССТАТ для России;
 - 5) рассмотрены статистические данные по рождаемости, количество населения, коэффициентов смертности.
- б) реализована взаимодействия математической модели с учетом половозрастной структуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Басалаева, Н.А. Моделирование демографических процессов и трудовых ресурсов/Н.А Басалаев.– М.: Наука, 1978. – 135 с.
- 2 Бахметова, Г.Ш. Методы демографического прогнозирования / Г.Ш. Бахметова.– М.: Статистика, 1982. – 99 с.
- 3 Белотелов,Н.В. Компьютерное моделирование демографических, миграционных, эколого-экономических процессов средствами распределенных вычислений: научное издание/ Н.В. Белотелов, Ю.И. Бродский,Ю.Н. Павловский. – М.: Изд-во РАН,ВЦ им. А.А. Дородницына, 2008. – 123 с.
- 4 Бергстром,С.А. Построение и применение математических моделей[Текст] / С.А. Бергстром.– М.: Прогресс, 1970. – 176 с.
- 5 Венецкий,И.Г. Статистические методы в демографии / И.Г. Венецкий.– М.: Статистика, 1977.– 208 с.
- 6 Владимиров, В.В Основные математические модели прогнозирования / В.В. Владимиров.– М.: Высшая школа, 1995. – 224 с.
- 7 Демография и статистика населения: учебник для академического бакалавриата / И.И. Елисеева [и др.]; под ред. И. И. Елисеевой, М.А. Клупта. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 405 с.
- 8 Гусева, Е.Н. Моделирование макроэкономических процессов [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Е.Н.Гусева. – М.: Флинта, 2014. – 214 с.
- 9 Гусева Е.Н. Имитационное моделирование социально-экономических процессов. – Магнитогорск: изд-во Магнитогорск.гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 25с.
- 10 Гусева Е.Н. Основы имитационного моделирования экономических процессов: лаб. практикум / Е.Н. Гусева. – Магнитогорск: МаГУ, 2007. – 140с.
- 11 Капица, С.П.Синергетика и прогнозы будущего / С.П.Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г.Малинецкий. – -М.: Едиториал УРСС, 2003. – 288 с.

- 12 Капица, С.П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле / С.П. Капица.– М.: Наука. 1999. – 134 с.
- 13 Капица,С.П. Математическая модель роста населения мира / С.П. Капица// Математическое моделирование. –1992. Т.4, № 6. – С. 65-79.
- 14 Коротаяев, А.В. Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-Система. Демография, экономика, культура/ А.В.Коротаяев, А.С. Малков, Д.А. Халтурина. – М.: КомКнига, 2007.– 224 с.
- 15 Медков, В.М. Демография: учебное пособие / В.М.Медков Ростов-на-Дону: «Феникс», 2002. – 448 с.
- 16 Рюмкин,А.И. Система моделей и программ демографических прогнозов в регионе / А.И.Рюмкин, Е.С.Тябаев// Управляющие системы и машины. –1983, № 4. – С. 36-54.
- 17 Сайт о странах, городах, статистике населения и пр. [Электронный ресурс] URL: <http://countrysimeters.info>. (дата обращения: 17.03.2017).
- 18 Саралашвили,А.А.Компьютерное моделирование демографических процессов [Электронный ресурс] / А.А. Саралашвили, Е.Н.Гусева // Современные научные исследования и инновации. – 2017, №1. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77136> (дата обращения: 30.04.2017).
- 19 Сафронова В.М. Прогнозирование и моделирование в социальной работе / В.М.Сафронова. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. –240 с.
- 20 Тимофеев, С.А. К вопросу о существовании демографической константы [электронный ресурс]// Д.В. Помазкин, С.А. Тимофеев – Режим доступа: http://www.infoarchives.ru/data/demog_const.pdf.(дата обращения: 11.04.2017).
- 21 Федеральная служба государственной статистики 1999–2017 // Население России [электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/ (дата обращения : 01.06.2017).

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Листинг программы «Алгоритм расчета»

$$PPP_{muj} := \begin{cases} \text{for } i \in 0..18 \\ \text{temp}_{i,0} \leftarrow i \\ \text{return temp} \end{cases}$$

$PPP_{muj}_{0,1} := PP_{muj}$

PPP_{muj} =

	0	1
0	0	$9.986 \cdot 10^5$
1	1	0
2	2	0
3	3	0
4	4	0
5	5	0
6	6	0
7	7	0
8	8	0
9	9	0
10	10	0
11	11	0
12	12	0
13	13	0
14	14	0
15	15	...

$$PPP_{jen} := \begin{cases} \text{for } i \in 0..18 \\ \text{temp}_{i,0} \leftarrow i \\ \text{return temp} \end{cases}$$

$PPP_{jen}_{0,1} := PP_{jen}$

PPP_{jen} =

	0	1
0	0	$9.118 \cdot 10^5$
1	1	0
2	2	0
3	3	0
4	4	0
5	5	0
6	6	0
7	7	0
8	8	0
9	9	0
10	10	0
11	11	0
12	12	0
13	13	0
14	14	0
15	15	...

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Листинг программы «Расчет количества человек в возрастной группе»

PPPmuj := for i ∈ 1..18

$$PPPmuj_{i,1} \leftarrow (PPPmuj)_{i-1,1} \cdot (1 - Dmuj_{i,1})$$

=

	0	1
0	0	9.986·10 ⁵
1	1	9.981·10 ⁵
2	2	9.978·10 ⁵
3	3	9.974·10 ⁵
4	4	9.963·10 ⁵
5	5	9.941·10 ⁵
6	6	9.907·10 ⁵
7	7	9.85·10 ⁵
8	8	9.773·10 ⁵
9	9	9.688·10 ⁵
10	10	9.58·10 ⁵
11	11	9.433·10 ⁵
12	12	9.226·10 ⁵
13	13	8.931·10 ⁵
14	14	8.561·10 ⁵
15	15	...

PPPjen := for i ∈ 1..18

$$PPPjen_{i,1} \leftarrow PPPjen_{i-1,1} \cdot (1 - Djen_{i,1})$$

=

	0	1
0	0	9.118·10 ⁵
1	1	9.114·10 ⁵
2	2	9.112·10 ⁵
3	3	9.11·10 ⁵
4	4	9.106·10 ⁵
5	5	9.1·10 ⁵
6	6	9.09·10 ⁵
7	7	9.074·10 ⁵
8	8	9.052·10 ⁵
9	9	9.026·10 ⁵
10	10	8.992·10 ⁵
11	11	8.946·10 ⁵
12	12	8.878·10 ⁵
13	13	8.778·10 ⁵
14	14	8.633·10 ⁵
15	15	...

ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Листинг программы «Расчет коэффициента дожития мужчин и женщин»

KDOJmuj := for i ∈ 0..17

$$\left| \begin{array}{l} \text{KDOJmuj}_{i,0} \leftarrow i \\ \text{KDOJmuj}_{i,1} \leftarrow \frac{\text{Dmuj}_{i+1,1}}{\text{Dmuj}_{i,1}} \end{array} \right.$$

=

	0	1
0	0	0.062
1	1	0.6
2	2	1.333
3	3	2.75
4	4	2
5	5	1.591
6	6	1.629
7	7	1.368
8	8	1.115
9	9	1.287
10	10	1.366
11	11	1.438
12	12	1.455
13	13	1.294
14	14	1.459
15	15	...

KDOJjen := for i ∈ 0..17

$$\left| \begin{array}{l} \text{KDOJjen}_{i,0} \leftarrow i \\ \text{KDOJjen}_{i,1} \leftarrow \frac{\text{Djen}_{i+1,1}}{\text{Djen}_{i,1}} \end{array} \right.$$

=

	0	1
0	0	0.061
1	1	0.5
2	2	1
3	3	2.5
4	4	1.2
5	5	1.833
6	6	1.636
7	7	1.333
8	8	1.208
9	9	1.31
10	10	1.342
11	11	1.49
12	12	1.474
13	13	1.482
14	14	1.711
15	15	...