

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОРЕЖИМНЫХ РЕГИСТРОВ

Цель работы: изучение методики и приобретение практических навыков построения регистров ЦЕМ, выполняющих несколько микроопераций.

I. Методика синтеза многорежимных регистров [I-3]

Структурная схема многорежимного регистра может быть представлена в виде комбинационной схемы и регистра, выполняющего прием и хранение информации (рис. I). Комбинационная схема формирует функции возбуждения триггеров \bar{J} в зависимости от входных информационных сигналов \bar{D} и управляющих сигналов \bar{U} . Запись информации синхронизируется сигналом C , который зависит от импульса с генератора Γ , а также - вектора \bar{U} . Количество управляющих сигналов \bar{U} определяется количеством микроопераций, выполняемых регистром. В простейшем случае каждой микрооперации соответствует свой сигнал управления.

Для реализации микроопераций сдвига предусмотрена обратная связь (\bar{A} на рис. I), поэтому фактически синтез регистра сводится к разработке комбинационной схемы, формирующей нужные функции возбуждения триггеров регистра.

Для синтеза регистра обычно используют таблицу микроопераций, которая позволяет достаточно просто получить комбинационную схему регистров любой разрядности. Таблица содержит информацию о том, какой из входных сигналов или их комбинаций (D_1, \dots, D_n на рис. I) должен появиться на входах триггеров регистра. При этом учитывается тип триггера, на котором строится данный регистр. Для RS - и JK - триггеров передача информации происходит парафазным кодом, для D - триггеров - однофазным.

Для 3-разрядного регистра на JCK - триггерах, выполняющего микрооперации приема кода $\bar{B7}$ сдвига циклического вправо на 2 разряда, таблица микроопераций представлена в табл. I.

Таблица I

Таблица микроопераций

Микрооперация	Входы триггера							
	J1	c1	K1	J2	c2	K2	J3	K3
У1# Pг := \bar{B}	$\bar{B}1$	Γ	B1	$\bar{B}2$	Γ	B2	$\bar{B}3$	B3

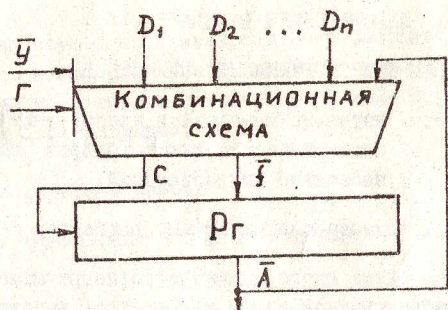


Рис. 1. Структура многорежимного регистра

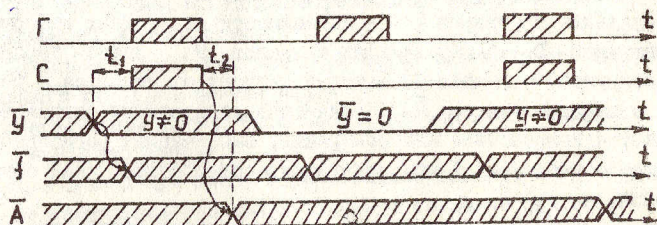


Рис. 2. Временная диаграмма работы регистра на JK-триггерах

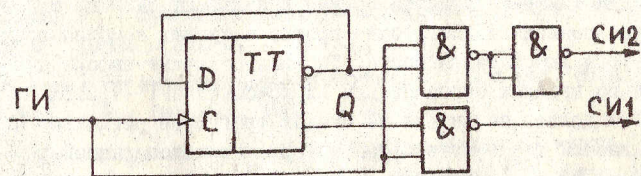


Рис. 3. Схема распределителя импульсов

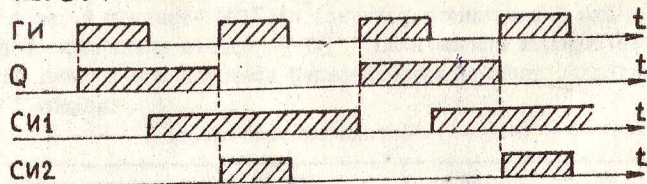


Рис. 4. Временная диаграмма работы распределителя импульсов

Микрооперация	Входы триггера								
	J1	C1	K1	J2	C2	K2	J3	K3	C3
У2 # Rr := III	I	Г	0	I	Г	0	I	0	Г
У3 # циклический сдвиг влево	A2	Г	A2-bar	A3	Г	A3-bar	A1	A1-bar	Г

Из таблицы легко могут быть получены выражения для функций возбуждения триггеров. В данном случае:

$$J1 = \bar{B}1 \cdot Y1 + 1 \cdot Y2 + A2 \cdot Y3 ;$$

$$K1 = B1 \cdot Y1 + 0 \cdot Y2 + \bar{A}2 \cdot Y3 .$$

Аналогично записываются выражения для J2, K2, J3, K3. После этого остается преобразовать полученные формулы в заданный базис и можно строить требуемую комбинационную схему.

Анализ структуры регистра (рис. 1) показывает, что ввиду наличия обратной связи в схеме возможен эффект "гонок". Он устраняется за счет применения синхронных триггеров со срабатыванием по фронту (D-триггер) или двухступенчатых триггеров (JK-триггер). В любом случае должны быть сформулированы требования к управляющим сигналам исходя из следующих соображений: прием информации в регистр должен осуществляться при установившихся сигналах на входах триггеров. Это возможно, например, если синхросигнал, подаваемый на C-вход триггера, задержан относительно сигналов управления Yi на время срабатывания комбинационной схемы приема. Это требование достигается за счет введения в схему синхронизации сигналов с генератора Г. Действительно, по таблице микроопераций для всех триггеров

$$C = Г (Y1 + Y2 + Y3) .$$

Тогда, формируя определенную диаграмму сигналов управления, можно добиться устойчивой работы схемы. Временная диаграмма, иллюстрирующая изменение состояний шин и элементов схемы регистра, приведена на рис. 2. Время задержки C относительно y-bar - t1 выбирается из анализа задержки сигнала в комбинационной схеме регистра, а задний фронт сигналов управления может совпадать с задним фронтом C.

Следует отметить, что во втором такте (рис. 2) при y-bar = 0 синхросигнал не поступает на вход триггера, чем обеспечивается режим хранения.

2. Методика исследования регистров на стенде

Исследования регистра в статике предполагают установление работоспособности схемы во всех режимах. При этом сигналы управления и информационные сигналы задаются с тумблерного регистра, а синхросигнал может быть подан с генератора одиночных импульсов ГОИ. Тогда при нажатии кнопки "Пуск" ГОИ должна выполняться микрооперация, заданная комбинацией управляющих сигналов (произойдет занесение набранного на тумблерах кода, сдвиг информации и т.п.). При нажатии вторично кнопки ГОИ без изменения \bar{Y} микрооперация повторится.

Исследование динамических свойств регистра состоит в определении времен t_1 и t_2 (рис. 2), характеризующих длительность задержки в схемах регистра и в определении экстремальных характеристик узла по быстродействию.

Для снятия временных диаграмм необходимо обеспечить цикличность выполнения микроопераций. Для этой цели следует использовать синхросигналы СИ1 и СИ2 с распределителя импульсов, приведенного на рис. 3. Временные диаграммы работы распределителя показаны на рис. 4. Управляющие сигналы Y_1 , Y_2 и Y_3 поступают с кольцевого регистра сдвига, по кольцу которого распространяется единица (рис. 5).

Перед запуском схемы с помощью установочных входов (\bar{R} - и \bar{S} -триггеров) в регистре устанавливается код 100. Синхронизация кольцевого регистра может осуществляться сигналом СИ1 с распределителя импульсов. На рис. 6 приведена временная диаграмма работы кольцевого регистра сдвига.

Выходы триггеров кольцевого регистра могут быть подключены в качестве управляющих сигналов на соответствующие входы комбинационной схемы исследуемого многорежимного регистра. Синхронизация последнего осуществляется с помощью синхросигнала СИ2, поступающего с распределителя импульсов.

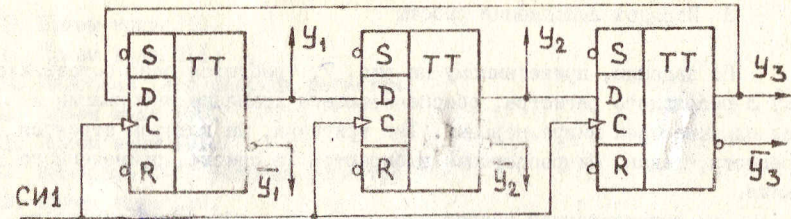


Рис. 5. Кольцевой регистр сдвига

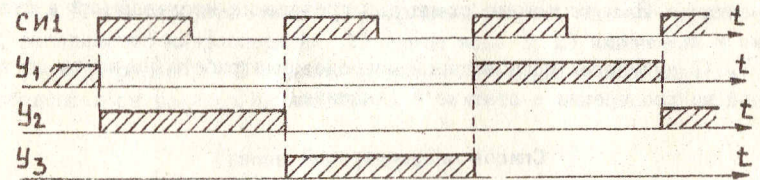


Рис. 6. Временная диаграмма работы кольцевого регистра сдвига

		Микрооперация 1										Тип триггера	
		10	11	12	13	14	10	11	12	13	14		
Микрооперация 2	1	1	18	34	48	60	70	78	84	88	90	D	
	2	10	2	19	35	49	61	71	79	85	89	RS	
	3	27	11	3	20	36	50	62	72	80	86	JK	
	4	42	28	12	4	21	37	51	63	73	81	RS	
	5	55	43	29	13	5	22	38	52	64	74	DE	
	6	66	56	44	30	14	6	23	39	53	65	JK	
	7	75	67	57	45	31	15	7	24	40	54	D	
	8	82	76	68	58	46	32	16	8	25	41	RS	
	9	87	83	77	69	59	47	33	17	9	26	RS	
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
		Микрооперация 3											

Рис. 7. Варианты заданий

3. Порядок выполнения работы

По заданию, приведенному на рис. 7, требуется разработать схему 3-разрядного регистра, обеспечивающего хранение информации и выполнение трех микроопераций. Тип триггера, на котором строится регистр, задан. Микрооперации выбираются из списка, приведенного ниже.

При внеаудиторной подготовке необходимо выполнить синтез регистра, привести принципиальную схему многорежимного регистра и монтажно-коммутационные схемы для проведения исследований в статике и динамике.

В аудитории производится исследование работы регистра по каждой микрооперации в статике и динамике.

Список микроопераций

1. Сдвиг вправо на I разряд с заполнением нулями освобожденного разряда.
2. Сдвиг вправо на 2 разряда с заполнением освобожденных разрядов нулями.
3. Сдвиг влево на I разряд с заполнением освобожденного разряда нулями.
4. Сдвиг влево на 2 разряда с заполнением освобожденных разрядов нулями.
5. Сдвиг вправо на I разряд с заполнением освобожденных разрядов значений I-го разряда.
6. Циклический сдвиг вправо на I разряд.
7. Циклический сдвиг вправо на 2 разряда.
8. Циклический сдвиг влево на I разряд.
9. Сдвиг вправо на I разряд с заполнением освобожденного разряда единицей.
10. Сдвиг вправо на 2 разряда с заполнением освобожденных разрядов единицами.
11. Сдвиг влево на I разряд с заполнением освобожденного разряда единицей.
12. Сдвиг влево на 2 разряда с заполнением освобожденного разряда единицами.
13. Прием кода В.
14. Прием кода \bar{B} .
15. Прием кода 000.
16. Прием кода 001.

17. Прием кода 010.
18. Прием кода 011.
19. Инверсия I-го разряда регистра.
20. Прием кода 100.
21. Прием кода 101.
22. Инверсия 3-го разряда регистра.
23. Прием кода 110.
24. Прием кода 111.

Для 9I-го варианта имеем: 3-разрядный регистр на D-триггерах, выполняющий микрооперации: 1) прием кода \bar{B} ; 2) инверсия 3-го разряда регистра; 3) сдвиг вправо на I разряд с заполнением освобожденного разряда единицей.

Список литературы

1. Самофалов К.Г., Корнейчук В.И., Тарасенко В.П. Цифровые ЭВМ: Теория и проектирование / Под общ. ред. К.Г. Самофалова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Киев: Выща шк., 1989. - 424 с.
2. Типовые операционные элементы ЭЦВМ: В 2 ч / Сост.: В.В. Лапо. - Донецк: ДПИ, 1977. - Ч. I. - 134 с.
3. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Электронные вычислительные машины" / Сост.: Л.А. Губенко, С.А. Ковалев. - Донецк: ДПИ, 1986. - 52 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЧЕТЧИКОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ПЕРЕНОСОМ

Цель работы: изучение методики синтеза счетчиков с параллельным переносом на базе синхронизируемых триггеров, а также приобретение практических навыков отладки цифровых схем счетчиков.

I. Методика синтеза и исследований счетчиков с параллельным переносом [I-3]

Синтез счетчика с параллельным переносом состоит в разработке комбинационной схемы, реализующей функции возбуждения триггеров счетчика таким образом, чтобы выполнялся заданный закон переключения счетчика. В общем случае выходные коды счетчика могут изменяться произвольно.

Широкое применение нашли счетчики, изменяющие свое состояние по заданному модулю, т.е. имеющие заданное число двоичных кодов. Например, счетчик по модулю 3 работает с двоичными кодами: 00, 01, 10. Такие счетчики могут быть как суммирующими, так и вычитающими с произвольным шагом пересчета.

Структурная схема и функциональное обозначение счетчика приведены на рис. I. Регистр P_г хранит текущее состояние счетчика, на основании которого комбинационная схема КС формирует функции возбуждения нового (следующего) состояния. По приходу синхросигнала С осуществляется изменение состояния счетчика.

Синтез схемы счетчика включает такие этапы:

1) строится таблица переходов, описывающая закон функционирования счетной схемы (т.е. какое состояние должно появиться на выходе счетчика в следующий момент времени - тайт);

2) на основании обратной таблицы переходов заданного триггера (таблица несет информацию с том, какой уровень надо подать на вход триггера, чтобы произошло определенное его переключение) и таблицы переходов счетчика определяются функции возбуждения триггера;

3) производится минимизация (обычно с помощью карт Карно) функций возбуждения и перевод полученных выражений в базис, определяемый заданной системой уравнений;

4) в соответствии со структурной схемой счетчика (рис. I, а) строится его электрическая схема на заданных логических элементах.

В качестве примера получим выражения для функций возбуждения

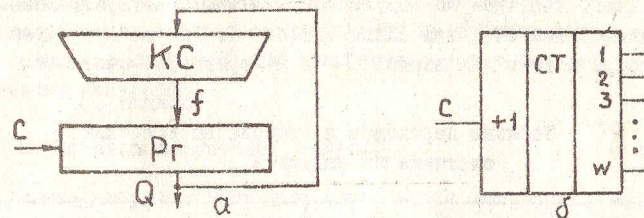


Рис. 1. Двоичный счетчик: а - структурная схема; б - функциональное обозначение

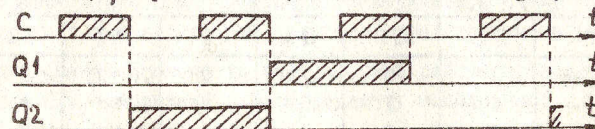


Рис. 2. Временная диаграмма работы счетчика по модулю три

Кoeffициент пересчета	1	Вычитающий										Суммирующий										Тип триггера										
		1	40	49	57	78	90	100	108	114	118	RS	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	21	12	3	42	51	59	80	92	102	110	JK	64	32	23	14	5	44	53	61	82	94	RS										
	31	22	13	4	43	52	60	81	93	103	D	72	65	33	24	15	6	45	54	62	83	T										
	84	73	66	34	25	16	7	46	55	63	JK	84	73	66	34	25	16	7	46	55	63	JK										
	95	85	74	67	35	26	17	8	47	56	D	95	85	74	67	35	26	17	8	47	56	D										
3	104	96	86	75	68	36	27	18	9	48	RS	104	96	86	75	68	36	27	18	9	48	RS										
	111	105	97	87	76	69	37	28	19	10	T	111	105	97	87	76	69	37	28	19	10	T										
	116	112	106	98	88	76	70	38	29	20	JK	116	112	106	98	88	76	70	38	29	20	JK										
	119	117	112	107	99	89	77	71	39	30	D	119	117	112	107	99	89	77	71	39	30	D										
		5	6	7	8	10	5	6	7	8	10			5	6	7	8	10	5	6	7	8	10									
		Модуль счeта										Модуль счeта																				

Рис. 3. Варианты заданий

суммирующего счетчика по модулю 3 на JK - триггерах. Закон функционирования счетчика задан в табл. I. Там же приведены функции алгебры логики для входов J- и K-триггеров счетчика.

Таблица I
Таблица переходов и функций возбуждения
счетчика по модулю 3

Состояние счетчика в такте				Функции возбуждения			
t		(t+1)					
Q1	Q2	Q1	Q2	J1	K1	J2	K2
0	0	0	I	0	*	I	*
0	I	I	0	I	*	*	I
I	0	0	0	*	I	0	*
I	I	*	*	*	*	*	*

Функции возбуждения минимизируются относительно значений в такте t. В данном случае:

$$J1 = Q2, \quad J2 = \overline{Q1}, \quad K1 = K2 = 1.$$

Последняя комбинация в счетчике $Q1Q2 = II$ никогда не появится, поэтому и значение входов относительно нее не определено. Другие неопределенности возникают из анализа работы JK - триггера и могут использоваться при минимизации. Реализация полученных формул не представляет труда.

Временная диаграмма работы такого счетчика приведена на рис.2.

Поскольку схема счетчика (рис.1,а) имеет обратную связь, то в ней может возникать эффект "гонок", который состоит в том, что при переключении счетчика могут возникать промежуточные состояния, приводящие к неправильной работе. Эти состояния возникают за счет неодинаковой задержки в реальных элементах. Например, при переключении счетчика из состояния 0I в IO, если первым сработает триггер Q1, возникает запрещенное состояние II (происходит переход 0I → II → IO). Это может привести к неправильной работе. Для исключения эффекта "гонок" часто применяются двухступенчатые триггеры, запоминающие состояние входов по переднему фронту синхронизуемого импульса, но не изменяющие своего выхода. По заднему фронту такой триггер переключается, но входной информации не воспринимает.

Исследования схемы счетчика в статическом режиме предполагает изучение логики его работы и проверку по таблице переходов. В качестве счетного сигнала С при этом используется импульс генератора одиночных импульсов.

2. Порядок выполнения работы

Внеаудиторная подготовка выполняется студентом самостоятельно. Студент должен:

- 1) выполнить синтез проектируемого устройства;
- 2) разработать принципиальную электрическую схему счетчика в соответствии с индивидуальным заданием, приведенным на рис. 3.

Экспериментальная часть лабораторной работы проводится в аудитории. При выполнении работы студенту необходимо:

1) убедиться в исправности лабораторного стенда, приборов и коммутационных проводников;

2) собрать исследуемую схему и произвести ее отладку в статическом режиме, используя элементы индикации установки УМII;

3) с помощью осциллографа исследовать динамические характеристики разработанного узла, снять временные диаграммы;

4) оформить результаты экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Потемкин И.С. Функциональные узлы цифровой автоматики. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 320 с.

2. Типовые операционные элементы ЭЦМ: В 2 ч. / Сост. В.В. Лапко. - Донецк: ДПИ, 1977. - Ч. I. - 134 с.

3. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Электронные вычислительные машины" / Сост.: Л.А. Губенко, С.А. Ковалев. - Донецк: ДПИ, 1986. - 52 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ

Цель работы: изучение принципов работы полиномиальных счетчиков, а также приобретение практических навыков работы с этими счетчиками.

I. Общие методические указания [1, 2]

Полиномиальными счетчиками называют пересчетные схемы, которые реализуются на регистрах сдвига при введении в них обратных связей через сумматоры по модулю два.

Регистры сдвига строят на непрозрачных триггерах.

Один из вариантов полиномиального счетчика приведен на рис. 1. При нулевых состояниях всех триггеров и нуле на входе схема реагирует на поступающие синхросигналы СС и остается в нулевом состоянии. При подаче на вход одной единицы по очередному синхросигналу счетчик переходит в состояние 100. Далее при нулевом входном сигнале происходит смена состояний счетчика по закону, показанному на диаграмме рис. 2.

Схема счетчика входит в цикл и генерирует последовательность состояний $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 6 \rightarrow 3 \rightarrow 7 \rightarrow 5$. В общем случае длина и вид генерируемой последовательности зависят от числа триггеров регистра сдвига и от того, между какими разрядами заведены обратные связи.

Для запуска счетчика в работу может быть использована схема, приведенная на рис. 3. С помощью сигнала начальной установки триггер устанавливается по входу \bar{S} в единицу. С приходом первого импульса с генератора одиночных импульсов триггер сбрасывается в нулевое состояние и остается в нем на все время работы счетчика.

Триггеры регистра сдвига перед запуском счетчика в работу должны быть установлены в нулевое состояние.

Схема полиномиального счетчика другой конфигурации приведена на рис. 4, а последовательность состояний счетчика отображается с помощью диаграммы, представленной на рис. 5.

Полиномиальные счетчики используются для имитации входных сигналов при проверке аппаратуры, цифровом моделировании и многих других случаях.

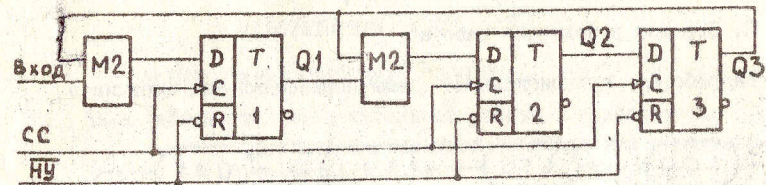


Рис. 1. Полиномиальный счетчик 1

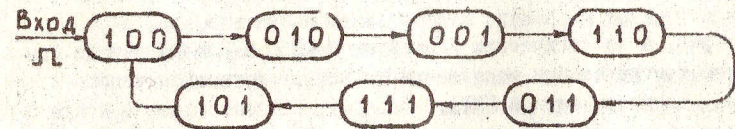


Рис. 2. Диаграмма состояний счетчика 1

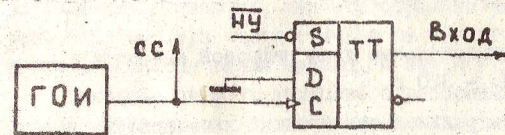


Рис. 3. Схема начального запуска

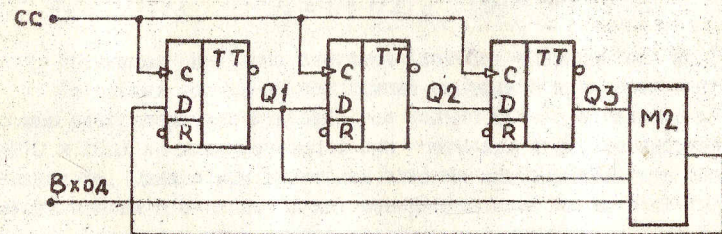


Рис. 4. Полиномиальный счетчик 2

2. Порядок выполнения работы

Разработать принципиальные схемы полиномиальных счетчиков

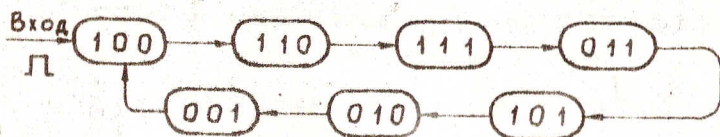


Рис. 5. Диаграмма состояний счетчика 2

рис. 1 и рис. 4 на логических элементах И-НЕ и И-ИЛИ-НЕ стенда. В качестве триггеров при построении сдвиговых регистров использовать D-триггеры стенда УМ11.

Исследования работы счетчиков выполнить в статике и динамике. Снять временные диаграммы сигналов cc , $Q1$, $Q2$ и $Q3$.

Список литературы

1. Потемкин И.С. Функциональные узлы цифровой автоматики. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 320 с.

2. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. - 304 с.