

УДК 621.03

Ю.Н. СОКОЛОВ, А.Ю. СОКОЛОВ, В.М. ИЛЮШКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ПРИРОДЫ И ОБЩЕСТВА.****Часть 3.****КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ГЛОБАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Рассмотрена методология компьютерного моделирования глобальных социальных процессов. Модель учитывает четыре уровня интеграции: социальное сообщество, систему поддержания институциональных этнических образцов, экономическую и политическую системы. Динамика изменения этих уровней описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений. В качестве управляющего параметра принят уровень пассионарного напряжения (характеристика этноса). На основе математической модели глобальных социальных процессов разработана схема имитационного моделирования в среде MATLAB/Simulink (версия 7.8.0 (R2009a)). Подробно изложены методика компьютерного моделирования и результаты численного эксперимента.

Ключевые слова: социальная система, имитационное моделирование, уравнения состояния, структурная схема, устойчивость, бифуркации.

Введение

При изучении социальных процессов одной из самых интересных проблем является проблема предсказания будущего того или иного общества. Неоднократно проваливались самые различные попытки дать более или менее точный прогноз грядущих событий. Методика составления прогнозов опиралась на традиции гуманитарных наук и поэтому базировалась либо на узком наборе явлений и фактов, либо на конкретной теории, не способной обрабатывать данные так, как это делает математика. Важным отличием математического способа обработки данных является то, что результат получается в ходе долгих формальных вычислений, лишенных самостоятельного смысла. Он, как правило, непредсказуем (за исключением тривиальных случаев) и, следовательно, объективен. Субъективность может проявиться на предварительном этапе построения математической модели, но математический анализ следствий модели беспристрастен и объективен. История применения математики в естественных науках показывает, что большинство тонких результатов, полученных математическим путем, никогда бы не стало достоянием человеческого разума, если бы не использовались отстраненные формальные и абстрактные процедуры. Именно этот подход отсутствовал у ученых в прошлом.

Достаточно распространено мнение, что процессы, протекающие в обществе, в отличие от физических процессов, очень сложны, многогранны, и поэтому их строгое математическое описание – дело

почти безнадежное. Тем не менее, мы рассмотрим и исследуем математическую модель глобальных социальных процессов. Ввиду сложности такой модели используем современные компьютерные технологии.

1. Структурная схема общества¹

Под *глобальным процессом* понимается процесс, проявление которого становится заметным на больших отрезках времени – в несколько сотен лет. Напротив, *локальные процессы* сказываются через месяцы или через несколько лет. Фактор действий отдельного человека более проявляется на коротком отрезке времени, а на больших временных интервалах на первое место выходят системные связи, законы развития общества в целом. Поэтому можно попытаться математически описать то, что в меньшей степени задействует качества человеческой психики – глобальные социальные процессы, когда лишен смысла вопрос о победе той или иной политической партии, но закономерен вопрос о судьбе всего общества, поворотах в его истории, его культуре, состоянии окружающей его природной среды.

Далее будем исходить из структурной схемы общества, показанной на рис. 1.

На нижнем уровне (*биосфере*) общество людей представляет собой подсистему экологической системы, живущей в основном за счет энергии Солнца, и участвующую в обмене биомассой с другими под-

¹ В разд. 1, 2 использованы работы А.К. Гуца [1] и А.А. Лаптева [2].



Рис. 1. Структурная схема общества

системами данного уровня. Единое земное общество при этом может разбиваться на местные, региональные подобщества, которые отличаются друг от друга типом потребляемой пищи (биомассы), темпами прироста или смертности популяции и уровню загрязнений среды обитания. Данное общество лучше называть популяцией. Математическая модель этого уровня описана в книге В. Крапивина, Ю. Свирижева, А. Тарко [3]. На втором этническом уровне (*этносфере*) общество – это уже коллектив индивидов, способных к единым неосознанным действиям и характеризующихся одинаковыми неосознанными ответными реакциями на внешние воздействия, то есть вполне определенным стереотипом поведения, порожденным ландшафтными (региональными) условиями местожительства. Такое общество называется *этносом*. Данный уровень описан в теории этногенеза Л.Н. Гумилева² [4, 5]. Гумилев ввел понятие пассионарности³ с помощью которого описал поведение подсистем этноса⁴: пассионариев, гармоничных людей, организации, культуры и искусства, науки и техники, ландшафта. Математическая модель этноса описывается системой дифференциальных уравнений, которая построена профессором А.К. Гуцом [6]. На третьем социальном уровне (социосфера⁵) имеют дело с обществом в самом распространенном смысле этого слова. Ниже рассматривается математическая модель данного уровня, построенная на основе теории общества американского социолога Т. Парсонса⁶ [10 – 12].

Очевидно, что существуют более высокие уровни, например, *психосфера*. Они должны иметь

² Лев Николаевич Гумилёв (1912 – 1992) – русский историк-этнолог, философ, автор пассионарной теории этногенеза, поэт, переводчик с фарси.

³ Пассионарность – наследуемая количественная характеристика, определяющая способность индивида (и группы индивидов) к сверхусилиям.

⁴ Этнос (от греч. – народ) – исторически образовавшаяся группа людей, объединённая общим происхождением, языковыми и культурными признаками.

⁵ Социосфера (от лат. – общество + греч. – шар) – совокупность социальных факторов, характерных для данного этапа развития общества в его взаимодействии с природой. Социосфера включает в свой состав человечество с присущими ему на данном этапе развития производственными и общественными отношениями, а также освоенную человеком часть природной среды.

⁶ Толкотт Парсонс (1902-1979) – американский социолог-теоретик, создатель теории действия и системно-функциональной школы в социологии.

большое значение при анализе локальных кратковременных социальных процессов, либо при анализе роли гениев об историческом развитии того или иного народа.

При выполнении исследований будем использовать теорию цикличности, которая является одной из интерпретаций мирового исторического процесса. Эта теория утвердилась на рубеже XIX – XX веков в Европе работами О. Шпенглера [13], А.Тоинби [14], Н. Данилевского [15] и других. По их мнению, каждое общество проходит определенные стадии развития, роста, надлома и разложения. С расширением культурного горизонта возобладало представление о многообразии культурных типов. Н.Я. Данилевский выделил 10 типов, А.Тоинби – 21 цивилизацию.

Основателями теории циклической динамики общества являются русские экономисты. Н.Д. Кондратьев в 30-х годах XX века на основе большого массива статистических данных и математического моделирования социально-экономических процессов пришел к выводу, что каждые полвека большие циклы экономической конъюнктуры сменяют друг друга [16]. Каждый такой цикл, в свою очередь, является элементом "векового" цивилизационного цикла, меняющегося через 200-300 лет. Н. Кондратьев считал, что данная закономерность позволяет более обоснованно прогнозировать тенденции в развитии экономики, называние кризисов. В настоящее время этот подход развивается под руководством российского академика Ю.В. Яковца [17]. Теория циклов рассматривается как инструмент социально-экономического предвидения. В рамках исторических суперциклов рассматриваются закономерности и тенденции изменений технологии, экономики, социально-политической сферы. История человечества представляется в виде лестницы, по ступеням которой поднимается человек.

1.1. Социальная система

Социальная система – это универсальный способ организации общественной жизни, который возникает в результате социальных действий на базе диктуемых социальных ролей. Она объединяется в упорядоченное и самосохраняющееся целое с образцами норм и ценностей, обеспечивающих взаимозависимость частей системы и интеграцию целого. Социальная система – это система отношений индивидов, подсистема системы социальных действий. Для ее анализа также применим системный подход, рассматривающий четыре подсистемы (социетальное⁷ сообщество, систему поддержания ин-

⁷ Социетальное – понятие, используемое для характеристики общества в целом, всей системы общественных отношений (экономических, социальных, политических и т.д.).

ституціональних⁸ этнических образцов, политическую и экономическую системы), их функциональное назначение и взаимосвязи.

Люди взаимодействуют друг с другом и развитие социальных отношений связано с личностными характеристиками взаимодействующих индивидов, с этническими образцами (стереотипами поведения).

Интеграция – это "такие структуры и процессы, посредством которых отношения между частями социальной системы либо упорядочиваются способом, обеспечивающим гармоническое их функционирование в соответственных связях друг с другом в системе, либо, наоборот, не упорядочиваются, причем тоже каким-нибудь определенным и объяснимым способом". Главное для людей – это решение проблемы обеспечения порядка в обществе.

1.2. Социальное действие

Люди в своей жизни постоянно действуют, совершают поступки. Поэтому вводится понятие социального действия. *Социальное действие* – это действие человека внешнего или внутреннего характера, которое предполагает, что действующий индивид или индивиды связывают с ним субъективный смысл и которое соотносится с действием других людей и ориентируется на него. Содержание действия образуют структуры и процессы, на основе которых люди формируют и реализуют осмысленные намерения (слово "осмысленный" предполагает символический (культурный) уровень смыслового представления и описания).

Рассмотрим социальное действие как систему и охарактеризуем систему действия через отношения составляющих ее подсистем.

Система социальных действий анализируется Т. Парсонсом в терминах следующих функциональных характеристик составляющих ее 4-х подсистем:

- 1) поведенческий организм служит для адаптации к окружающей физической природной среде;
- 2) этническая система предназначена для формирования главных, "руководящих" или контролирующих этнических образцов;
- 3) система личности служит ориентации на достижение цели;
- 4) социальная система направлена на достижение внутренней интегрированности (солидарности).

Действительно, каждый человек представляет собой:

- 1) биологический организм;
- 2) субъект некоторого этноса (подсознание);
- 3) личность;
- 4) член общества (сознание).

Поясним сказанное.

1. Принадлежность к определенному видовому типу, а именно, общие типовые характеристики больших человеческих групп образуют органическую основу социального действия. Это социальное действие направлено на адаптацию к влиянию окружающей физической природной среды, рассматриваемой в широком смысле, то есть не связанной ни с каким социальным действием.

2. Входя в этнос, человек становится носителем вполне определенного поведения, то есть действия, смысл которого определяется (и становится поэтому понятным) окружающей человека этнической (культурной) средой. Факторы, обуславливающие стереотип поведения, усваиваются на этническом уровне в процессе "научения" через условный рефлекс подражания (сигнальная наследственность), а на социальном – в процессе обучения (социализации), при котором важнейшую роль играют символически организованные этнические образцы. Эти образцы создаются в процессе этногенеза⁹ и формируются, главным образом, в рамках подсистем организации и культуры этноса. Будем называть их этническими. Они отличаются длительным существованием на протяжении многих поколений и поэтому способны придавать системе социальных действий высоко устойчивые структурные опоры, соответствующие генетически заложенным свойствам вида. Отметим, что в американской социологии вместо слова "этнический" используется слово "культурный". По существу, эти понятия практически совпадают (например, Т. Парсонс выделяет три основных момента в определении культуры: передаваемость в поколениях, обучаемость и общепринятость). Поэтому их можно отождествлять.

Этнические образцы подвергаются на социальном уровне институцированию, то есть закреплению посредством возникающих в системе действий институтов управления, власти. Будем называть их, следуя Парсонсу, институциональными этническими образцами. Их источником является система этноса, являющаяся, по сути дела, подсистемой системы социальных действий.

3. Каждый человек, подвергаясь «научению» в определенной этническо-культурной среде, имеет вполне определенный стереотип поведения. Но его организм, его окружение (физическое, этническое и социальное) всегда уникальны. Поэтому его собственная поведенческая система – система личности, является уникальным вариантом культуры этноса и присущих ей образцов действия. Личность ориентирована

⁸ Институционализм – государственное управление социально-экономическим развитием общества.

⁹ Этногенез (от греч. «племя, народ» и «происхождение») – процесс сложения этнической общности (этноса) на базе различных этнических компонентов. Этногенез представляет собой начальный этап этнической истории. По его завершении может происходить включение в сложившийся этнос других ассимилируемых им групп, дробление и выделение новых этнических групп.

на достижение целей по отношению к окружающей среде. Следовательно, система личности – самостоятельная подсистема системы социальных действий, не сводимая ни к организму, ни к этнической системе.

4. Изучению математической модели и компьютерному исследованию четвертой подсистемы (социальной) посвящена данная работа.

1.3. Общество

Общество – это тип социальной системы (среды всего универсума¹⁰ социальных систем), который как система достигает по отношению к окружающим его пяти средам (три внутренних и две внешних) наивысшего уровня самодостаточности. Самодостаточность общества является функцией от сбалансированной комбинации механизмов контроля над отношениями общества с этими пятью средами, а также от степени его собственной внутренней интеграции.

Контролирующие факторы образуют иерархию – многоуровневую форму организации объектов со строгой соотношенностью объектов нижнего уровня определенному объекту верхнего уровня.

Система с более высоким уровнем информации, но с низким энергетическим уровнем, контролирует высокоэнергетические системы с относительно низким уровнем информации.

Система культуры и искусства (этнос), соотносясь с высшей реальностью, преобразует нормативные образцы в ценностные ориентации, относящиеся к окружающему физическому миру, организмам, личностям и социальным системам.

Этническая система становится механизмом, через который общественная система функционирует и приобретает стабильность. При этом она дает толчок социальным изменениям, способствует эволюции всей системы.

Физическая среда создает условия функционирования, но не организует их. Физические, природные факторы не контролируются, к ним человек должен адаптироваться. Следовательно, социальная система контролируется (в рамках данной теории) только этническими факторами, поэтому при построении модели будем увязывать ее напрямую только с составляющими этногенеза.

1.4. Социетальное сообщество

Проблема интеграции общества – сохранение устойчивости, внутреннего единства, солидарности. Данная функция осуществляется институтами социального контроля посредством создания и поддержа-

ния общих норм и ценностей. Ядром общества как системы является структурированный (особо организованный) нормативный порядок. С его помощью организуется коллективная жизнь населения.

Единый коллектив, деятельность которого основана на объединении людей, сознательно принимающих нормативный порядок, называется *социетальным* сообществом.

Многие из этих норм, "навязанных" коллективу, предполагают контроль за их соблюдением, например, через полицейские функции и различные репрессивные и другие санкции.

Основная функция подсистемы "Социетальное сообщество" – интеграция людей. Она осуществляется через поддерживающие устойчивость сцепления охранные и контролирующие факторы.

По мере развития сообщества происходит видимое разделение, разобщение людей через общественное разделение труда. Однако, как показал Дюркгейм (французский социолог, основатель французской социологической школы, (1858 – 1917)), специализируясь, разобщаясь по сферам узкой трудовой деятельности, люди все более нуждаются в особой интеграции, названной им органической солидарностью [18]. Эта солидарность организуется посредством кооперативного или реститутивного права. Последнее включает право собственности, семейное, договорное, коммерческое, процессуальное, административное и конституционное. Естественно, предполагаются соответствующие реститутивные санкции, то есть меры по восстановлению прежнего правового, имущественного и т.д. состояний.

1.5. Подсистема поддержания институциональных этнических образцов

Легитимация порядка – это его признание, поддержка со стороны населения. Система легитимации определяет основания для разрешений и запретов.

"Правильно" то, что делается в соответствии с институционализированным порядком, то есть порядком, закрепленным соответствующими институтами власти. Сама власть также требует легитимации.

Объединение людей в сообщество происходит прежде всего на этническом уровне (лишь с формированием культурного образца, особенно оценочного ориентира, в социальной структуре обеспечивается взаимное соединение личности, социальной системы и культуры). На этом же уровне есть понятие организации этноса, в которой закреплен стереотип поведения членов этноса, его структура, нравы, обычаи, иными словами, образцы поведения (образцы социального действия – нормы, правила того, как должен вести себя человек в обществе, какие цели он должен ставить перед собой и какими средствами может их добиваться). Поскольку социальные формы развиваются параллельно и, отчасти, независимо от этниче-

¹⁰ Универсум (лат. universum, «совокупность, общность») – в философии – совокупность объектов и явлений в целом (лат. summa rerum), рассматриваемая в качестве единой системы. В общем смысле тождественна термину «Вселенная».

ских форм, то многие этнические образцы поведения подвергаются институализации.

Эти институциональные этнические образцы легитимны по своему происхождению и образуют подсистему поддержания институциональных этнических образцов (образцы создаются индивидуальными исполнителями и распространяются в социальной системе благодаря диффузии, а среди личностей – благодаря процессу обучения). Говоря "поддержание", имеется в виду система мер, законов и так далее, защищающих эти образцы поведения со стороны действующей власти. Нормативный порядок для своей легитимации требует соотнесенности с этническими образцами поведения (главным образом доминирующего этноса). В этом заключается основа взаимоотношений общества с этнической системой.

Процесс повышения степени общности образца тем не менее часто встречает серьезное сопротивление, поскольку приверженность различных групп ценностному образцу часто выступает в форме приверженности какому-то его конкретному содержанию, соответствующему более низкому уровню общности. Подобное сопротивление может быть названо фундаментализмом [10].

Общество нуждается в системе поддержания институциональных образцов поведения, ибо это его этническая основа. Это коллективное сознание общества, если выражаться языком Дюркгейма, то есть то, что склеило, объединило людей в сообщество в момент зарождения этноса или суперэтноса. Оно ослабевает, распадается по мере развития общества, в процессе раскрепощения индивидуальных сознаний членов общества, что тесно связано с разделением общественного труда.

Коллективное сознание связано с понятием механической солидарности членов сообщества, с их едиными социальными действиями, опирающимися на организацию (структуру) суперэтноса, нравы, мораль, религию и т. д., характерные для данного суперэтноса. Все это на уровне институализации являет собой уголовное право общества. Государство защищает его посредством репрессивных санкций.

1.6. Политическая система

Политическая система служит по Парсонсу обеспечению достижения общих целей. Политическая система состоит из государства (государство – это управляющая, контролирующая, карающая (полицейская) функция политической системы), политических партий и общественных организаций, лоббизма, политической элиты (политическая элита общества – люди; они образуют органы власти, а также составляют оппозицию. Это меньшинство общества, обладающее монополией на власть) и политической культуры (политическая культура – социально-исторический опыт людей, влияющий на формирование

ценностей и на их политическое поведение (взаимоотношения субъектов политического процесса друг с другом, с политической системой в целом).

Будем характеризовать политическую систему через ее отношения с другими системами: социальным сообществом, системой поддержания культурных образцов, экономической системой.

Чтобы власть имела хоть какую-то общественную значимость, ее требования должны быть "узаконены" и зафиксированы в системе "нормативно-директивных" отношений, обеспечивающих ее устойчивость.

Политическая система на начальном этапе обособляется от социального сообщества в силу того, что необходимо институализировать, придать особый статус таким параметрам услуг, которые может предложить системе личность, как ответственность за координацию коллективных действий (лидерство, авторитет личности), компетентность и профессионализм.

1.7. Экономическая система

Экономическая система определяет степень адаптации общества к окружающей физической среде; степень выживания людей, где первичным является обеспечение людей пищей и жильем. Экономика есть та часть общественной структуры, где производятся и распределяются материальные продукты, необходимые членам общества. Она служит для включения технологических процедур в социальную систему, а также для контроля за ними в интересах общества. Важным (интегрирующим) элементом здесь являются институты собственности, договорных отношений и регулирования условий занятости, что предполагает управление со стороны государства. Экономика стремится ослабить влияние политической системы и системы поддержания ценностных (этнокультурных) образцов [10].

Прогресс общества связан с усилением адаптивных возможностей. Последнее определяется ростом разделения общественного труда и ослаблением роли традиций, то есть этнических образцов, наличием минеральных ресурсов, капиталовложений и сельхозинвестиций.

2. Математическая модель социогенеза

В основе рассматриваемой ниже модели социогенеза лежит схема описания общества, принадлежащая Т. Парсонсу. Парсонс выделяет составляющие ее подсистемы: социальное сообщество, систему поддержания институциональных этнических образцов, экономическую и политическую системы. Им сопоставимы соответственно уровни: интеграции – органической солидарности К (социальное сообщество), интеграции – механической солидарности D (система поддержания институциональных

этнических образцов), адаптации к окружающей природной среде E (экономическая система) и обеспечения достижения общих целей G (политическая интеграция). Динамику изменения данных уровней можно описать дифференциальными уравнениями.

Переход от формального описания подсистем общества к некоторым, казалось бы, абстрактным математическим функциям (и к динамике этих функций) вполне согласуется с теорией Т. Парсонса, так как понятие функция используется в структурном функционализме Парсонса в его математическом значении: этим понятием обозначаются формы такой зависимости между величинами, при которой изменение одних величин (аргументов) сопровождается изменением других величин (переменных или функций) [10 – 12].

Если изучается динамика некоторой функции x , то в левой части уравнения записывается скорость ее изменения во времени dx/dt , а в правой – выписываются слагаемые непосредственно связанные с составляющими системы, причем перед слагаемым ставится знак "+", если оно содействует развитию x , и со знаком "-" – если сдерживает [24, 25].

В качестве управляющего параметра (он нужен для исследования цикличности) Парсонс берет уровень пассионарного напряжения (характеристику этноса), поскольку социальная система контролируется (в рамках рассматриваемой теории) только этническими факторами.

В широком смысле, *пассиона́рность* – наследуемая количественная характеристика, определяющая способность индивида (и группы индивидов) к сверхусилиям, сверхнапряжению.

По определению Л.Н. Гумилева *пассионарное напряжение* – пассионарность, приходящаяся на одного члена общества. Качественные характеристики пассионарного напряжения следует рассматривать как некую усредненную оценку представителей этноса [5].

Построим систему так, чтобы при достижении какого-то уровня пассионарного напряжения (P) система, потеряв устойчивость стационарного равновесия, обретала через некоторое время новое циклическое состояние. Политическую систему G , экономическую систему E , социальное сообщество K и систему поддержания институциональных этнических образцов D будем описывать функциями $G(t)$, $E(t)$, $K(t)$ и $D(t)$ соответственно, возрастание которых означает усиление интегрирующих общественных сил, а их убывание – ослабление. Динамику политической системы опишем уравнением:

$$\frac{dG}{dt} = G_G + G_E + G_K, \quad (1)$$

$$\text{где} \quad G_G = k_{GG}(e^{\delta P - \delta_1} - 1)G - \quad (2)$$

степень реакции властей на отклонение от общественного строя, вклад правительства в строительство основ государственности и учет инерционности в развитии;

$$E_K = k_{EK}(P - P_2)(K + D)E - \quad (3)$$

усилия людей по укреплению политического режима за счет экономики (экономика возлагает, в некотором роде, на политическую систему ответственность за мобилизацию ресурсов). Степень этих усилий определяется условиями жизни, т.е. уровнем развитости экономики;

$$E_K = k_{EK}(P - P_2)(K + D)E - \quad (4)$$

поддержка политической системы обществом (власть требует "узаконивания" [19]), легитимация власти (при достаточном уровне пассионарного напряжения ($P > P_1$)).

Динамика экономики описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dE}{dt} = E_E - E_G - E_K, \quad (5)$$

где $E_E = k_{EE}(e^{\delta P - \delta_1} - 1)E -$ (6) усилия людей по развитию экономики (чем больше пассионарное напряжение P , тем более действенны эти меры, причем на начальном этапе эти меры сказываются отрицательно, так как $e^{\delta P - \delta_1} - 1 < 0$, а далее – позитивно $e^{\delta P - \delta_1} - 1 > 0$;

$$E_G = k_{EG}e^{-\eta G + \eta_1}G - \quad (7)$$

ограничения на экономику (экономика стремится отделиться от политической системы [10]), накладываемые политикой (чем более развита политическая система, тем меньше ограничений, так как политическая система уже менее нуждается в экономической подпитке);

$$E_K = k_{EK}(P - P_2)(K + D)E - \quad (8)$$

ограничения на экономику (при $P > P_2$) накладываемые традицией и нормативным порядком (экономика стремится отделиться также от тех аспектов системы поддержания образца, которые связаны с родством [10]), и некоторый толчок (поддержка) в начале развития (при $P < P_2$).

Динамику социального сообщества опишем следующим уравнением:

$$\frac{dK}{dt} = K_G - K_K - K_D, \quad (9)$$

$$\text{где} \quad K_G = k_{KG}(G^2 + E^2) - \quad (10)$$

контроль за соблюдением нормативного порядка, борьба государства с преступлениями против порядка, реститутивные санкции [19], кооперативное право (чем сильнее государство и чем больше адаптация к окружающей среде (экономика), тем сильнее контроль);

$$K_K = k_{KK}e^{-\gamma K + \gamma_1}K - \quad (11)$$

потери при действиях, направленных на поддержку

авторитета традиції, легітимації устанавлюваного нормативного порядку (при достаточному високому рівні K затрати незначительні);

$$K_D = k_{KD} D^2 - \quad (12)$$

нормативний порядок потребує соотнесенности с етнічеськими образцами (підтримання нормативного порядку потребує згодованности с поведінчеськими очікуваннями [10]); спротивлення традиції; фундаменталізм.

Динаміку системи підтримання інституційних етнічеських образців опишемо рівнянням:

$$\frac{dD}{dt} = D_G - D_D - D_K, \quad (13)$$

$$\text{де} \quad D_G = k_{DG} G^2 - \quad (14)$$

контроль за образцами поведіння (політичеська система вирішує задачі по ефективному контролю за індивідуальною мотивацією членів общества [10]), боротьба держави з злочинними злочинними, репресивні санкції, злочинне право;

$$D_D = k_{DD} e^{-\omega D + \omega_1} D P - \quad (15)$$

затрати на підтримання авторитета традиції, легітимації устанавлюваного морального порядку (при достаточному високому рівні D ці затрати мінімальні);

$$D_K = k_{DK} K^2 - \quad (16)$$

соотнесенность с нормативним порядком.

Таким образом, после соответствующих подстановок (уравнений (2) – (4) в уравнение (1), уравнений (6) – (8) в уравнение (5), уравнений (10) – (12) в уравнение (9) и уравнений (14) – (16) в уравнение (13)) получаем систему нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих поведение социальной системы в целом:

$$\begin{cases} \frac{dG}{dt} = k_{GG} (e^{\delta P - \delta_1} - 1)G + k_{GE} e^{-\mu E + \mu_1} E + \\ \quad + k_{GK} (P - P_1)(K + D)G; \\ \frac{dE}{dt} = k_{EE} (e^{\delta P - \delta_1} - 1)E - k_{EG} e^{-\eta G + \eta_1} G - \\ \quad - k_{EK} (P - P_2)(K + D)E; \\ \frac{dK}{dt} = k_{KG} (G^2 + E^2) - k_{KK} e^{-\gamma K + \gamma_1} K P - \\ \quad - k_{KD} D^2; \\ \frac{dD}{dt} = k_{DG} G^2 - k_{DD} e^{-\omega D + \omega_1} D P - k_{DK} K^2, \end{cases} \quad (17)$$

или в векторной форме:

$$\frac{dX(t)}{dt} = F(X, P, p), \quad (18)$$

где $X = [G \ E \ K \ D]^T$ – вектор состояния системы, P – пассионарное напряжение (задающее воздействие, скалярная переменная), p – вектор параметров системы (постоянные коэффициенты уравнений (17):

$k_{ii}, \delta, \delta_1, \mu, \mu_1, \eta, \eta_1, \gamma, \gamma_1, \omega, \omega_1$).

3. Компьютерное моделирование социогенеза

3.1. Построение имитационной модели

Система уравнений (17) является существенно нелинейной, и ее аналитическое решение не представляется возможным. Поэтому для получения решения воспользуемся методом компьютерного моделирования средствами MATLAB/Simulink.

Схема имитационного моделирования системы строится из блоков библиотеки Simulink по уравнениям (17). Она состоит (рис. 2) из четырех подсистем, моделирующих каждое из этих уравнений, блока Signal Builder, задающего пассионарное напряжение P , мультиплексора Mux с пятью входами, позволяющего одновременно наблюдать интересующие нас переменные в одном окне регистраторов Scope или To Workspace. В демаскированном виде соответствующие подсистемы, построенные по уравнениям (17), показаны на рис. 3 – 6.

3.2. Моделирование пассионарного напряжения

При проведении исследования с помощью предложенной имитационной модели закон изменения пассионарного напряжения этноса (параметра P за 2000 лет) возьмем из модели этногенеза в виде, показанном на рис. 7 (из работы [2]). Эта кривая достаточно обоснована и широко используется специалистами [1, 2, 4, 5 и др.]. Рассматривая этот график, видим, что первые 200 лет происходит подъем, далее, примерно 200 – 500 лет – так называемый перегрев, а затем, где-то на 500-м году, происходит надлом.

Следующие 300 – 400 лет – инерционная фаза, и, наконец, на протяжении 300 – 400 лет – фаза обскурации¹¹. Эта кривая очень похожа на ту кривую, которую описывал Л.Н. Гумилев [4, 5].

¹¹ Фаза обскурации – фаза этногенеза, снижение пассионарного напряжения ниже уровня гомеостаза, сопровождающееся либо исчезновением этноса как системы, либо превращением его в реликт.

Гомеостаз (греч. – одинаковый, подобный и состояние, неподвижность) – способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия.

Реликт – этнос, находящийся в мемориальной фазе. Мемориальная фаза этногенеза – в пассионарной теории этногенеза, состояние этноса после фазы обскурации, когда отдельными его представителями сохраняется культурная традиция.

Понятие открытая система обозначает систему которая обменивается веществом и энергией с внешним, по отношению к системе миром, в отличие от закрытой системы, в которую и из которой ни вещество ни энергия не могут войти или выйти.

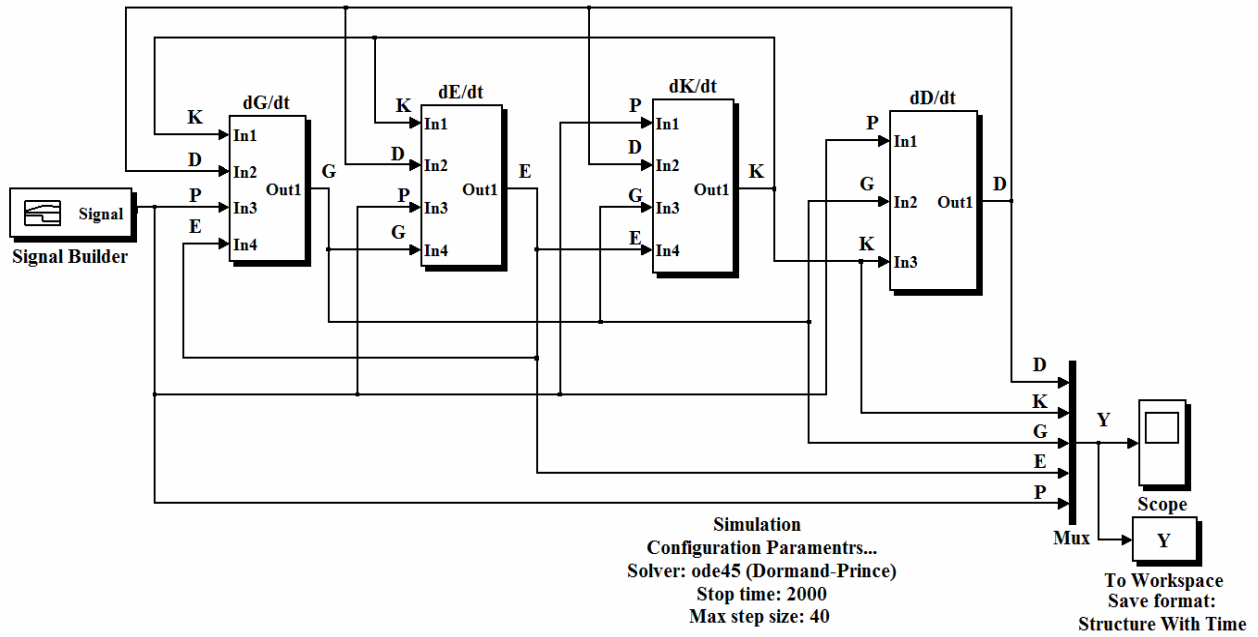


Рис. 2. Схема моделювання соціосфери

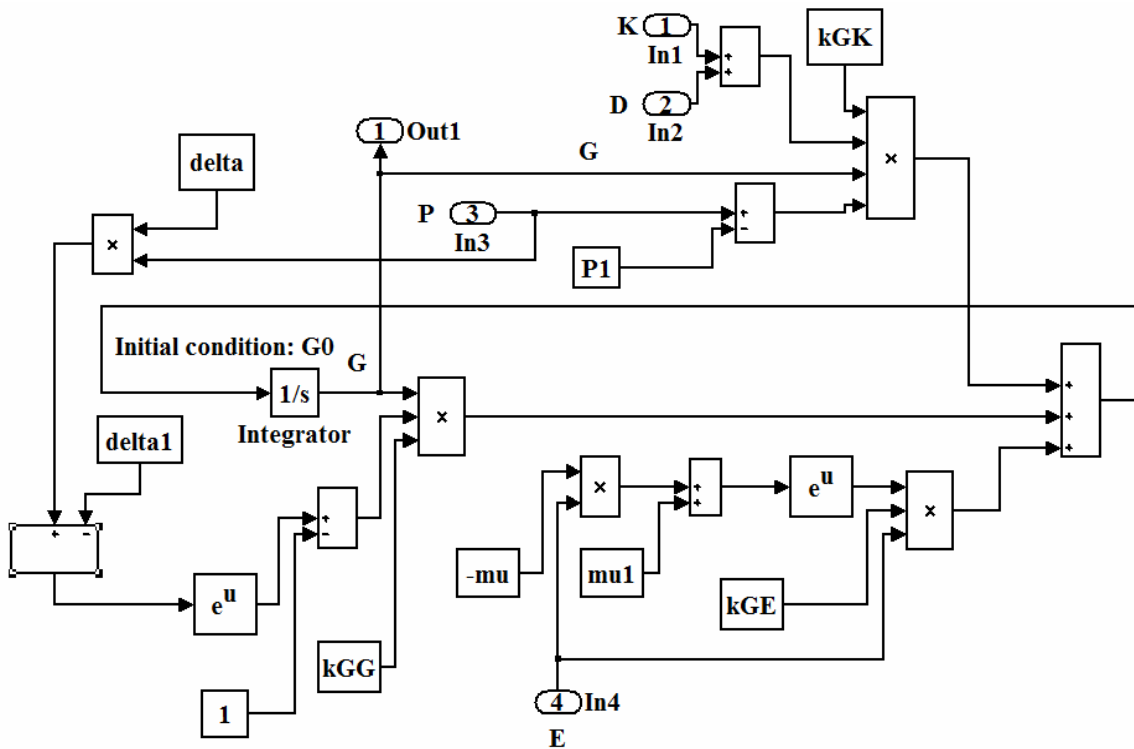


Рис. 3. Схема моделювання по уравнению динамики политической системы

$$\frac{dG}{dt} = k_{GG}(e^{\delta P - \delta_1} - 1)G + k_{GE}e^{-\mu E + \mu_1 E} + k_{GK}(P - P_1)(K + D)G$$

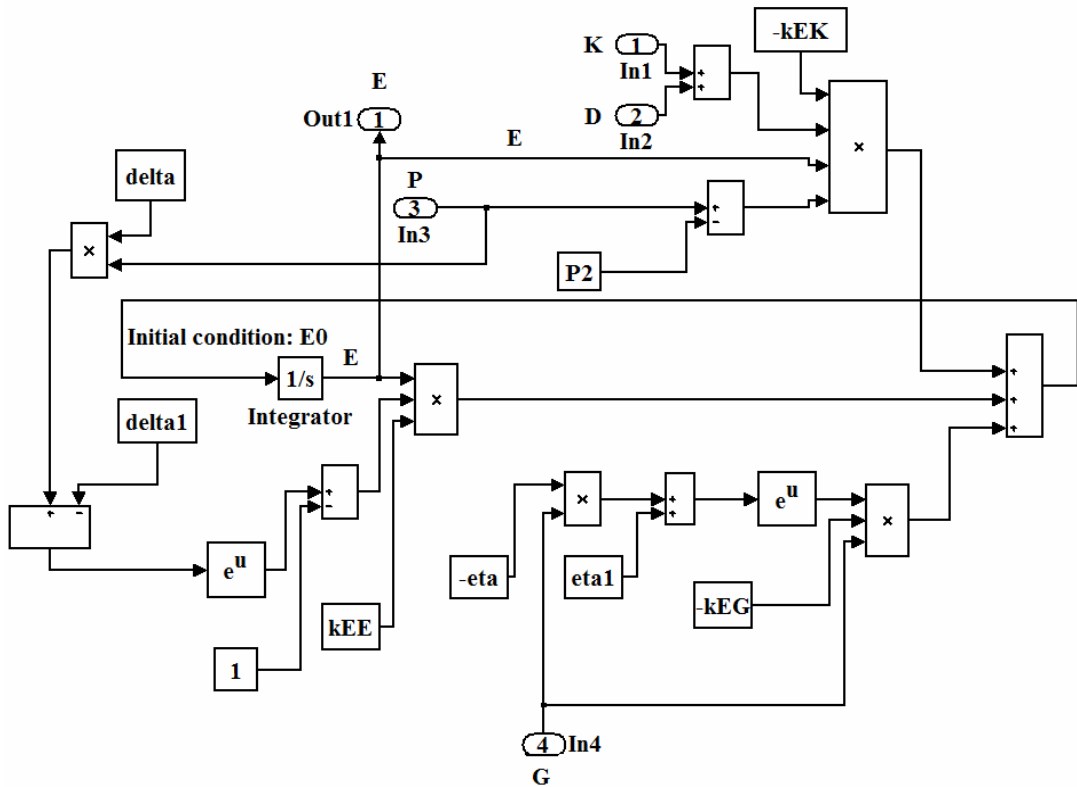


Рис. 4. Схема моделювання по уравнению динамики экономики

$$\frac{dE}{dt} = k_{EE} (e^{\delta P - \delta_1} - 1) E - k_{EG} e^{-\eta G + \eta_1} \cdot G - k_{EK} (P - P_2)(K + D) E$$

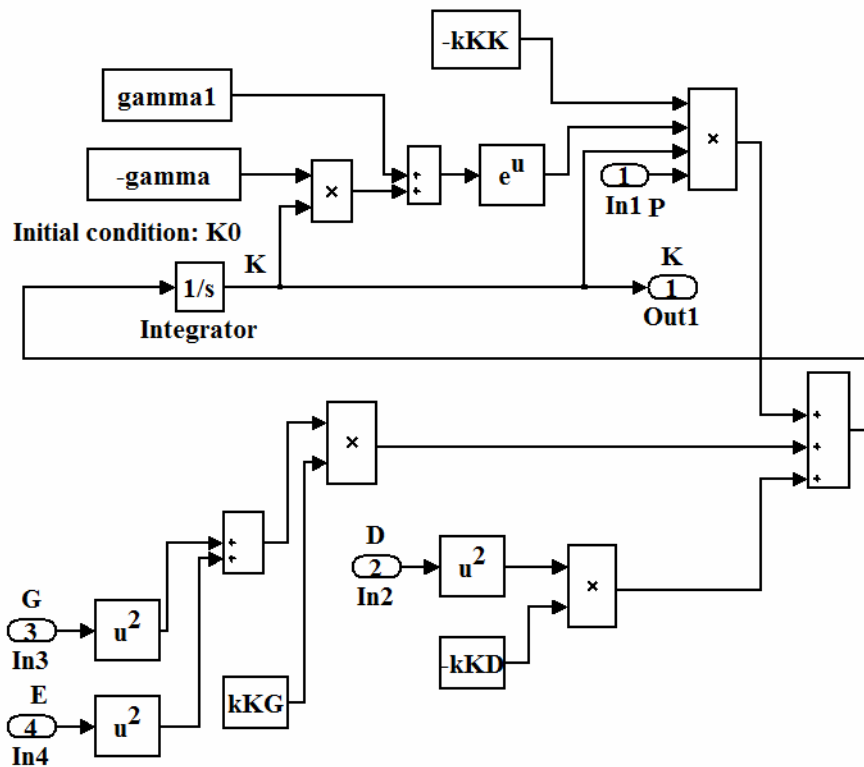


Рис. 5. Схема моделювання по уравнению динамики социального сообщества

$$\frac{dK}{dt} = k_{KG} (G^2 + E^2) - k_{KK} e^{-\gamma K + \gamma_1} \cdot K \cdot P - k_{KD} \cdot D^2$$

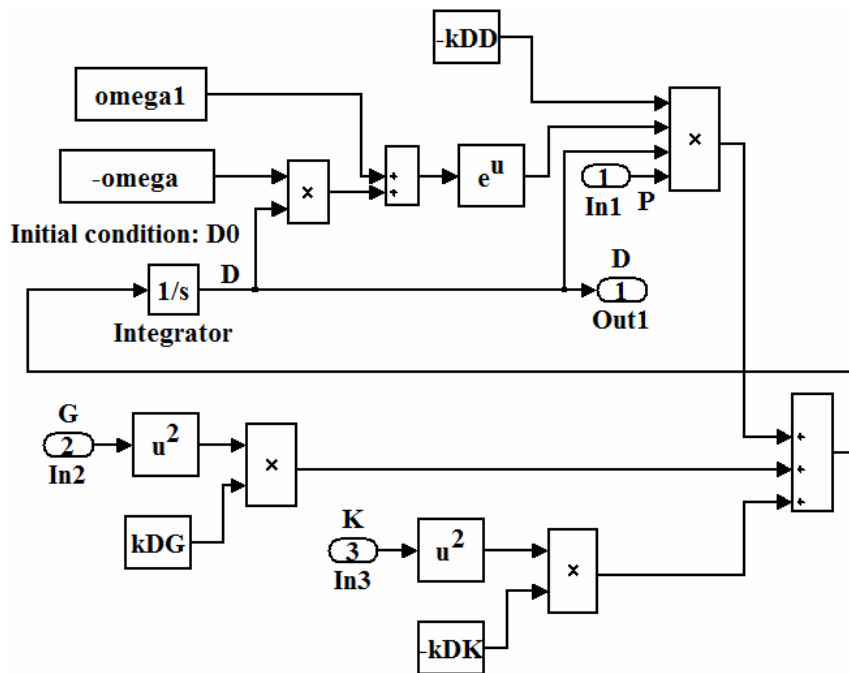


Рис. 6. Схема моделирования по уравнению динамики системы поддержания институциональных этнических образцов

$$\frac{dD}{dt} = k_{DG}G^2 - k_{DD}e^{-\omega D + \omega_1} \cdot D \cdot P - k_{DK} \cdot K^2$$

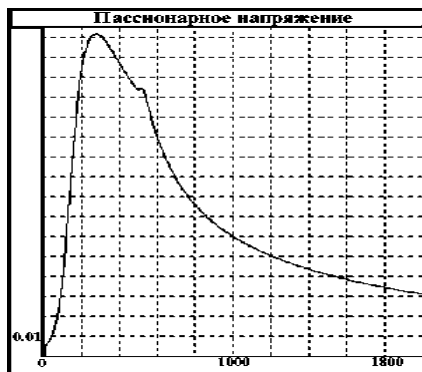


Рис. 7. Пассионарное напряжение этноса

Рассмотрим, какими средствами Simulink можно реализовать эту кривую и использовать ее в качестве задающего воздействия. Проще всего ее можно реализовать в виде аппроксимирующей кусочно-линейной функции (выбрав достаточно большое количество точек излома) с помощью блока Signal Builder (рис. 8) из раздела Sources библиотеки Simulink.



Рис. 8. Блок Signal Builder

Опишем последовательность решения такой задачи:

– в командном окне MATLAB задать пределы по осям абсцисс и ординат и координаты точек аппроксимирующей кривой $P(t)$ из графика рис. 7 двумя векторами t и P (одинакового размера), используя программу:

```
>>tmin=0; tmax=2000; % пределы по оси абсцисс
umin=0; umax=0.2; % пределы по оси ординат
% координаты точек графика:
t=[ 0, 50, 200, 250, 350, 500, 550, 700, 1000,
1400, 2000];
P=[0.005, 0.01, 0.15, 0.16, 0.16, 0.135, 0.135, 0.09, 0.06,
0.045, 0.03];
```

– двойным щелчком по блоку Signal Builder открыть окно для построения графика желаемой функции. Открывается окно с графиком прямоугольного импульса, показанное на рис. 9;

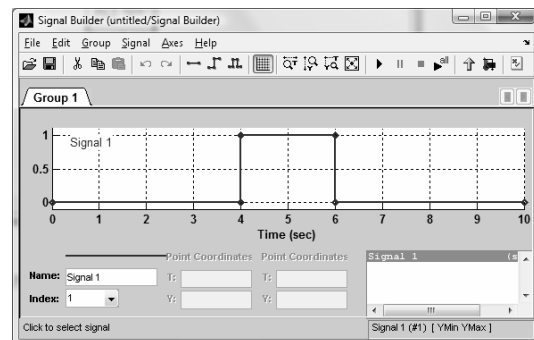


Рис. 9. Стартовое окно блока Signal Builder

– в меню окна Signal Builder выбрать Axes → Change Time Range.... В появившемся окне Set the total time range установить предельные значения времени t_{min} и t_{max} ;

– в меню окна Signal Builder выбрать Axes → Set Y Display limits.... В появившемся окне Set y range for axes 1 задать пределы по оси ординат u_{min} и u_{max} ;

– в меню окна Signal Builder (рис. 9) выбрать Signal → New → Custom. В появившемся окне Custom Waveform Data задать векторы t и y .

В нижней части окна Signal Builder (рис. 9) добавляется созданный график пассивного напряжения. Удалив открывшийся по умолчанию верхний ненужный нам график (щелчком правой клавишей мыши по удаляемому графику → Delete), получим окно, показанное на рис. 10.

Сравнивая графики на рис. 7 и 10, видим, что они достаточно близки. Заметим, что точность аппроксимации всегда можно повысить выбором большего количества точек сопряжения прямолинейных отрезков.

Таким образом, блок Signal Builder готов к работе. В схеме моделирования он будет генерировать сигнал, имитирующий пассивное напряжение. После выполненных действий следует обратить внимание на правильность подключения выходного порта блока Signal Builder к системе на рис. 2.

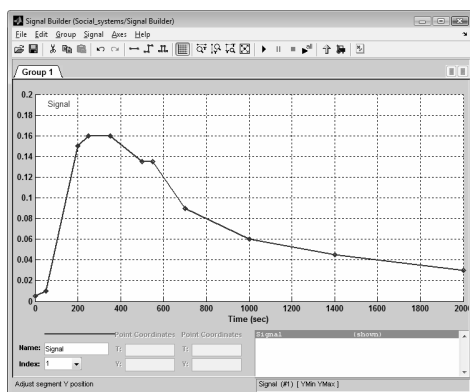


Рис. 10. График пассивного напряжения (аппроксимация)

При необходимости изменения пределов по осям координат или создания нового графика, рассмотренные этапы придется повторить для новых значений этих параметров, так как блок Signal Builder «запоминает» предыдущий график и не изменяет его при вводе в командном окне новых параметров.

3.3. Задание коэффициентов модели и начальных условий

Значения коэффициентов уравнений (17) и, следовательно, модели могут варьироваться. Статистическими наблюдениями социологов установлено,

что порядок этих коэффициентов $10^{-1} \dots 10^{-2}$.

При выборе коэффициентов уравнений для обеспечения устойчивости периодического решения необходимо учитывать выполнение условий [2]:

$$P_0 \geq P_1 = P_2; \quad k_{GK} \leq k_{EK}; \quad (19)$$

$$k_{KK} = k_{DD}; \quad \gamma_1 = \omega_1; \quad (20)$$

$$k_{KG} [1 - (k_{EG} / k_{GE}) (e^{\eta_1} / e^{\mu_1})] + k_{DG} < 0. \quad (21)$$

Указанным условиям удовлетворяют следующие коэффициенты и начальные условия уравнений (17), рассмотренные в работе [2], которые мы используем при моделировании системы:

$$\begin{aligned} k_{GG} &= 0.05, \quad k_{GE} = 0.07, \quad k_{GK} = 0.01, \quad k_{EE} = 0.05, \\ k_{EG} &= 0.15, \quad k_{EK} = 0.01, \quad k_{KG} = 0.08, \quad k_{KK} = 0.07, \\ k_{KD} &= 0.07, \quad k_{DG} = 0.08, \quad k_{DD} = 0.07, \quad k_{DK} = 0.01; \\ \delta &= 0.1, \quad \delta_1 = 0.001; \quad \mu = 0.01, \quad \mu_1 = 0.01; \quad \eta = 0.01, \\ \eta_1 &= 0.01; \quad \gamma = 0.1, \quad \nu_1 = 0.01; \quad \omega = 0.1, \quad \omega_1 = 0.01; \\ P_0 &= 0.011, \quad P_1 = 0.01, \quad P_2 = 0.01; \\ G(0) &= 0, \quad E(0) = 0.1, \quad K(0) = 0.01, \quad D(0) = 0. \end{aligned}$$

Поскольку коэффициенты моделей на рис. 3 – 6 и начальные условия интеграторов G_0 , E_0 , K_0 и D_0 установлены в буквенном виде, то их числовые значения зададим в окне свойств модели (Model Properties). Окно свойств модели открывается в такой последовательности: File → Model Properties → Callbacks. В левой вкладке (Model callbacks) открывшегося окна выбирается InitFcn, а затем в правой вкладке (Model initialization function) вводятся необходимые числовые значения:

```
% parameters:
kGG=0.05;   kGE=0.07;   kGK=0.01;   kEE=0.05;
kEG=0.15;   kEK=0.01;   kKG=0.08;   kKK=0.07;
kKD=0.07;  kDG=0.08;  kDD=0.07; ; kDK=0.01;
delta=0.1; delta1=0.001;
mu=0.01;  mu1=0.01;
eta=0.01; eta1=0.01;
gamma=0.1; gamma1=0.01;
omega=0.1; omega1=0.01;
P0=0.011; P1=0.01; P2=0.01;
% initial conditions:
G0=0; E0=0.1; K0=0.01; D0=0;
```

Далее в левой вкладке Model callbacks окна Model Properties выбираем StopFcn, а затем в правой вкладке (Simulation stop function) вводим команду построения графиков:

```
plot(Y.time, Y.signals.values)
```

Значения параметров процесса моделирования (Configuration Parameters...) указаны непосредственно на рис. 2.

3.4. Результаты моделирования и устойчивость социальной системы

Запустив модель (Start simulation) с помощью регистратора To Workspace, получим процессы, показанные на рис. 11.

Предсказание эволюции общества – это лишь предсказание состояния, в котором может пребывать общество. В нашем случае мы предсказываем, решая систему дифференциальных уравнений. В какой мере можно утверждать, что социальная система поведет себя именно так, а не иначе? Строя и исследуя модель, мы изолировались от внешних воздействий и фиксировали некоторое начальное состояние, которое, в принципе, нельзя точно получить. Здесь изначально закладываются неточности и погрешности. Значит, необходимо установить, насколько близки к

одному предсказанию эволюционной траектории другие возможные эволюционные траектории, которые получаются либо при закладывании несколько иных, но близких, начальных данных, либо при учете внешних воздействий на социальную систему [1]. Также необходимо выяснить возможность изменения коэффициентов при исследовании модели, т.е. надо посмотреть, устойчива система или нет. "Саму эволюционную траекторию можно рассматривать как равновесие. Переход от одной эволюционной траектории к другой – это смена равновесий. Непредсказуемая смена равновесий – это бифуркация или катастрофа. Интуитивно ясно, что социальная система, если уж и подвергнется бифуркации, то, "побродив" исторически короткий отрезок времени, рано или поздно окажется в устойчивом равновесии" [1].

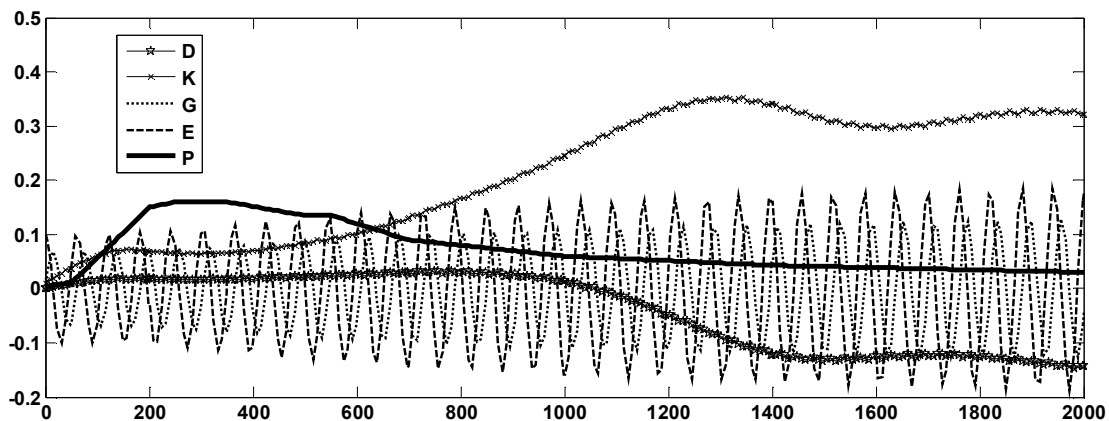


Рис. 11. График социогенеза

Необходимо отметить, что вопросу о стабильности (устойчивости) общества уделяется большое внимание в социологии. Так, например, Т. Парсонс пишет, что "термин «стабильность» эквивалентен более специфическому понятию стабильного равновесия, которое в другом отнесении может быть как статичным, так и подвижным. Система стабильна или находится в относительном равновесии, если отношение между ее структурой и процессами, протекающими внутри нее, и между ней и окружением таково, что свойства и отношения ... оказываются неизменными" [11]. Также Т. Парсонс говорит о требовании наивысшей степени автономности общества среди других социальных систем, которые могут реализовывать различные социальные образования в разные исторические периоды [19].

При исследовании системы (17) мы установили, что появляется цикл в развитии общества и что новое циклическое состояние общественного равновесия устойчиво (при определенных условиях для коэффициентов).

Для проверки устойчивости с помощью компьютерного моделирования можно изменять коэф-

фициенты и начальные данные и посмотреть, как это повлияет на вид графика решения. Если "пошевелить" начальные данные на небольшую величину при тех же коэффициентах уравнений, например при $G_0=0$; $E_0=0.15$; $K_0=0.015$; $D_0=0.05$, и повторив процесс моделирования, получим график социогенеза, аналогичный графику, показанному на рис. 11. Но общее решение практически не изменится. Следовательно, можно менять начальные условия достаточно свободно. Разработанная модель позволяет легко исследовать поведение системы при иных параметрах системы.

Множество примеров компьютерного моделирования различных динамических систем средствами MATLAB/Simulink можно найти в [22 – 25].

Заключение

В работе использована теория общества американского социолога Т. Парсонса и теории циклического развития экономической и политической систем общества, предложенной Н. Кондратьевым [16], Ю. Яковцом [17], на основе которых построена

имитационная модель из четырех дифференциальных уравнений, описывающих социальную систему. Система исследована на наличие бифуркации и устойчивость. Выяснено, что при определенных значениях коэффициентов уравнений она имеет устойчивое периодическое решение. Компьютерное моделирование показало, что решение периодическое и устойчивое.

Анализ полученных кривых $K(t)$, $D(t)$, $G(t)$, $E(t)$ показывает, что социальная система не статична, а постоянно в движении, то есть, достигнув некоторого уровня, кривые периодически колеблются около этого уровня с постоянной амплитудой. Из рис. 11 видно, что социальная система через некоторое время приходит к равновесию. Начальные данные (они заданы произвольно) близки к нулю, так как в начале эволюции все подсистемы еще не развиты). Нуль по оси ординат можно считать относительным понятием, просто он задает некоторый уровень; время (в годах) по оси абсцисс также относительно. Характерный рост (до стабилизации) графика социального сообщества объясняется тем, что в начале развития нормы и ценности только укореняются в сознании людей, а потом, когда в обществе устанавливаются абсолютные ценности и нормы, их трудно изменить. Падение уровня системы поддержания институциональных образцов обусловлено ослаблением коллективного сознания общества в процессе раскрепощения индивидуальных сознаний членов общества. Экономическая и политическая системы предопределены начальными данными и колеблются возле первоначального уровня (амплитуда изменения политической системы G несколько меньше чем у экономической системы E).

Таким образом, в результате исследования получена удобная для анализа имитационная модель социальных процессов с устойчивым периодическим решением.

Литература

1. Гуц А.К. Глобальная этносоциология: учеб. пособие / А.К. Гуц. – Омск.: ОмГУ, 1997. – 212 с.
2. Лаптев А.А. Математическое моделирование социальных процессов / А.А. Лаптев // Математические структуры и моделирование: сб. науч. тр. ОмГУ. – N 3. – Омск, 1999. – С.109-124.
3. Крапивин В.Ф. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов / В.Ф. Крапивин, Ю.М. Свирижев, А.М. Тарко. – М.: Наука, 1982. – 175 с.
4. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли / Л.Н.Гумилев. – АСТ, Астрель, 2005. – 512 с.
5. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период / Л.Н. Гумилев // Звезда. – 1990. – N2. – С.19-25.

6. Математическая модель этногенеза / А.К. Гуц; Ученый совет мат. фак. ОмГУ. – 1994. – 18 с. Деп. в ВИНТИ 20.07.94, № 1885 – В94.

7. Гуц А.К. Математическое моделирование этногенетических процессов / А.К. Гуц; Ученый совет мат. фак. ОмГУ. – 1996. – 15 с. Деп. в ВИНТИ 21.10.96, № 3100 – В96.

8. Гуц А.К. Математическая модель социогенеза / А.К. Гуц; Ученый совет мат. фак. ОмГУ. – 1996. – 12 с. Деп. в ВИНТИ 21.10.96, № 3101 – В96.

9. Гуц А.К. Рождение циклов в развитии политической и экономической систем вследствие ослабления режимов власти / А.К. Гуц, А.А. Лаптев // Циклы природы и общества. – Ставрополь, 1996. – С. 198-199.

10. Парсонс Т. Понятие общества: компоненты и их взаимоотношения / Т. Парсонс // Американская социологическая мысль. – М. – 1996. – С. 494–526.

11. Парсонс Т. Функциональная теория изменения / Т. Парсонс // Американская социологическая мысль. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 464 – 480.

12. Парсонс Т. Система координат действия и общая теория систем действия: культура, личность и место социальных систем / Т. Парсонс // Американская социологическая мысль. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 448 - 464.

13. Шпенглер О. Закат Европы / О. Шпенглер. – М.: Мысль, 1993. – 665 с.

14. Тойнби А.Дж. Постижение истории / А.Дж. Тойнби, Айрис-Пресс, 2008. – 640 с.

15. Данилевский Н.Я. Россия и Европа / Н.Я. Данилевский. – М.: Книга, 1991. – 1889 с.

16. Ю.В. Яковец. Научное наследие Н.Д. Кондратьева: современные оценки / В.Ю. Яковец // М.: Экономика, 1993. – С. 8–13.

17. Яковец Ю.В. История цивилизаций: учеб. пособие для студентов вузов гуманитар. профиля / Ю.В. Яковец. – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997. — 347 с.

18. Гофман А.Б. Дюркгеймовская социологическая школа / А.Б. Гофман // Классическое и современное. Этюды по истории и теории социологии. М., 2003. – С. 429 – 470.

19. Дюркгейм Э. О разделении общественного труда. Метод социологии / Э. Дюркгейм. – М.: Наука, 1991. – 470 с.

20. Хэссард Б. Теория и приложения бифуркации рождения цикла / Б. Хэссард, Н. Казаринов, И. Вэн. – М. Мир. 1985. – 280 с.

21. Марсден Дж. Бифуркация рождения цикла и ее приложения / Дж. Марсден, М. Мак-Кракен. – М.: Мир, 1980. – 368 с.

22. Соколов Ю.Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления: учеб. пос. – В 5 ч. / Ю.Н. Соколов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – Ч. 1: Непрерывные системы. – 260 с.

23. Персональный сайт Соколова Ю.Н. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к сайту: <http://www.sokolov.5u.com>.

24. Соколов Ю.Н. Компьютерные технологии в задачах природы и общества. Ч. 1. Уравнения Лотки – Вольтерра. Компьютерное моделирование взаимодействия видов в природе / Ю.Н. Соколов, А.Ю. Соколов, В.М. Илюшко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 2 (43). – С. 55-64.

25. Соколов Ю.Н. Компьютерные технологии в задачах природы и общества. Ч. 2. Модель Лотки – Вольтерра «хищник-жертва» в задачах экономики / Ю.Н. Соколов, А.Ю. Соколов, В.М. Илюшко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 3 (44). – С. 20-26.

Поступила в редакцию 25.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук., проф., зав. кафедрой информационных управляющих систем О.Е. Федорович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАДАЧАХ ПРИРОДИ І СУСПІЛЬСТВА.

Частина 3.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Ю.М. Соколов, О.Ю. Соколов, В.М. Ілюшко

Розглянута методологія комп'ютерного моделювання глобальних соціальних процесів. Модель враховує чотири рівні інтеграції: соціальне співсуспільство, систему підтримки інституційних етнічних зразків, економічну і політичну системи. Динаміка зміни цих рівнів описується системою нелінійних диференціальних рівнянь. В якості керуючого параметру прийнято рівень пасіонарної напруги (характеристика етносу). На основі математичної моделі глобальних соціальних процесів розроблено схему імітаційного моделювання в середовищі MATLAB/Simulink (версія 7.6.0 (R2008a)). Детально викладено методику комп'ютерного моделювання і результати кількісного експерименту.

Ключові слова: соціальна система, імітаційне моделювання, рівняння стану, структурна схема, стійкість, біфуркація.

COMPUTER TECHNOLOGIES IN PROBLEMS OF NATURE AND SOCIETY.

Part 3.

COMPUTER MODELING OF GLOBAL SOCIAL PROCESSES

Y.N. Sokolov, A.Y. Sokolov, V.M. Iliushko

The methodology of computer modeling of global social processes is considered. Model takes into account four levels of integration: societal community, institutional ethnic samples maintenance system, economic and political systems. Dynamics of these levels is described by nonlinear differential equations. As the control parameter the passionar tension is taken (characteristic of ethnos). On the base of mathematical model of the global social processes the simulation model is developed in the MATLAB/Simulink environment (version 7.6.0 (R2008a)). Technique of computer simulation and results of numerical experiment are given in detail.

Keywords: social system, simulation, state equation, block diagram, stability, bifurcation.

Соколов Юрий Николаевич – канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры производства радиоэлектронных систем летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, e-mail: sokolovkhai@gmail.com.

Соколов Александр Юрьевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информатики Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, e-mail: sokolov@xai.edu.ua.

Ілюшко Виктор Михайлович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой производства радиоэлектронных систем летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, e-mail: rtsla@ai.kharkov.com.