

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра економічної кібернетики та прикладної економіки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи

_____ А.В. Пантелеймонов

“ _____ ” _____ 20__ р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Моделювання економічної динаміки

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

галузь знань _____ 05 «Соціальні та поведінкові науки» _____

спеціальність _____ 051 Економіка _____

освітня програма _____ Економічна кібернетика _____

спеціалізація _____ _____

вид дисципліни _____ обов’язкова _____

факультет _____ економічний _____

2018 / 2019 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою економічного факультету

« 22 » червня 2018 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: завідувач кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки, професор, д.е.н. Меркулова Тамара Вікторівна

викладач кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки Зубова Віталіна Вікторівна

Програму схвалено на засіданні кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки

Протокол від « 11 » червня 2018 року № 11

Завідувач кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки

_____ Меркулова Т.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією економічного факультету

Протокол від « 21 » червня 2018 року № 9

Голова методичної комісії економічного факультету

_____ Євтушенко В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Моделювання економічної динаміки» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» освітньої програми «Економічна кібернетика».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування теоретичних знань, вмінь та практичних навичок щодо побудови, аналізу та використання математичних моделей динаміки економічних систем.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є

- оволодіння теоретичними знаннями та інструментарієм щодо:
- методології моделювання динаміки економічних систем;
- постановки і самостійного розв'язання задач аналізу, прогнозування, прийняття рішень з використанням моделей динаміки.

1.3. Кількість кредитів - 5 кредитів ЄКТС.

1.4. Загальна кількість годин – 150 годин.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
24 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
24 год.	год.
Самостійна робота	
102 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК8. Здатність до креативного та критичного мислення

ФК4. Здатність описувати економічні та соціальні процеси і явища на основі теоретичних та прикладних моделей, аналізувати і змістовно інтерпретувати отримані результати

ФК15. Здатність поглиблено аналізувати проблеми і явища в одній або декількох професійних сферах у межах спеціальності

ФК6. Здатність застосовувати економіко-математичні методи та моделі для вирішення економічних задач

ФК17. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для рішення економічних задач.

Результати:

1. Демонструвати стійке розуміння принципів економічної науки, особливостей функціонування економічних систем
2. Використовувати аналітичний та методичний інструментарій для розуміння логіки прийняття господарчих рішень різними економічними агентами (індивідуумами, домогосподарствами, підприємствами та органами державної влади)
3. Пояснювати моделі соціально-економічних явищ з погляду фундаментальних принципів і знань на основі розуміння основних напрямів розвитку економічної науки
4. Проводити аналіз функціонування та розвитку суб'єктів господарювання, визначати функціональні сфери, розраховувати відповідні показники які характеризують результативність їх діяльності.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Лінійні моделі економічної динаміки

Тема 1. Дискретні моделі

Зміст. Моделювання економічної динаміки: огляд предметної області, підходів і інструментарію. Статика та динаміка. Динамічні системи в економіці. Стохастичний та детермінований підходи щодо опису динамічних систем. Математичні моделі динаміки. Математичний інструментарій моделювання. Чинники економічної динаміки. Типи поведінки економічних динамічних систем. Лінійні різницеві рівняння як математична основа дискретних моделей. Дійсна і комплексна складові розв'язку лінійних різницевих рівнянь. Коливальна динаміка, типи коливань.

Тема 2. Моделі циклів і ринків

Зміст. Моделювання ринків і економічних циклів. Загальна характеристика моделей ринків і циклів: передумови, призначення, інструментарій, теоретичне і практичне значення. Економічні приклади. Моделі ринків з лагами і запасами. Модель циклу Хікса – Самуельсона. Лабораторна робота модель Хікса

Тема 3. Безперервні одномірні моделі.

Зміст. Моделі динаміки випуску і доходу. Одномірні неперервні моделі. Загальна характеристика одномірних моделей: передумови, призначення, інструментарій, теоретичне і практичне значення. Лінійні диференціальні рівняння: рішення, точки рівноваги, стійкість. Економічні приклади. Моделі природного росту випуску. Кейнсіанська динамічна модель. Моделі динаміки національного доходу.

Тема 4. багатомірні безперервні моделі.

Зміст. Багатомірні моделі і їхня математична основа. Загальна характеристика багатомірних моделей: передумови, призначення, інструментарій, теоретичне і практичне значення. Системи лінійних диференціальних рівнянь: рішення, власні числа матриці системи.

Тема 5. Фазові траєкторії і фазові портрети.

Зміст. Аналіз стійкості рівноваги лінійних систем. Графічна інтерпретація рішень системи лінійних диференціальних рівнянь. Фазова площина, фазова траєкторія, фазовий портрет.

Точки рівноваги, директриси. Аналіз власних чисел матриці системи і фазового портрета. Типи точок рівноваги. Діаграма «tr-det».

Тема 6. Лінійні багатовимірні моделі макроекономіки.

Зміст. Економічні приклади. Модель “IS - LM”. Міжгалузєва модель Леонтьєва.

Розділ 2. Нелінійні моделі

Тема 7. Одновимірні нелінійні моделі

Зміст. Нелінійні системи. Загальна характеристика нелінійних моделей: гіпотези і передумови, інструментарій, теоретичне і практичне значення. Поведінка нелінійних систем поблизу точок рівноваги.

Тема 8. Моделі неокласичного росту

Зміст. Економічні приклади: модель Калдора, модель Солоу.

Тема 9. Багатомірні нелінійні моделі: аналіз за допомогою лінеаризації

Зміст. Аналіз стійкості рівноваги в нелінійних системах. Локальна стійкість. Теорема про лінеаризацію. Лінеаризація нелінійних систем. Заміна перемінних. Розкладання в ряд тейлора. Глобальний фазовий портрет. Класифікація нелінійних точок рівноваги.

Тема 10. Біфуркації

Зміст. Точка біфуркації. Поняття біфуркації. Приклади біфуркацій.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Лінійні моделі економічної динаміки												
Тема 1. Дискретні моделі	17	2		3		12						
Тема 2. Моделі циклів і ринків	17	2		3		12						
Тема 3. Безперервні одновимірні моделі.	17	2		3		12						
Тема 4. Багатовимірні безперервні моделі	17	2		3		12						
Тема 5. Фазові траєкторії і фазові портрети.	14	2		2		12						
Тема 6. Лінійні багатовимірні моделі макроекономіки.	14	2		2		12						
Разом за розділом 1	100	12		16		72						
Розділ 2. Нелінійні моделі												
Тема 7. Одновимірні нелінійні моделі	13	4		2		7						

Тема 8. Моделі неокласичного росту	11	2		2		7					
Тема 9. Багатомірні нелінійні моделі: аналіз за допомогою лінеаризації	14	4		2		8					
Тема 10. Біфуркації	12	2		2		8					
Разом за розділом 2	50	12	0	8	0	30					
Усього годин	150	24	0	24	0	102					

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дискретні моделі	3
2	Моделі циклів і ринків	3
3	Безперервні одномірні моделі.	3
4	багатовимірні безперервні моделі.	3
5	Фазові траєкторії і фазові портрети.	2
6	Лінійні багатовимірні моделі макроекономіки.	2
7	Одновимірні нелінійні моделі	2
8	Моделі неокласичного росту	2
9	Багатомірні нелінійні моделі: аналіз за допомогою лінеаризації	2
10	Біфуркації	2
	Разом	24

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дискретні моделі	12
2	Моделі циклів і ринків	12
3	Безперервні одномірні моделі.	12
4	Багатовимірні безперервні моделі.	12
5	Фазові траєкторії і фазові портрети.	12
6	Лінійні багатовимірні моделі макроекономіки.	12
7	Одновимірні нелінійні моделі	7
8	Моделі неокласичного росту	7
9	Багатомірні нелінійні моделі: аналіз за допомогою лінеаризації	8
10	Біфуркації	8
	Разом	102

6. Індивідуальні завдання

7. Методи контролю

Протягом семестру робочою програмою передбачено для поточного контролю – 1 контрольна робота, та екзамен у якості підсумкового контролю. Також враховується активність студентів на практичних заняттях та самостійна робота.

8. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання										Екзамен	Сума		
Розділ 1					Розділ 2					Контроль на робота, передбаче на навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом	
Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	60	100	

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Біткова Т.В., Меркулова Т.В., Кононова К.Ю. Економіко-математичне моделювання (підручник для студентів економ. спец.). – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2009. – с.272.
2. Меркулова Т.В. Модели динамики валового продукта и национального продукта. Методические указания, задания и упражнения. — Харьков, ХГУ, 1996.
3. Меркулова Т.В. Моделирование экономической динамики. Часть I: Линейные модели Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Экономическая кибернетика» и «Прикладная экономика». Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина 2013. – 49 с.
4. Агапова Т. М., Бехренс Д., Курран Д. Динамические системы в экономике. – Донецк, ДонГУ, 2000. – 140с.
5. Гранберг А.Г. Динамические модели народного хозяйства: Учеб. пособие.-М.: Экономика, 1985. – 240с.
6. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике: Учебник. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, Издательство “ДИС”, 1988. – 368с.

Допоміжна література

1. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц.-М.: Наука, 1988. – 342с.
2. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. 2-е изд. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 288с.
3. Красс М.С. Математика для экономических специальностей: Учебник. – М.: ИНФРА – М, 1999. – 464с. – (Серия «Высшее образование»).

4. Лысенко Ю.Г., Петренко В.Лл., Тимохин В.Н., Филиппов А.В. Экономическая динамика: Учебное пособие, Донецкий гос. ун-т.- Донецк: ДонГУ, 2000. – 176с.
5. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения.- М.: Наука, 1982. – 354с.
6. Присняков В.Ф. Нестационарная макроэкономика: Учебное пособие. – Донецк, ДонНУ, 2000. – 209с.
7. Э. Петерс. Порядок и хаос на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: Пер. с англ. – М.: Мир. 2000. – 333с. ил.
8. Солодовников А.С., Бабайцев В.А., Браилов А.В., Шандра И.Г. Математика в экономике: Учебник: в 2-х ч. Ч.2. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 376с: ил.
9. Столерю Л. Равновесие и экономический рост (принципы макроэкономического анализа). Пер. с фр. – М.: Статистика, 1974. – 470с.
10. Pierre N.V. Tu. Dynamical Systems. An Introduction with Applications in Economics and Biology. Springer – Verlag Berlin. Heidelberg, 1994.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
3. <http://www.worldbank.org/>
4. <http://www.4tivo.com/education/5748-sinergeticheskaja-jekonomika.-vremja-i.html>
5. http://www.vargin.mephi.ru/book_ph_haos.html
6. <http://www.scintific.narod.ru/nlib/>

Додаток 1.

Согласно исходным предпосылкам, в модели Хикса доход, или объём выпуска продукции (Y), состоит из трёх компонентов: личного потребления (C), индуцированных инвестиций (I) и автономных, или независимых, инвестиций (A). Последняя переменная связывается главным образом с экономической деятельностью государства, при этом предполагается, что её динамика считается заданной и не зависит от состояния экономики.

Под индуцированными инвестициями понимаются капиталовложения частного сектора, динамика которых полностью определяется экономической ситуацией в определённый момент времени, а именно приростом дохода за период от $(t-2)$ до $(t-1)$. Предполагается, что сбережения в момент t совпадают с инвестициями. И, наконец, личное потребление определяется уровнем дохода за два предыдущих периода.

Модель Хикса записывается в следующем виде:

$$\begin{aligned} C_t &= c_1 Y_{t-1} + c_2 Y_{t-2}; \\ I_t &= v(Y_{t-1} - Y_{t-2}); \\ Y_t &= C_t + I_t + A_t. \end{aligned}$$

Её можно привести и в форме конечно-разностного уравнения

$$Y_t = (v + c_1)Y_{t-1} - (v - c_2)Y_{t-2} + A_t.$$

На структурные коэффициенты, склонность к потреблению (c_1 и c_2) и акселератор v налагаются следующие ограничения:

$$0 < c_1, c_2, c_1 + c_2 < 1; v > 0.$$

Решение соответствующего характеристического уравнения

$$\lambda^2 - (v + c_1)\lambda + (v - c_2) = 0$$

будет иметь вид

$$\lambda_{1,2} = \frac{w + c}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{w + c}{2}\right)^2 - w},$$

где $c = c_1 + c_2$; $w = v - c_2$. Постоянную w можно называть ослабленным инвестиционным коэффициентом.

Введём величину склонности к сбережениям: $s = 1 - c$. Действительные корни определяют возрастающую или убывающую тенденцию при $\lambda > 1$ и $\lambda < 1$ соответственно. Закон движения в модели будет иметь тогда такой вид:

$$Y_t = D_1 \lambda_1^t + D_2 \lambda_2^t + \bar{Y}_0 (1 + \rho)^t,$$

где D_1, D_2 — произвольные постоянные, определяемые начальными условиями; \bar{Y}_0

— начальный уровень покоя или равновесия, равный $\frac{A_0}{s}$; ρ — заданный темп прироста автономных капиталовложений.

Отрицательные значения λ , дающие знакопеременяющиеся компоненты решения, едва ли могут быть интерпретированы с экономической точки зрения.

В случае если корни уравнения попарно являются комплексно-сопряжёнными: $\lambda_{1,2} = \alpha \pm \beta i$, то тогда решение будет описывать колебательную тенденцию. В этом случае: $\alpha = \frac{w + c}{2}$; $\beta = \sqrt{w - \left(\frac{w + c}{2}\right)^2}$. Частота колебаний равна $\theta = \arctg \beta/\alpha$, период колебаний τ

$$= \frac{2\pi}{\theta}, \text{ а коэффициент затухания } r = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{w+c}{2}\right)^2 + w - \left(\frac{w+c}{2}\right)^2} = \sqrt{w}.$$

Решение, описывающее колебательную тенденцию, будет представлено так:

$$Y_t = Dr^t \cos(\theta t - \varepsilon) + \bar{Y}_0(1 + \rho)^t,$$

где D и ε — произвольные постоянные, определяемые начальными возмущениями; смысл значений r , θ , \bar{Y}_0 , ρ описан выше.

В случае, когда $A_t = A$ ($\rho = 0$) для всех t , получаем:

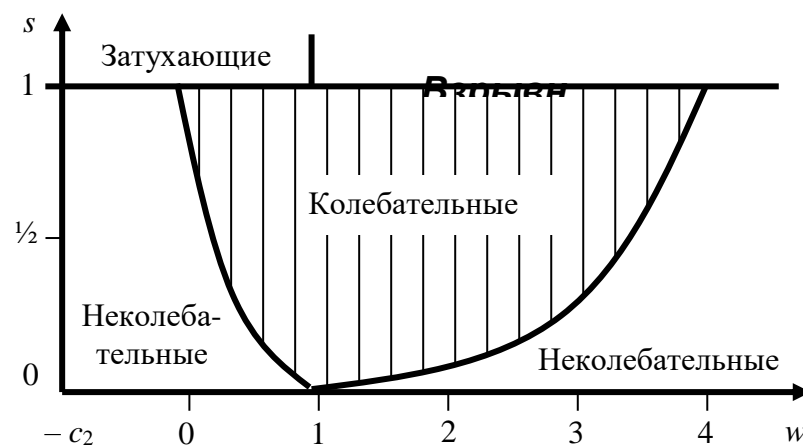
$$Y_t = Dr^t \cos(\theta t - \varepsilon) + \frac{A}{s}.$$

Колебания будут затухающими при $r < 1$ и взрывными при $r > 1$, т.е. если соответственно $w < 1$ и $w > 1$. Регулярные колебания будут соответствовать промежуточному случаю $w = r = 1$.

Модель представляет собой взаимодействие мультипликатора и акселератора. Будучи построенной, модель выявляет внутренние колебания Y_t при соответствующей комбинации постоянных w и s . Можно выделить четыре вида соотношений между w и s :

	Структурные постоянные (s и $w = v - c_2$)	Изменение Y_t во времени
I	$w < (1 - \sqrt{s})^2$	Неколебательное затухающее
·		
I	$(1 - \sqrt{s})^2 < w < 1$	Колебательное затухающее
I	$1 < w < (1 + \sqrt{s})^2$	Колебательное взрывное
II		
I	$(1 + \sqrt{s})^2 < w$	Неколебательное взрывное
V.		

Тогда область возможных решений можно графически представить, как это



сделано на приведённом ниже рисунке, где область $w < 1$ включает в себя затухающие решения, $w > 1$ — взрывные, заштрихованная область — колебательные решения, незаштрихованная — неколебательные. Решение, представляющее собой равномерные колебания, возможно только в частном случае: $w = 1$ или $v - c_2 = 1$, что в экономике может реализовываться как тенденция за длительный отрезок времени.

Поскольку Хикс предполагает, что в реальной экономике $w > 1$, т.е. решение приводит к взрывным процессам, а обеспечение такого процесса неизбежно должно натолкнуться на дефицит ресурсов, в частности рабочей силы, то он ввёл в модель ограничения по верхнему и нижнему пределу. Они реализуются через прекращение роста производства при достижении «потолка» и отключение механизма акселератора из-за избытка неиспользуемых производственных мощностей при достижении нижнего предела.

Ограничение по верхнему пределу запишем в виде:

$$Y_t \leq N_t,$$

где N_t — это экзогенно задаваемый максимально возможный выпуск в год t . Пока это ограничение не вступает в действие, величина дохода для каждого года определяется по формуле $Y_t = C_t + I_t + A_t$. Но предположим, что год $t - 1$ был последним перед столкновением с ограничением. По Хиксу, доход в год t будет равен:

$$Y_t = N_t.$$

Рассмотрим теперь ограничение по нижнему пределу. Как только доход начал падать, фазовые инвестиции (I_t) становятся отрицательными и начинают ускорять падение дохода, что, в свою очередь, ещё больше уменьшает фазовые инвестиции. Этот процесс длится до тех пор, пока фазовые инвестиции не принимают минимального значения:

$$I_t = -D_t,$$

при котором валовые инвестиции равны нулю. С этого момента в модели «работают» только уравнения $C_t = c_1 Y_{t-1} + c_2 Y_{t-2}$ и $Y_t = C_t + I_t + A_t$, а вместо уравнения $I_t = v(Y_{t-1} - Y_{t-2})$ вступает в действие нижнее ограничение. После этого темп падения дохода начинает замедляться, и, наконец, растущие автономные расходы вызывают переломный момент и переход к подъёму.

Таким образом, циклическое движение, согласно Хиксу, происходит следующим образом. Положим, что экономика находится в состоянии начального равновесия. Импульсное «впрыскивание» в виде дополнительных автономных инвестиций вызывает увеличение продукции и доходов. Это, в свою очередь, приводит к росту индуцированных инвестиций и потребления, а, в конечном счете, — к дальнейшему росту продукции и доходов. Амплитуда колебаний нарастает до тех пор, пока экономика не достигнет «потолка» или «пола» (нижнего предела), определяемых соответственно ресурсами и производственными мощностями. Однако оптимально подобранная динамика инвестиций может привести к смягчению в определённых пределах цикличности динамики экономики.

Основным положительным качеством модели является то, что она представляет собой попытку эндогенного объяснения природы циклических колебаний.

Индивидуальные задания.

1. Найти область значений v для решения с колебательным движением, если $s = c_2 = 0,25$.
2. Найти область значений v для решения с неколебательным движением, если $s = 0,04$, $c_2 = 0,06$.
3. Пусть $s = 0$. Показать, что в этом случае не может возникнуть колебательное движение.
4. Написать и проанализировать решение для Y_t при $v = 0,05$, $s = 0,04$ и $c_2 = 0,06$.
5. Написать и проанализировать решение для Y_t при $v = 1,31$, $s = 0,33$ и $c_2 = 0,22$.

6. Найти ν , при котором период цикла заключает 12 временных интервалов, если $s = c_2 = 0,25$.
7. Определить частоту и период одного цикла, если $\nu = 1,5$, $s = 0,28$ и $c_2 = 0,21$.
8. Будут ли возникать циклические колебания при $\nu = 1$, $c_1 = 0,57$ и $c_2 = 0,11$? Если да, то чему равен их период?
9. Затухающий или взрывной характер носят циклические колебания при следующих условиях: $\nu = 1,29$, $c_1 = 0,23$ и $c_2 = 0,6$? Какова частота этих колебаний?
10. Найти коэффициент затухания и период циклических колебаний при $\nu = 1,07$, $s = 0,14$ и $c_1 = 0,64$.
11. Сделать полный анализ модели Хикса при следующих условиях: $\nu = 1,48$, $s = 0,34$, $c_2 = 0,17$, $Y_0 = 6$, $A_t = A = 6$ для всех t .
12. Сделать полный анализ модели Хикса при следующих условиях: $\nu = 1,26$, $s = 0,64$, $c_2 = 0,12$, $Y_0 = A_0 = 17$, $\rho = 0,15$.
13. Проанализировать развитие экономики, если $\nu = 1,15$, $s = 0,43$, $c_2 = 0,28$, $Y_0 = A_0 = 11$, $\rho = 0,05$.
14. Заданы следующие параметры модели Хикса: $\nu = 1,24$, $s = 0,4$, $c_1 = 0,31$, $Y_0 = 10$, $A_t = A = 10$ для всех t . Записать и проанализировать уравнение динамики дохода Y_t .
15. При $\nu = 0,78$, $s = 0,36$, $c_1 = 0,41$, $Y_0 = A_0 = 8$, $\rho = 0,1$ записать и провести всесторонний анализ уравнения динамики дохода Y_t .
16. Дано: $\nu = 1,01$, $s = 0,19$, $c_2 = 0,35$, $Y_0 = 15$, $A_t = A = 15$ для всех t . Каково должно быть минимально возможное t , чтобы выполнялось $|Y_t - Y_{t-1}| < 0,1$?
17. Дано: $\nu = 0,6$, $s = 0,14$, $c_2 = 0,24$, $Y_0 = 30$, $A_t = A = 30$ для всех t . Какое должно быть t , чтобы выполнялось $|Y_t - Y_{t-1}| < 0,01$?
18. При каком t вступит в действие нижнее ограничение, означающее, что валовые инвестиции стали отрицательными ($I_t + A_t < 0$), если $\nu = 1,17$, $s = 0,3$, $c_2 = 0,2$, $Y_0 = 4$, $A_t = A = 4$ для всех t ?
19. Заданы следующие параметры модели Хикса: $\nu = 1,27$, $s = 0,43$, $c_1 = 0,28$, $Y_0 = A_0 = 8$, $A_t = A_0(1 + \rho)^t$. Найти минимально возможное ρ , для которого при $t = 15$ выполняется: $Y_{15} > 100$.
20. Какое надо взять минимально возможное ρ , чтобы при $t = 20$ выполнялось $Y_{20} > 1000$, если $\nu = 1,52$, $s = 0,24$, $c_2 = 0,31$, $Y_0 = A_0 = 12$, $A_t = A_0(1 + \rho)^t$?
21. Написать уравнение динамики Y_t , найти коэффициент затухания, частоту и период колебаний, если $\nu = 1,7$, $s = 0,3$, $c_1 = 0,4$, $Y_0 = A_0 = 33$, $\rho = 0,2$.