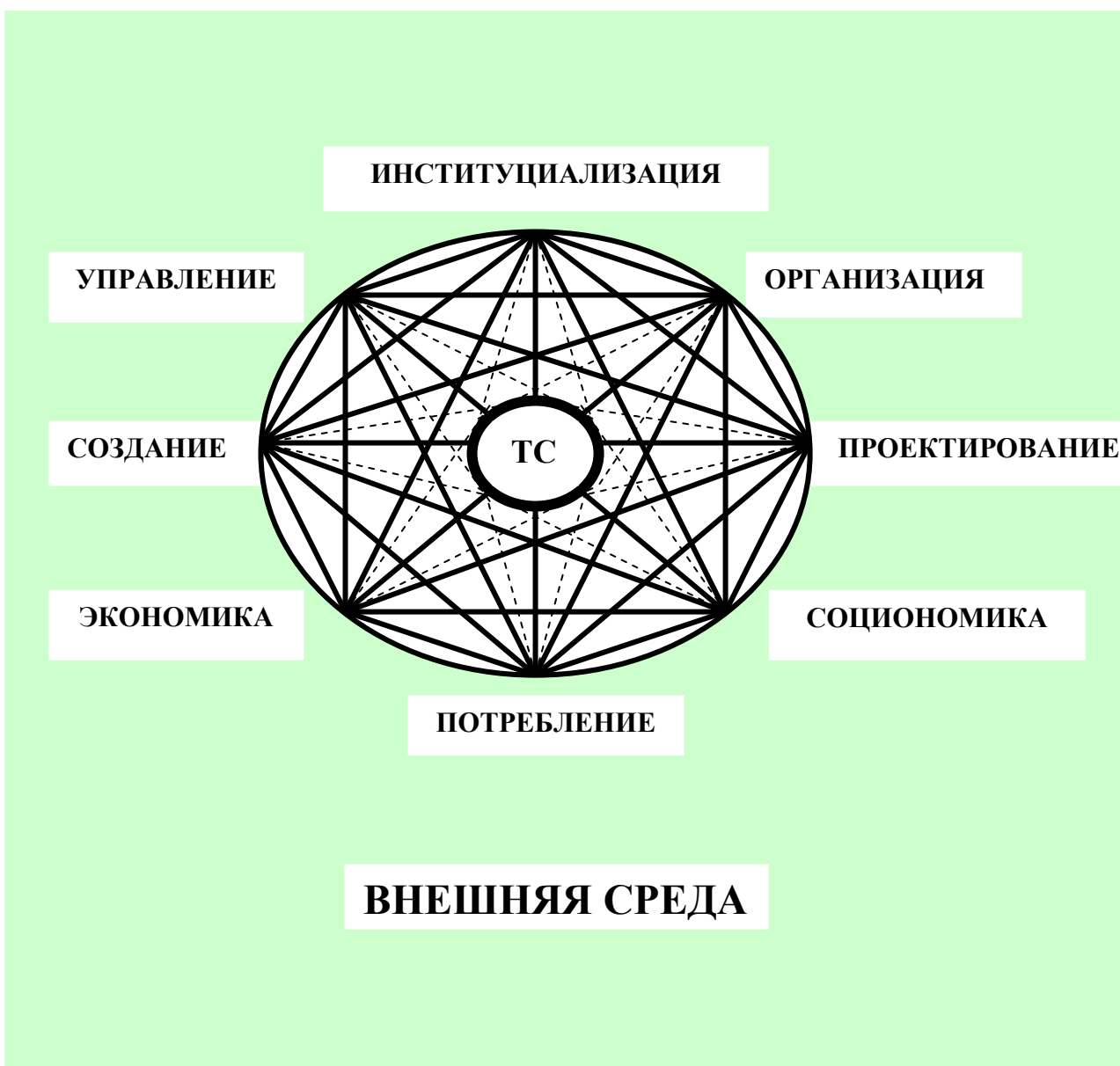


В.А. ЛЕЛЮК

**ВВЕДЕНИЕ
В
ТЕОРИИ СИСТЕМ**



Харьков – 2008

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО
ХОЗЯЙСТВА

В.А. ЛЕЛЮК

ВВЕДЕНИЕ
В
ТЕОРИИ СИСТЕМ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Том 2

Практикум
по элементам частных теорий систем

Теория автоматического регулирования
Экономическая кибернетика
Совершенствование организационных систем

Харьков – ХНАГХ – 2008

УДК 681.3:51

Лелюк В.А.

Введение в теории систем: Уч. пособие. В 2-х т. Т.2. - Харьков: ХНАГХ, 2008. –76 с.

Приведены элементы линейной теории автоматического регулирования и описан практикум ее применения для прогнозирования и программирования выходных величин технических и экономических систем, включающий задания и методический материал по их выполнению. Проанализированы ситуационные и программные типы управления. Описана технология моделирования бизнес-процессов с применением инструментальной системы ARIS, приведено ситуационное задание и пример его выполнения.

Для студентов высших учебных заведений, преподавателей, аспирантов, а также для специалистов, занимающихся совершенствованием и проектированием организационных систем.

Рецензент:

**проф., д.т.н., академик Международной академии информатизации
А.Т. Ашеро́в (Украинская инженерно-педагогическая академия)**

Рекомендовано:

**кафедрой менеджмента и маркетинга в городском хозяйстве и
кафедрой информационных систем и технологий в городском хозяйстве.**

**Печатается по решению Ученого совета ХНАГХ
в качестве учебного пособия, протокол № 11 от 2 июля 2008 г.**

ISBN 966-695-101-0

© В.А. Лелюк, 2008

© ХНАГХ, 2008

Содержание

Стр.

Глава 15. Системы автоматического регулирования.....	4
15.1. Сущность процесса автоматического регулирования.....	4
Задание 1.....	6
15.2. Элементы линейной теории автоматического регулирования.....	7
15.3. Прогнозирование параметров системы регулирования.....	11
Задание 2.....	12
Задание 3.....	14
15.4. Программирование параметров системы регулирования.....	15
Задание 4.....	17
Контрольные вопросы.....	18
Глава 16. Системы управления.....	19
16.1. Системы ситуационного управления.....	19
16.2. Системы программного управления.....	22
Контрольные вопросы.....	25
Глава 17. Система регулирования национального продукта.....	26
17.1. Прогнозирование роста национального продукта.....	26
17.2. Интерпретация ТАР для национального продукта.....	29
Задание 5.....	35
Контрольные вопросы.....	38
17.3. Программирование роста национального продукта.....	39
Задание 6.....	42
Контрольные вопросы.....	43
Глава 18. Система регулирования рыночной цены товаров.....	44
18.1. Причины и следствия изменения рыночной цены.....	44
18.2. Элементы линейной теории прогнозирования спроса, предложения и цены.....	45
18.3. Применение ТАР для прогнозирования цены.....	47
Задание 7.....	51
18.4. Программирование рыночной цены товара.....	53
Задание 8.....	54
Контрольные вопросы.....	56
Глава 19. Моделирование и совершенствование систем.....	57
19.1. Технология моделирования процессов.....	57
19.2. Ситуационное задание.....	68
Контрольные вопросы.....	71
Требования к оформлению работы.....	74
Литература.....	75

ПРАКТИКУМ ПО ТЕОРИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ

Глава 15. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

15.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

При функционировании таких технических систем, как турбины, самолеты, корабли, системы обогрева, вентиляции и кондиционирования в результате оказываемых на них предусмотренных **входных воздействий X** происходит изменение их состояния, характеризуемого так называемой **выходной величиной Y_t** .

Для турбины входным воздействием является поток пара, имеющий определенную температуру и давление, а выходной величиной – скорость вращения ротора. У самолета и корабля входное воздействие осуществляют, с определенной силой, двигатели, а положение рулей задает направление их движения. Выходной величиной является скорость движения транспортного средства в заданном направлении. Для систем обогрева входным воздействием является тепловой поток с определенными параметрами, а выходной величиной – тепловое состояние обогреваемого объекта, характеризуемое температурой. Для систем обеспечения электроэнергией входным воздействием является величина электрического тока и сопротивления его проводника, а выходной величиной – напряжение на выходе системы.

При функционировании технических систем возникает необходимость в том, чтобы выходная величина имела заданное значение Y . Например, турбина должна вращаться со скоростью 3000 оборотов в минуту. Чтобы это обеспечить, требуется определенной величины входное воздействие, в данном случае, поток пара должен иметь соответствующую расходную

характеристику, измеряемую, например, в литрах в секунду. А для этого пар должен иметь определенную температуру и давление. Для системы обогрева требуется, чтобы температура воздуха в помещении была заданной величины, которую указывает потребитель.

Однако в действительности непосредственно обеспечить это не удастся, так как на эти системы оказывает меняющиеся воздействия внешняя среда, в результате чего возникают отклонения выходной величины от заданного значения. Причинами появляющихся **возмущающих воздействий** на объект могут быть сбои в работе системы и/или изменения во внешней среде, которые не были учтены при проектировании системы. В турбине могут меняться характеристики входящего потока пара и сопротивление вращению турбогенератора. На движение самолета воздействует атмосфера, ветер, магнитное поле. На системы обогрева воздействует меняющийся охлаждающий поток воздуха.

Для обеспечения в этих условиях автоматического поддержания заданного значения выходной величины необходима цепь обратной связи с **регулирующей подсистемой**, схема которой показана на **рис.15.1**. Совокупность **объекта регулирования** и **регулирующей подсистемы** образует **систему регулирования**. Регулирующая подсистема должна реагировать на возникающие отклонения выходной величины и обеспечивать их ликвидацию, изменяя соответствующим образом на величину ΔX_{t+1} входные воздействия. Таким образом, с помощью **регулирующих воздействий** обеспечивается проектный режим работы системы. Для приведенных выше примеров регулирующими воздействиями являются изменение характеристик потока пара, изменения направления и силы воздействия двигателя, изменение теплового потока.

Регулирующая подсистема должна включать в себя:

- устройство для измерения выходной величины и определения отклонения от заданного значения;

- регулятор, вырабатывающий в случае недопустимого отклонения регулирующее воздействие на систему для восстановления нормы;
- устройство, исполняющее регулирующее воздействие.

Восстановление требуемого значения выходной величины, в общем случае, осуществляется регулирующей подсистемой не мгновенно, а в результате переходного процесса, Этот процесс может быть **колебательным** относительно заданной величины, когда отклонение уменьшается с изменением его знака, или **монотонным**, когда отклонение уменьшается постепенно, без изменения его знака.

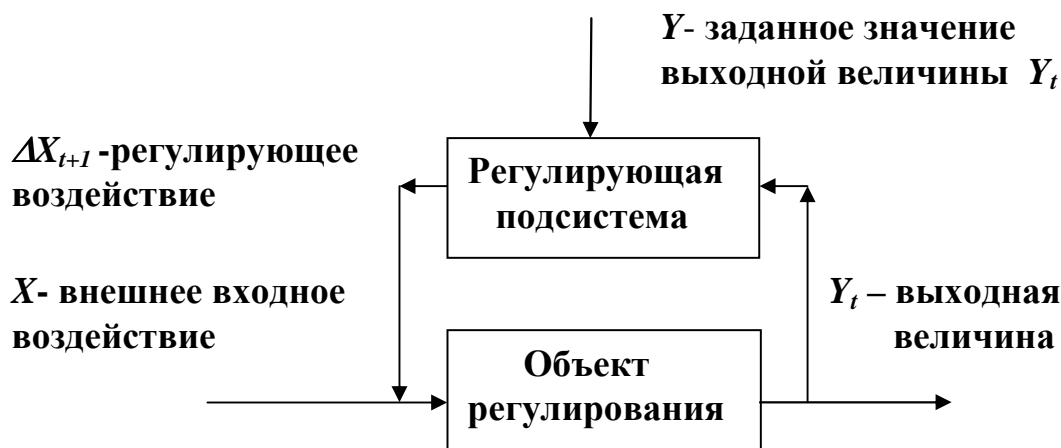


Рис.15.1 - Блок-схема системы регулирования

Если отклонение с течением времени не уменьшается, а, наоборот, увеличивается, то это означает, что система неисправна и процесс должен быть прекращен в аварийном порядке. В частном случае отклонение может вообще не изменяться.

ЗАДАНИЕ 1

Для объектов регулирования, перечисленных в **табл.15.1**, построить блок-схемы соответствующих систем регулирования и на них, а также в таблице указать примеры размерности выходной величины и наименования входных и регулирующих воздействий.

Таблица 15.1 – Примеры объектов регулирования и их параметров

Объект регулирования	Выходная величина	Y_t	X	ΔX_{t+1}
1. Паровая турбина	Скорость вращения			
2. Салон автомобиля	Температура в салоне			
3. Электрический аппарат	Напряжение			
4. Самолет	Направление и скорость			
5. Макроэкономика	Национальный доход			
6. Рынок	Цена товара			

15.2. ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Ответ на вопрос, как будет вести себя система регулирования, может дать теория автоматического регулирования (ТАР) [4,7,8]. Объектами этой теории являются процессы, происходящие в технических системах при отклонении их выходных величин от заданных значений. Она позволяет осуществить расчет ожидаемой динамики процесса регулирования. Ниже изложены элементы упрощенной **линейной** теории автоматического регулирования [3], основанной на предположении, что объект регулирования и регулятор функционируют в соответствии с линейными зависимостями выходной величины от входного воздействия, и регулирующего воздействия от отклонения выходной величины.

Параметрами системы регулирования, предопределяющими значения ее выходной величины, являются:

- **коэффициент преобразования** в объекте регулирования S_0 ,
- **коэффициент регулирования** K ,
- **входное воздействие** X ,
- **требуемое значение выходной величины** Y .

Если нет возмущающих воздействий, то выходная величина не отклоняется от заданного значения и может быть определена по формуле, являющейся линейной моделью объекта без регулирования:

$$Y = S_0 \times X. \quad (15.1)$$

Если в некоторый t -й момент времени возникнет отклонение ΔY_t выходной величины Y_t от заданного значения Y , регулирующая подсистема и объект регулирования должны изменить отклонение к следующему, $(t+1)$ -му моменту времени по формуле:

$$\Delta Y_{t+1} = S_0 \times R \times \Delta Y_t. \quad (15.2)$$

Здесь учтены линейные зависимости изменения отклонения: в **регуляторе** (в цепи обратной связи)

$$\Delta Y_{t+1}^R = R \times \Delta Y_t. \quad (15.3)$$

и в **объекте регулирования**, отражая реакцию на регулирующее входное воздействие в цепи прямой связи, как и в (15.1)

$$\Delta Y_{t+1} = S_0 \times \Delta Y_{t+1}^R. \quad (15.4)$$

Если ввести общий коэффициент преобразования в системе $S = S_0 \times R$, то получим следующую **линейную модель системы регулирования**:

$$\Delta Y_{t+1} = S \times \Delta Y_t. \quad (15.5)$$

Очевидно, что цель регулирования достигается в том случае, если возникающие отклонения уменьшаются, т.е. когда отклонение ΔY_{t+1} в последующий момент времени будет меньше отклонения ΔY_t в предыдущий момент времени (аксиома устойчивости регулирования):

$$\Delta Y_{t+1} < \Delta Y_t. \quad (15.6)$$

Из (15.2) следует, что для такого уменьшения нужно, чтобы модуль произведения коэффициента регулирования и коэффициента преобразования в объекте был меньше единицы:

$$|R \times S_0| < 1. \quad (15.7)$$

Это условие называется условием сходимости переходного процесса. Из него следует требование к коэффициенту регулирования R :

$$|R| < 1 / S_0. \quad (15.8)$$

Это требование означает, что для сходимости переходного процесса **реактивность** регулятора должна быть **меньше** величины, обратной коэффициенту преобразования в объекте регулирования S_0 . В противном случае, так как отклонения будут увеличиваться, и система регулирования будет разрушена. Здесь предполагается, что этот коэффициент имеет положительный знак.

Если потребуется определить, какова должна быть величина входного воздействия X для получения заданного значения выходной величины Y для объекта с известным коэффициентом преобразования S_0 , то можно из (15.1) получить формулу:

$$X = Y / S_0. \quad (15.9)$$

Эту формулу можно следующим образом применить для определения требуемого значения регулирующего входного воздействия, обеспечивающего уменьшение отклонения выходной величины от заданного значения в $(t+1)$ -й момент времени:

$$\Delta X_{t+1} = \Delta Y_{t+1}^R / S_0. \quad (15.10)$$

Здесь переменная ΔY_{t+1}^R определяется по формуле (15.3). Далее регулирующее воздействие через исполнительный механизм изменяет входное воздействие так, чтобы **отклонение** выходной величины уменьшилось.

Нужно обратить внимание на то, что регулирующее воздействие возникает с некоторым **запаздыванием**, вызванным тем, что на его выработку затрачивается определенное время. Поэтому момент времени у регулирующего воздействия ΔX_{t+1} на единицу больше, чем у выходной величины. А для преобразования входного воздействия в выходную величину считается, что оно происходит без запаздывания.

Рассмотрим на примере, как работает система регулирования. Пусть имеются следующие проектные значения параметров системы:

$$Y = 3000, S_0 = 30, R_3 = - 0,02, X=100.$$

В некоторый момент времени оказалось, что выходная величина стала равной $Y_0 = 3200$, превысив нормативное значение на $\Delta Y_0 = 3200 - 3000 = 200$. Причиной этого явилось непредусмотренное изменение параметра X , который стал равным $X = 3200 / 30 = 106,6$.

Восстановление заданного значения выходной величины в системе регулирования будет происходить следующим образом. Регулятор согласно (15.3) уменьшит значение отклонения на величину $\Delta Y_1^R = - 0,02 \times 200 = - 4$.

Через исполнительный механизм входное воздействие уменьшится, как следует из (15.5), на величину $\Delta X_1 = - 4/30 = - 0,13$. Это приведет к тому, что отклонение выходной величины от заданного значения станет равным

$$\Delta Y_1 = 30 \times (-0,02) \times 200 = - 120.$$

В следующем цикле получим: $\Delta Y_2 = 30 \times (-0,02) \times (-120) = 72$. При этом промежуточные переменные будут иметь такие значения:

$$\Delta Y_2^R = - 0,02 \times (- 120) = 2,4; \Delta X_2 = 2,4/30 = 0,08.$$

В системе регулирования реализуется преобразование выходной величины в регулирующее воздействие по **обратной связи**, а затем - преобразование входного воздействия на объект в его выходную величину по **прямой связи**. Для этого регулятор связан с выходом объекта регулирования, отслеживает и реагирует на отклонение выходной величины от заданного ее значения, определяя воздействие на объект, направленное на восстановление заданного значения выходной величины.

Обратная связь может быть отрицательной или положительной. В регуляторе с отрицательной обратной связью коэффициент регулирования R имеет отрицательное значение. Поэтому в регуляторе знак отклонения выходной величины меняется на знак, противоположный ему. Положительная обратная связь имеет место при положительном значении коэффициента регулирования R . В этом случае знак отклонения не меняется.

Автоматизм регулирования процесса обеспечивают функции выявления отклонений выходной величины от заданного значения по цепи обратной связи, выработки регулирующих воздействий и их реализации.

15.3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Теория автоматического регулирования позволяет рассчитать параметры системы регулирования, обеспечивающие заданный режим работы системы. Прогнозирование того, как будет происходить процесс восстановления нормативного значения выходной величины при возникновении отклонений, может быть осуществлено с помощью **расчетно-графического и аналитического** методов.

15.3.1. Расчетно-графический прогноз динамики регулирования

Этот прогноз основан на расчете показателей по формулам **табл.15.2** и построении графиков, отображающих динамику процесса регулирования.

Таблица 15.2 - Методы расчета показателей динамики процесса

Наименование показателя	Формула
1. Начальное отклонение выходной величины	$\Delta Y_0 = Y_0 - Y$
2. Коэффициент преобразования в системе регулирования	$S = S_0 \times R$
3. Отклонение выходной величины от заданного значения в $(t + 1)$ -й момент времени	$\Delta Y_{t+1} = S \times \Delta Y_t$
4. Значение выходной величины в $(t + 1)$ -й момент времени	$Y_{t+1} = Y + \Delta Y_{t+1}$

Для освоения рассмотренных элементов теории регулирования и приобретения понимания процессов, происходящих в системах автоматического регулирования, а также для освоения методов прогнозирования динамики процессов следует выполнить нижеследующие **задания 2 и 3.**

ЗАДАНИЕ 2

1. **Рассчитать** индивидуальные исходные данные, заменив букву N в формулах **табл.15.3** последней цифрой номера зачетной книжки. **Определить** ожидаемые **отклонения** $\{\Delta Y_t\}$ выходных величин $\{Y_t\}$ от требуемого их значения (нормы) Y в системе регулирования для трех моментов времени после возникновения отклонения ΔY_0 **начального значения** выходной величины Y_0 от Y по формулам **табл.15.2**. Полученные значения показателей записать в **табл.15.4**.

2. Построить графики изменения отклонений ΔY_t и выходной величины Y_{t+1} во времени и на них указать **характер процесса** (колебательный или монотонный), и его **направленность** (сходящийся или не сходящийся). **Шкалы ординат** графиков должны быть **равномерными**. Значения величин указываются в соответствующих **точках** графиков.

3. Полученные результаты должны быть оформлены в виде отчета. В нем необходимо сделать выводы, содержание которых определяется перечнями приведенных в конце данного подраздела контрольных вопросов. Порядок оформления отчета приведен в конце раздела.

Таблица 15.3 - Данные для определения динамики процесса

Наименования данных	Формула/ Значение
1. Начальное значение выходной величины: - для четного варианта - для нечетного варианта	$Y_0 = 3100 + 10 \times N$ $Y_0 = 2900 - 10 \times N$
2. Требуемое значение выходной величины	$Y = 3000$
3. Коэффициент преобразования в объекте	$S_0 = 0,5$
4. Коэффициенты преобразования в регуляторе	$R_1 = -1 + 0,05 \times N$ $R_2 = -2,2 - 0,25 \times N$ $R_3 = 2$ $R_4 = 1 + 0,05 \times N$ $R_5 = 2,25 + 0,1 \times N$ $R_6 = -2$

Таблица 15.4 - Результаты расчета показателей динамики процесса

№ набора значений	R_i	S_i	ΔY_0	ΔY_1	ΔY_2	ΔY_3	Y_1	Y_2	Y_3
1	R_1	S_1							
2	R_2	S_2							
...							

ПОРЯДОК РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

Шаг 1. Определить значения итогового коэффициента преобразования в системе регулирования S_i .

Шаг 2. Определить возникшее в текущий момент времени отклонение ΔY_0 выходной величины от нормы.

Шаг 3. Определить для каждого заданного значения S_i набор ожидаемых отклонений ΔY_t выходной величины от нормы для трех последующих моментов времени.

При выполнении данного шага следует учесть, что для расчета отклонения ΔY_{t+1} , ожидаемого в каждый последующий $(t+1)$ -й момент времени, надо использовать значение отклонения ΔY_t в предыдущий, t -й момент времени. Это означает, что для определения значения ΔY_1 надо значение S_i в соответствующей строке умножить на ΔY_0 , для определения значения ΔY_2 надо S_i умножить на ΔY_1 и т.д. Частой ошибкой является использование при расчете отклонений для всех моментов времени начального отклонения ΔY_0 .

Шаг 4. Определить абсолютные значения выходной величины Y_{t+1} .

15.3.2. Аналитический прогноз динамики процесса регулирования

Этот метод позволяет определить динамику по заданному значению параметра системы регулирования $S = S_0 \times R_i$, т.е. сразу, без расчета отклонений и без построения графиков.

Характер процесса определяется по знаку S следующим образом:

- если знак величины S отрицательный ($S < 0$), то **процесс** изменения отклонения выходной величины от заданного значения - **колебательный**;

- если знак S положительный ($S \geq 0$), то процесс изменение отклонения выходной величины от заданного значения – **монотонный**.

Направленность процесса определяется по абсолютной величине S , т.е. без учета знака: - при $|S| < 1$ процесс регулирования является **сходящимся**, отклонения будут уменьшаться до нуля;

- при $|S| \geq 1$ процесс регулирования является **не сходящимся**; отклонения либо увеличиваются, либо не изменяются (при $|S| = 1$).

ЗАДАНИЕ 3

Рассчитать значения коэффициентов преобразования в объекте S_{0i} и в системе регулирования S_i для данных, приведенных в **табл.15.5**. Определить по значению S_i ожидаемую динамику процесса регулирования с помощью **аналитического** метода прогнозирования его динамики. В качестве обоснования указать условие, по которому определяется динамика.

Таблица 15.5 – Результаты прогноза динамики процесса

№	S_{0i}	R_i	S_i	Характер процесса/ Обоснование	Направленность процесса/ Обоснование
1	$S_{01}=0,6-0,05 \times N=$	- 1,5			
2	$S_{02}=1+0,1 \times N=$	0,5			
3	$S_{03}=2,2+0,1 \times N=$	- 0,4			
4	$S_{04}=1,8-0,1 \times N=$	0,6			

15.4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Программирование коэффициента регулирования. Если в системе регулирования переходной процесс оказался не сходящимся, то, согласно (15.8), необходимо так уменьшить коэффициент регулирования R , чтобы выполнялось условие сходимости этого процесса: $|R| < 1 / S_0$. Из него следует, что реактивность регулятора должна быть меньше величины, обратной коэффициенту преобразования в объекте регулирования S_0 .

Если переходной процесс происходит медленно, то для его ускорения, как следует из (15.2), необходимо тоже уменьшить величину коэффициента регулирования R .

Программирование параметров X и S_0 . Может оказаться, что после окончания переходного процесса, требуемые значения выходной величины не достигаются, хотя система регулирования работает устойчиво. Возможные причины этого указаны в табл.15.6. Переменная с индексом t обозначает имеющееся значение параметра в данный момент времени. Для обеспечения проектного режима работы системы необходимо выполнить настройку системы, изменив значения параметров. В общем случае отклоняться от проектных значений могут оба параметра, и использоваться для восстановления проектного режима работы системы различные сочетания изменений обоих параметров X и S_0 одновременно. Но для учебных целей будут применяться альтернативные изменения параметров, т.е. изменяться либо X , либо S_0 .

В табл.15.6 приведены выведенные на основе (15.1) формулы расчета требуемых альтернативных значений параметров, обеспечивающих восстановления проектного режима работы системы. В этих формулах индексы s , x указывают параметр, нарушивший проектный режим работы системы.

Приведенные варианты получены с помощью комбинаторики вариантов причин неправильной работы системы, и возможных изменений параметров. Так, если система имеет два параметра, то показаны две альтернативные причины отклонений от проекта и для каждой из них - два варианта альтернативного изменения значений параметров. В результате, общее количество вариантов изменения будет $2^2 = 4$. При трех параметрах оно будет равно $3^2 = 9$. Такой способ формирования вариантов называется морфологическим. При программировании следует помнить, что формулы **табл.15.6** описывают режим работы системы, когда переходной процесс уже закончен и отклонения, вызванные непредвиденными случайными воздействиями, уже ликвидированы.

Таблица 15.6 - Методы настройки системы

Причины изменения	Изменить X	Изменить S_0
1. $X_t \neq X$	$X_t: X = Y / S_0$	$S_0: S_{0X} = Y / X_t;$ $X_t = Y_t / S_0$
2. $S_{0t} \neq S_0$	$X: X_S = Y / S_{0t};$ $S_{0t} = Y_t / X$	$S_{0t}: S_0 = Y / X$

В реальных условиях для определения необходимых изменений параметров необходимо вначале выяснить причину сбоя, затем выбрать параметр, на который можно воздействовать, а после этого определить требуемое значение параметра и реализовать настройку системы.

Пример. Для помещений с регулируемым обогревом причинами отклонения температуры воздуха от задаваемого ее значения, могут быть нарушения проектного режима поступления тепла, характеризуемого параметром X , или несоответствие реальной тепловой изоляции помещения, характеризуемой параметром S_0 , той, которая учитывалась при проектировании. Для каждой из этих причин имеются такие альтернативные возможности восстановления проектного режима работы:

- увеличение поступления тепла (увеличение параметра X);
- уменьшение тепловых потерь помещения (увеличение параметра S_0).

Таким образом, если по каким-либо причинам после переходного процесса система не возвращается в требуемое состояние, при котором $Y_t = Y$, то для обеспечения проектного режима работы следует изменить параметры таким образом, чтобы цель регулирования достигалась.

ЗАДАНИЕ 4

1. Для расходящихся процессов в табл. 15.5 определить значение коэффициента регулирования R , при котором процесс станет сходящимся.

2. Определить альтернативные значения параметров S_0 и X , при которых в созданной системе регулирования с коэффициентом преобразования в объекте $S_0 = 30 + N$ выходная величина, имеющая после окончания переходного процесса значение $Y_t = 3100 + 10 \times N$, будет достигать заданного значения $Y = 3000$. Проиллюстрировать значения параметров до и после их изменения на блок-схемах, как показано на рис.15.2.

ПРИМЕРЫ

В табл.15.7 приведен пример определения альтернативных значений параметров S_0 и X , при которых выходная величина, имеющая после окончания переходного процесса значение Y_t , будет достигать заданного значения Y , для следующих данных: $S_0 = 30$, $Y_t = 3300$, $Y = 3000$. Значения параметров до и после их изменения указаны на блок-схемах объекта регулирования рис.15.2. Следует помнить, что здесь рассматривается конечная ситуация процесса регулирования после переходного процесса.

Таблица 15.7 - Пример альтернативной настройки системы

Причины	Изменить X	Изменить S_0
$X_t \neq X = 100$ $X_t = 3300/30 = 110$	$X_X = 100$	$S_{0X} = 3000 / 110 = 27,27$
$S_{0t} \neq S_0 = 30$ $S_{0t} = 3300/100 = 33$	$X_S = 3000 / 33 = 90,9$	$S_{0S} = 30$

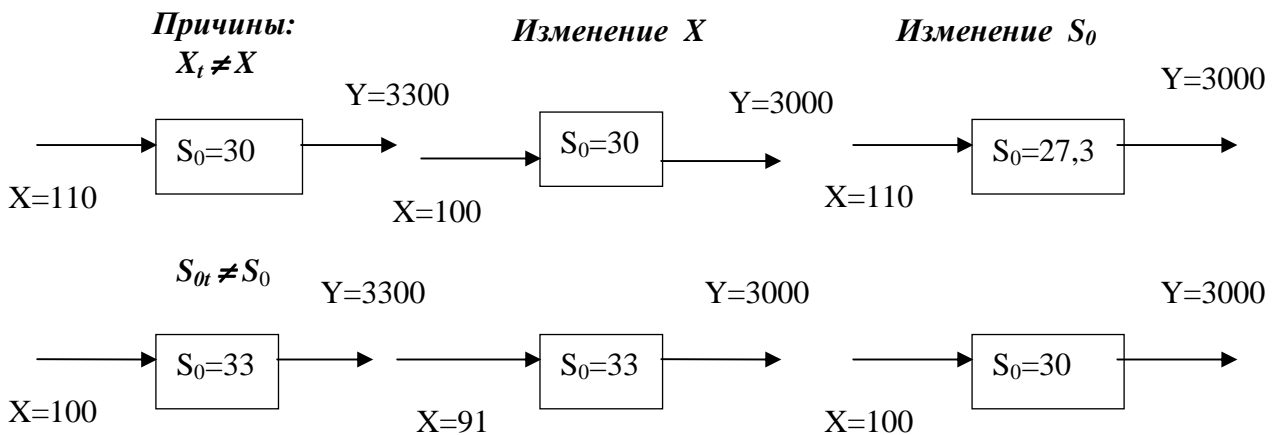


Рис.15.2 - Блок-схемы с результатами программирования параметров

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему происходит запаздывание выработки регулирующего воздействия и имеет ли место запаздывание в объекте регулирования?
2. Что означают слова линейная теория?
3. Перечислить параметры системы регулирования.
4. Что является причиной отклонений выходной величины от требуемого значения?
5. Привести линейные модели регулятора, объекта и системы регулирования.
6. Какова цель регулятора?
7. Что такое прямая и обратная связь в системе регулирования?
8. Что означает положительность и отрицательность обратной связи и на что это влияет?
9. Как происходит автоматическое регулирование в технической системе?
10. Преимущества и недостатки аналитического и расчетно-графического методов прогнозирования динамики регулирования процесса?
11. Сформулировать аксиому устойчивости процесса и условие его сходимости.
12. Сформулировать требование к проектированию регулятора. Что оно означает?
13. Как зависит от величины коэффициента R продолжительность переходного процесса?
14. Что следует предпринять, если цель системы регулирования не достигается?
15. Что собой представляет морфологический метод формирования вариантов?
16. Как декомпозировать процесс настройки системы регулирования?

Глава 16. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

16.1. СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Задача ситуационного управления состоит в определении имеющегося состояния y_t объекта и требуемого его состояния y_{t+1} по результатам анализа ситуации α_i и в выработке управляющего воздействия x_{t+1} , позволяющего перевести объект из состояния y_t в состояние y_{t+1} , т.е.

$$y_{t+1} = f(x_{t+1} = \varphi(y_t, \alpha_i)). \quad (16.1)$$

Начальным этапом процесса ситуационного управления является анализ возникшей ситуации α_i . Далее, по результату анализа, определяется текущее состояние y_t объекта и требуемое последующее его состояние y_{t+1} . Затем определяется управляющее воздействие x_{t+1} , необходимое для перевода объекта из состояния y_t в состояние y_{t+1} . Заключительным этапом является реализация найденного управляющего решения.

Отличием ситуационного управления от регулирования является то, что требуемое состояние y_{t+1} объекта здесь не является постоянной выходной величиной, как в регулировании, где $y = \text{const}$, а его надо определить, в зависимости от возникающей ситуации α_i . Ситуацию образует, как правило, отклонение от заданного ограничения Z^* некоторой изменяемой величины Z_t , характеризующей взаимоотношение управляемого объекта с другими объектами. Требуется отслеживать изменение этой величины и выявлять ситуацию, образуемую возникающими отклонениями состояния объекта.

Пример 1. Регулировщик дорожного движения в зависимости от транспортной ситуации α_i перед перекрестком управляет транспортом, поочередно разрешая его проезд в течение определенного времени

Здесь ситуация выявляется сравнением длин Z_t кортежей машин, скапливающихся на перекрестке в ожидании разрешения на проезд перекрестка, чтобы определить очередность проезда, и выявлением транспорта, имеющего преимущественное право проезда. Управляющим

воздействием x_{t+1} является положение тела и жезла регулировщика, означающие возможность двигаться определенным corteжам, стоящего перед перекрестком транспорта по разрешенным согласно правилам направлениям. Транспорт, находящийся в названных corteжах, изменяет свое состояние, проезжая перекресток. При регулировании движения транспорта с помощью светофора слежения за ситуацией нет.

Пример 2. Если требуется, чтобы корабль двигался на определенном расстоянии Z^* от берега, то ситуативность управления движением корабля состоит в его зависимости от имеющегося расстояния Z_t до извилистого берега

Если возникает ситуация, когда расстояние до берега оказалось меньше заданного α_1 : $Z_t < Z^*$, то система управления должна обеспечить поворот рулей корабля на некоторый угол x_t , чтобы отдалиться от берега. В противоположной ситуации α_2 , когда $Z_t > Z^*$ - расстояние между кораблем и берегом должно быть уменьшено. В ситуации α_3 : $Z_t = Z^*$ корабль не должен изменять направление своего движения.

В данном случае координаты берега являются своего рода копиром, относительно которого линия движения корабля воспроизводит контур берега на заданном от него расстоянии Z^* , т.е.

$$y_{t+1} = f(x_{t+1} = \varphi(y_t, Z_t, Z^*)). \quad (16.2)$$

Процесс ситуационного управления движением корабля вдоль берега на заданном от него расстоянии Z^* включает в себя следующие этапы:

- определение расстояния Z^* до берега в t -й момент времени;
- определение ситуации α_i в результате сравнения расстояния Z_t с заданным расстоянием Z^* :

$$\alpha_{ti} = \alpha(Z_t, Z^*); \quad (16.3)$$

- определение по (15.9) требуемого состояния y_{t+1} объекта с учетом выявленной ситуации α_{ti} ;

- определение управляющего воздействия x_{t+1} (положение рулей), позволяющего кораблю перейти из имеющегося состояния y_t в требуемое состояние y_{t+1} .

Если расстояние до искривленного берега измеряется не непрерывно, а через некоторые промежутки времени, то траектория движения корабля будет иметь вид ломаной линии, так как в течение этих промежутков времени курс корабля не изменяется. Чем чаще будет измеряться расстояние до берега, тем точнее траектория корабля будет воспроизводить контур берега. Когда берег прямой, то ситуационное управление сводится к обычному регулированию при случайных отклонениях от курса.

Пример 3. Хищник в погоне за жертвой ситуационно управляет своим бегом, если он изменяет направление своего бега с y_t на y_{t+1} , в зависимости от места Z_t нахождения видимой им в данный момент времени убегающей жертвы

Здесь ситуацию образует результат сопоставления направления своего бега и направление к изменяемому месту нахождения Z_t жертвы. Если эти направления не совпадают, то хищник должен изменить направление своей погони с y_t на y_{t+1} . Управляющим воздействием здесь является реакция хищника на необходимость изменения направления бега.

Траектория погони хищника за жертвой будет иметь вид ломаной линии, отражающей изменение направления бега хищника соответственно изменению положения жертвы. Чем чаще хищник отслеживает положение жертвы, тем короче будет его путь, так как он раньше сможет изменять направление погони. В приведенном примере хищник бежит по направлению, которое было определено им в t -й момент времени. В $(t+1)$ -й момент времени координаты Z_t жертвы могут измениться. После того, как хищник увидит это, он изменит направление своего бега. При этом происходит запаздывание выработки управляющего воздействия: хищник должен вначале

отследить изменение направления бега своей жертвы, и только после этого поменять направление своего бега.

16.2. ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

При программном управлении, которое рассматривается в работах [1,4,7], должно быть задано конечное состояние объекта u_T , и иметься информация об его текущем состоянии u_0 . **Задача программного управления** состоит в определении таких **промежуточных состояний** $\{y_i: t \in [1, T]\}$ объекта и таких требуемых для их достижения **управляющих воздействий** $\{x_i: t \in [1, T]\}$, с помощью которых объект сможет перейти из начального состояния u_0 в заданное конечное состояние u_T . Промежуточные состояния объекта задают программу его функционирования. Она хранится в памяти системы и используется для контроля их достижения и корректировки. **Программное управление** включает в себя такие функции:

- программирование заданных состояний объекта;
- определение необходимых для их достижения управляющих воздействий x_i ;
- реализация управляющих воздействий x_i для перевода объекта из начального в запланированные состояния y_i ;
- учет имеющихся состояний объекта и контроль достижения заданных состояний;
- корректировка заданных состояний по результатам контроля;
- изменение конечной цели, если выявлена невозможность ее достижения.

Необходимость корректировки запланированных состояний вызвана отклонением от них по тем или иным причинам фактических состояний объекта. Если в этой ситуации не производить корректировку, то заданная конечная цель не будет достигнута.

Для вышеприведенного примера 2 при программном управлении движением корабля должна быть заранее определена траектория его

движения, т.е. последовательность координат точек пространства, в которых он должен находиться в заданные моменты времени, чтобы достичь конечной цели в требуемое время. Эта траектория должна быть моделью контура берега и использоваться для управления движением корабля.

Для того чтобы осуществить в примере 3 программное управление погоней хищника за жертвой, необходимо заранее знать координаты места, где хищник может настигнуть жертву, т.е. требуется ориентироваться на будущие состояния жертвы. Хищнику нужно спрогнозировать траекторию и скорость движения жертвы в будущие моменты времени и определить направление, траекторию и скорость своего бега.

Очевидно, что программное управление является **упреждающим**, так как управляющие воздействия $\{x_t\}$ должны определяться на основе прогноза ожидаемых состояний $y_t^{жс}$ жертвы в фиксированные моменты времени:

$$x_t = f(y_1^{жс}, y_2^{жс}, \dots). \quad (16.4)$$

В упреждающем режиме хищник бежит не к месту, где в данный момент находится жертва, а туда, где предположительно она будет находиться в следующий момент времени. Если прогноз будет сделан правильно, то путь хищника станет более коротким, и он быстрее настигнет жертву без увеличения скорости бега.

В примере со снайпером стрелять нужно не в то место, где в данный момент находится движущийся солдат, а туда, где он может быть, чтобы его настигла пуля. При этом надо не только прогнозировать движение солдата, но еще и учесть время полета пули. Поэтому, чтобы избежать «встречи с пулей», солдат должен совершать неожиданные для снайпера маневры, чтобы он не смог стрелять в упреждающем режиме. При ситуационном режиме стрельбы он может остаться живым.

Упреждающее планирование роста национального дохода должно основываться на прогнозе изменения демографической ситуации.

Упреждение – это ориентация на будущее поведение объекта и определение соответствующих ему управляющих воздействий.

Для того чтобы достоверно прогнозировать поведение объекта, а также изменение среды, необходимо накапливать соответствующие данные об этом в предыдущий период, анализировать их и экстраполировать на будущий период. Управление, основанное на использовании данных, полученных при изучении поведения объекта и изменения среды, и анализе достоверности прогноза, называется **адаптивным**. Оно должно обеспечивать самообучение блока выработки управляющих воздействий. Очевидно, что упреждающее управления должно быть одновременно и адаптивным.

Обычно требуется, чтобы процесс управления был в определенном смысле наилучшим, например, чтобы время перехода от начального состояния в конечное состояние было наименьшим или чтобы энергия, затрачиваемая на переход, была минимальной и т.п. Переходной процесс, обладающий подобным качеством, называется оптимальным процессом. Он является объектом анализа и проектирования в **теории оптимального управления**. При **оптимальном** управлении надо не просто достичь заданной цели, а и обеспечить при этом определенное качество. Оно может быть выражено экстремумом некоторой функции, называемой целевой функцией:

$$x_e = \text{extr}F(x). \quad (16.5)$$

В примере 3 хищник может оптимизировать свое движение, найдя самый короткий путь. Для этого он должен спрогнозировать траекторию движения жертвы, определить возможное место в ней, где он настигнет жертву по самому короткому пути, и определить траекторию своего бега к этому месту. В этих условиях бег будет происходить не по кривой линии, а по ее хорде.

В примере со снайпером может быть минимизировано количество выстрелов. Для технической системы, например, для турбины, можно стремиться к быстрой ликвидации отклонения.

В теории регулирования имеются методы проектирования оптимальных регуляторов, которые осуществляют переходной процесс за кратчайшее время.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте задачу ситуационного управления.
2. В чем состоит отличие ситуационного управления от регулирования?
3. Рассмотрите задачу ситуационного управления на примере регулятора движения транспорта.
4. Рассмотрите задачу ситуационного управления кораблем.
5. Рассмотрите задачу ситуационного управления преследованием хищником своей жертвы.
6. Нарисуйте пример траекторий движения жертвы и хищника при ситуационном управлении.
7. Как влияет частота отслеживания ситуации на траекторию движения корабля и хищника?
8. Перечислите этапы процесса ситуационного управления.
9. В чем состоит ситуационное управление обеспечением занятости и каков его недостаток?
10. Сформулируйте задачу программного управления.
11. В чем состоит отличие задач программного и ситуационного управления?
12. Назовите этапы процесса программного управления.
13. Нарисуйте траектории движения жертвы и хищника при программном управлении.
14. Какова сущность упреждающего управления?
15. На чем основано адаптивное управление?
16. Сущность оптимального управления. Примеры целевых функций.

Глава 17. СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА

17.1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РОСТА НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА

Основные понятия. В [3] используется понятие «национальный доход», которое американский экономист Джон Мейнард Кейнс (1883-1946) трактовал [2] как общую сумму чистых выплат Y (т.е. выплат после возмещения износа средств производства) и рассматривает его как сумму двух слагаемых: выплат, предназначенных на инвестиции (X), и выплат, предназначенных на закупку потребительских благ (ΔX). Второе слагаемое он рассматривал как линейную функцию от Y с коэффициентом R , определяющим выделяемую в национальном доходе долю потребления. Таким образом, получим следующее выражение:

$$Y = X + \Delta X = X + R \times Y. \quad (17.1)$$

В [6] для этого понятия используется термин – чистый национальный продукт (далее, для краткости, - **национальный продукт**). Здесь под термином **продукт**, который тождественен термину **выпуск**, понимаются разнообразные товары и услуги. Они либо потребляются, либо используются для дальнейшей переработки.

Чистый национальный продукт (ЧНП) меньше **валового национального продукта (ВНП)** на величину **амортизации капитальных благ**, основными компонентами которых являются оборудование, инфраструктура и запасы.

В бухгалтерском и финансовом учете применяется термин **реальный капитал**, под которым понимают общую сумму денег, внесенную акционерами корпорации, в обмен на которую они получили акции данного предприятия. В данном случае амортизация – это денежная оценка износа капитала за рассматриваемый период времени.

ВНП определяется в [6] как ценность всех конечных товаров и услуг в текущих рыночных ценах, которые произведены в течение года с помощью производственных факторов, принадлежащих гражданам данной страны.

Используется также понятие - **валовой внутренний продукт** (ВВП). Его величина меньше ВНП на сумму чистых доходов, получаемых из-за границы.

Мультипликатор Кейнса. Для определения предельной величины роста национального продукта за счет дополнительных инвестиций Д. Кейнс на основе (17.1) вывел следующую формулу:

$$Y = X \times I / (I - R). \quad (17.2)$$

В ней величина $I/(I - R)$ называется мультипликатором. Она определяет итоговый коэффициент преобразования внешних инвестиций в национальный продукт. При увеличении коэффициента R мультипликатор увеличивается (из-за уменьшения знаменателя дроби), в результате чего предельная величина национального продукта Y возрастает. Например, если $R = 0,5$, то указанный итоговый коэффициент $I/(I - R) = 2$. Отсюда следует, что предельная величина национального продукта будет в 2 раза больше объема вложенных внешних инвестиций. Из этого можно сделать вывод, что для увеличения национального продукта необходимо выделять больше средств на потребление, повышая зарплату, и одновременно необходимо создавать условия, при которых эти средства будут тратиться на получение услуг и приобретение товаров, производимых в своей стране.

Экономическую сущность мультипликатора Д. Кейнс раскрыл в работе «Общая теория занятости, процента и денег», опубликованной в 1936 г. В ней он показал, как стабилизационная политика государства может позволить преодолеть глубокий экономический кризис за счет стимулирования повышательной тенденции в период экономического спада и сдерживания этой тенденции в условиях предкризисного «бума». Для этого необходимо вызвать мультипликативный эффект, состоящий в самонарастании изменений в экономической системе, порождаемых каким-либо первичным импульсом и

связанным с действием механизма прямых и обратных связей. Данный механизм может быть связан с ростом эффективного спроса на инвестиционные товары – рабочую силу и средства производства, а также увеличением спроса на денежную наличность. Это приводит к расширению производства, росту занятости и размеров выплаченных доходов, увеличению денежной массы. Результатом всего этого является кратный мультипликатору прирост национального продукта, как в материально-вещественной, так и в стоимостной форме. При благоприятном инвестиционном климате описанная ситуация повторяется и в следующем финансовом периоде.

Динамическое моделирование роста национального продукта. Оно было осуществлено американскими экономистами Р.Каном [8] и Дж. Кларком [9] для исследования влияния общественных работ на национальный продукт, основанного на допущении, что независимые инвестиции в экономику в объеме X позволят получить к некоторому моменту времени $t = I$ равный им национальный продукт Y_I :

$$Y_I = X, \quad (17.3)$$

Было принято также, что часть Y_I'' национального продукта, направляемая на **потребление**, описывается линейной зависимостью:

$$\Delta X_I = R \times Y_I, \quad (17.4)$$

где коэффициент R удовлетворяет условию: $0 < R < 1$.

В данном исследовании было принято также допущение, что все выделенные на потребление средства будут потрачены на приобретение товаров своих производителей и становятся дополнительной инвестицией в экономику. Здесь надо заметить, что в открытой экономике часть средств уходит на приобретение иностранных товаров. Поэтому реальная величина ΔX_I будет меньше. Она зависит от конкурентоспособности продукции своих товаропроизводителей.

Если считать, что размеры независимого инвестирования поддерживаются на одном уровне X , то за счет дополнительного инвестирования произойдет рост национального продукта к следующему моменту времени $t=2$, размер которого составит:

$$Y_2 = X + \Delta X_1 = X + R \times Y_1 = X + R \times X = X(1 + R). \quad (17.5)$$

Эта запись показывает, что рост национального продукта происходит не сразу, а с запаздыванием на один момент времени.

Рассуждая аналогичным образом для $t = 3$, получим:

$$Y_3 = X + \Delta X_2 = X + R \times Y_2 = X + R \times X(1 + R) = X(1 + R + R^2). \quad (17.6)$$

Переходя к $(t + 1)$ -му моменту времени, можно получить следующее выражение для национального продукта Y_{t+1} :

$$Y_{t+1} = X + R \times Y_t = X(1 + R + R^2 + \dots + R^t). \quad (17.7)$$

Поскольку $R < 1$, выражение в скобках при $t \rightarrow \infty$ представляет собой бесконечную убывающую прогрессию, сумма которой равна $1/(1 - R)$. Если предположить, что интервал Δt между фиксируемыми моментами времени уменьшается до нуля, то можно пренебречь различием Y_{t+1} и Y_t , приняв их равными Y . Отсюда следует, что предельная величина национального продукта может быть определена по формуле (17.2).

17.2. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА

В работе [4:3] рассмотренный процесс формирования национального продукта представлен в виде блок-схемы **рис.17.1**, отображающей взаимодействие подсистемы потребления с макроэкономикой. Очевидно ее сходство с блок-схемой регулирования систем, рассмотренной в **главе 16**. Здесь объектом регулирования является макроэкономический процесс

преобразования инвестиций X в национальный продукт Y_t , который может рассматриваться как **выходная величина** системы регулирования.

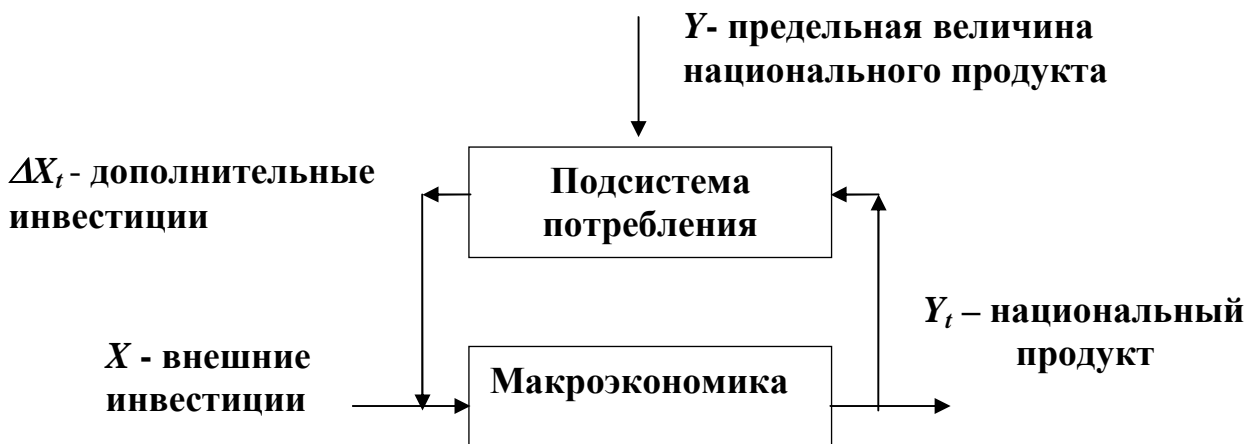


Рис.17.1 - Блок-схема формирования национального продукта

Роль **регулятора** играет подсистема потребления, которая преобразует часть национального продукта, определяемую коэффициентом потребления R , в дополнительные инвестиции. В начальный период времени национальный продукт Y_t равен объему внешних инвестиций X (17.3), которые интерпретируют понятие **внешнее входное воздействие**. Предельная величина национального продукта Y соответствует **заданному значению выходной величины**. Разность между этим начальным значением национального продукта и его предельной величиной, определяемая по формуле

$$\Delta Y_t = Y_t - Y, \quad (17.8)$$

интерпретирует начальное **отклонение выходной величины** ΔY_0 .

Для определения отклонений национального продукта от его предельной величины в последующие моменты времени, можно из (17.7), (17.8) вывести следующую формулу:

$$\Delta Y_{t+1} = R \times \Delta Y_t. \quad (17.9)$$

Она позволяет при заданном коэффициенте потребления R и известном отклонении в предыдущий, t -й момент времени ΔY_t , определить величину отклонения ΔY_{t+1} национального дохода Y_{t+1} от его предельной величины Y (17.2) в $(t+1)$ -й момент времени. Так как $R < 1$, то это **отклонение** в каждый последующий момент времени будет меньше, чем в предыдущий момент.

В теории автоматического регулирования это следует из того, что в данном случае итоговый коэффициент преобразования в системе регулирования S ($S = S_0 \times R$) меньше единицы. При этом в (17.2) считается, что выполняется условие $S_0=1$. Уменьшение отклонения ΔY_{t+1} происходит, в соответствии с формулой (17.9), монотонно. Модели процесса изменения отклонений национального продукта от его предельной величины являются частным случаем общих моделей теории автоматического регулирования, в которых используется коэффициент преобразования в объекте S_0 .

В рамках этой теории рост национального продукта можно интерпретировать как своего рода инвестиционный **запуск экономики** от нуля в начальный момент времени и до его предельной величины, зависящей от объема внешнего инвестирования и доли, выделяемой на потребление. Аналогичный процесс имеет место при запуске технической системы, например, турбины, когда она набирает обороты от нуля до требуемой величины, или системы обогрева помещения от начальной температуры в нем и до заданного ее значения.

На **рис.17.2** приведены графики динамики роста дополнительных инвестиций в результате закупки населением потребительских благ для коэффициента потребления $R=0,5$, и, вследствие этого, - роста национального продукта при внешних, независимых инвестициях $X=100$ млрд. условных единиц (у. е.).

Нужно обратить внимание, что объем потребления ΔX_t , который является интерпретацией понятия регулирующее воздействие в ТАР, увеличивается, согласно (17.4), но до определенного предела.

На этом рисунке для каждого периода времени показан рост показателя валового национального продукта (ВНП) и одновременное накопление объема дополнительных инвестиций за счет приобретения населением товаров и услуг, который затем, в следующем периоде превращается вместе с внешними инвестициями в валовой национальный продукт. Видно, что он с течением времени приближается к предельной его величине $Y = 200$ млрд. у.е., полученной с помощью формулы (17.2).

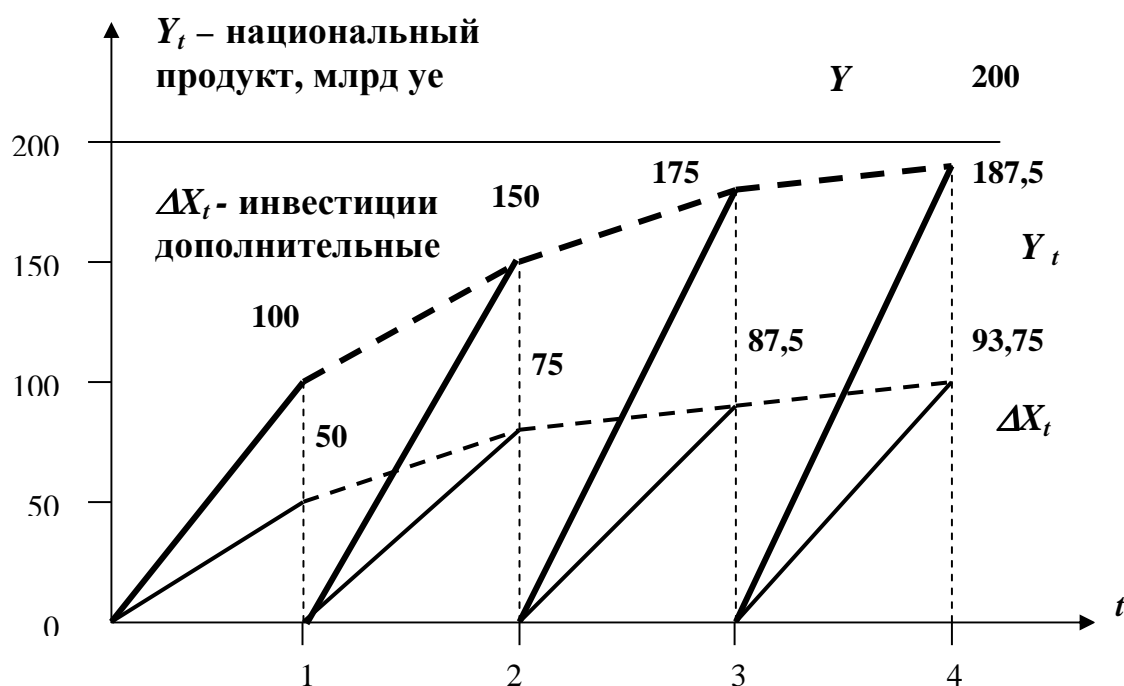


Рис.17.2 - Пример графиков динамики параметров Y_t и ΔX_t

Для понимания рассмотренного процесса надо учесть, что источником внешних инвестиций в каждом периоде является государство. Объектом регулирования является не отдельное предприятие и не отрасль, а экономика страны. Инвестиции тратятся на накопление и потребление. Накопительная часть расходуется на приобретение основных средств, развитие

инфраструктуры и т.п. При этом ВВП не включает в себя стоимость амортизации капитала. В экономике рассматривается конечное потребление. Стоимость оборотных средств включается в ВВП там, где они производятся, а не при их потреблении на предприятиях. На приобретение товаров и услуг тратятся только средства, выделенные на потребление (личные накопления не учитываются). Отсюда следует, что общая стоимость проданных товаров и услуг в стране не может быть выше суммы потребления.

Если принято, что $S_0 = I$ (как в работе [3]), то из этого следует, что все инвестиции превращаются в национальный продукт, т.е. макроэкономика функционирует эффективно. Стремясь увеличить прибыль, производство продукции размещают в странах с дешевой рабочей силой или осуществляют закупки товаров для производства на более выгодных условиях, чем предполагалось в проекте. В этом случае $S_0 > I$.

Если экономика неэффективна, то $S_0 < I$. Причиной этого может быть недостаточный спрос на продукцию, например, из-за ее низкого качества или сравнительно высокой ее цены вследствие повышенной себестоимости. Кроме этого, часть инвестиций может быть использована не по назначению. В этих случаях величина национального продукта будет меньше ожидаемой.

Введя в формулу (17.1) параметр S_0 , получим, что

$$Y = S_0 \times X + S_0 \times \Delta X = S_0 \times X + S_0 \times R \times Y. \quad (17.10)$$

Отсюда выводится следующая формула, называемая в теории автоматического регулирования основной формулой регулирования, частным случаем которой при $S_0 = 1$ является модель Кейнса (17.2):

$$Y = S_0 \times X / (1 - S_0 \times R). \quad (17.11)$$

На **рис.17.3** показан график динамики отклонений ΔY_t национального продукта Y_t от его предельной величины Y_t . Он построен для тех же значений параметров, что и предыдущие графики. Очевидно, что эта динамика в рамках теории автоматического регулирования может быть

определена как монотонно сходящийся процесс. Зная теорию автоматического регулирования, этот вывод можно сделать и без построения графиков, - аналитически.

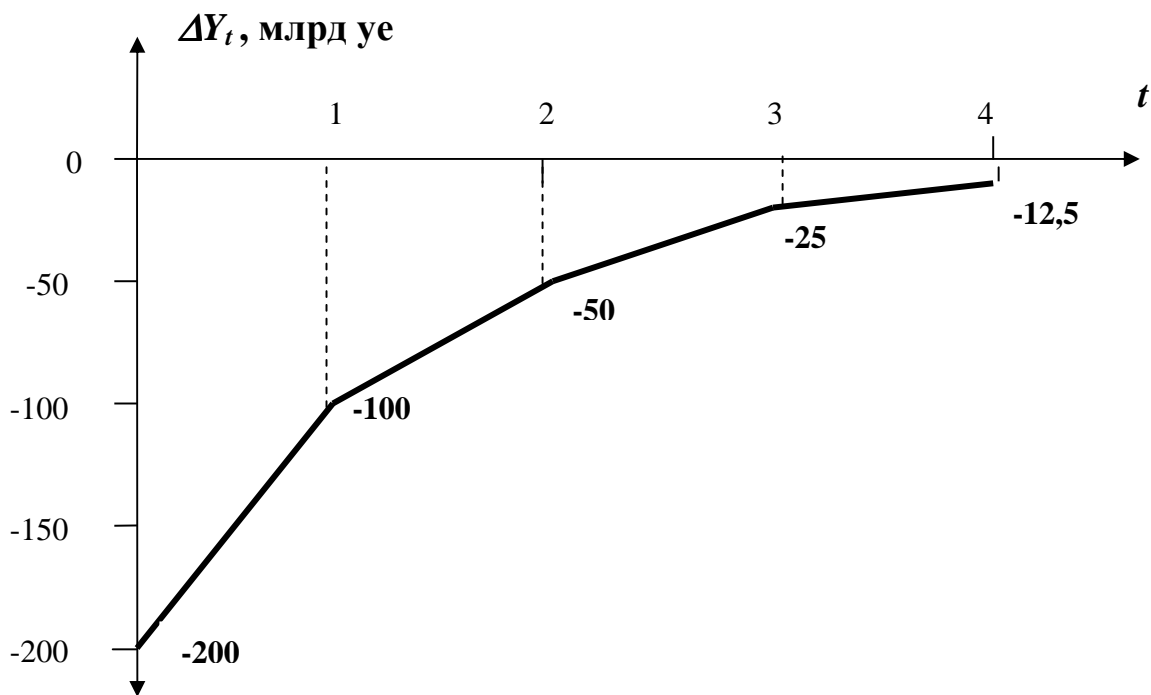


Рис.17.3 - Пример графика динамики отклонения ΔY_t национального продукта от его предельной величины

Это следует из того, что параметр системы регулирования $S = S_0 \times R = 0,5$ имеет положительный знак и меньше единицы. При положительном коэффициенте регулирования, удовлетворяющего ограничению $0 < R < 1$, изменение выходной величины будет всегда **монотонно**, т.е. постепенно сходящимся, а не колебательным. В данном случае выходная величина будет сходить к предельному значению национального продукта Y .

Проведенное сопоставление процесса изменения национального продукта и процесса регулирования объекта демонстрирует возможности кибернетики для исследования общих закономерностей процессов и последующей интерпретации получаемых результатов на ту или иную предметную область. Это позволяет также интегрировать и совместно использовать знания, полученные в разных предметных областях.

Процесс роста национального продукта имеет и следующие отличия от общего процесса регулирования:

1) целевое значение выходной величины Y не задается, а предопределяется его параметрами X, S_0, R ;

2) регулирующая подсистема (потребление) реагирует не на **отклонение** ΔY_t выходной величины Y_t от заданного ее значения (в данном случае, не на отклонение национального продукта от его предельного значения), а на ее **абсолютное** значение. Это приводит к постепенному увеличению выходной величины (росту национального продукта), причем **тем большему, чем больше значение R** ;

3) процесс использования инвестиций для формирования национального продукта не происходит мгновенно, а имеет протяженность во времени.

ЗАДАНИЕ 5

1. Определить ожидаемые значения **национального продукта** Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 и **дополнительных инвестиций** $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3$ в моменты времени, указанные в индексах, по данным **табл. 17.2**. Результаты расчета записать в **табл.17.1** и. Построить **на одном рисунке** графики изменения этих значений во времени и сформулировать **вывод** относительно влияния коэффициента R на величину национального продукта.

2. Определить для моментов времени $t \in \{0,1,2,3\}$ ожидаемые значения **отклонений** $\{\Delta Y_t\}$ **национального продукта** $\{Y_t\}$ от его **предельных величин** Y_i и построить на одном рисунке графики изменения значений показателей ΔY_t во времени.

Целью выполнения задания является приобретение понимания возможностей и умения прогнозировать динамику экономических систем с использованием элементов линейной теории автоматического регулирования, целенаправленно изменяя параметры этих систем. Объектом изучения здесь является поведение макроэкономических систем преобразования инвестиций в национальный продукт.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ. Для определения значений коэффициентов потребления R_i и объема внешних инвестиций X для своего варианта, в формулы **табл.17.1** вместо буквы N подставляется последняя цифра номера своей зачетной книжки. Результаты записываются в графы 1,3 **табл.17.2**. Для заданного значения коэффициента потребления R прогнозирование динамики включает в себя следующие шаги:

Шаг1. Определить и записать в графу 2 предельные величины национального продукта Y по формуле $Y=X \times I / (1-R)$, подставив в нее поочередно свои варианты значений R .

Шаг2. Определить объем дополнительных инвестиций ΔX_1 , вкладываемый в экономику в момент времени $t=1$ по формуле $\Delta X_1=R \times Y_1$ (перемножается содержимое граф 1 и 3 и записывается в графу 4). Здесь значение произведенного к моменту времени $t=1$ национального продукта Y_1 согласно формуле (17.3) равно X .

Шаг3. Определить значения производимого к моменту времени $t=2$ национального продукта Y_2 по формуле $Y_2 = X + \Delta X_1$ (складывается содержимое граф 3 и 4 и записывается в графу 5).

Шаг4. Определить объем дополнительных инвестиций ΔX_2 , вкладываемый в экономику в момент времени $t=2$ по формуле $\Delta X_2=R \times Y_2$ (перемножается содержимое граф 1 и 5 и записывается в графу 6).

Шаг5. Определить значения производимого к моменту времени $t=3$ национального продукта Y_3 по формуле $Y_3 = X + \Delta X_2$ (суммируется содержимое граф 3 и 6 и записывается в графу 7).

Шаг6. Определить объем дополнительных инвестиций ΔX_3 , вкладываемый в экономику в момент времени $t=3$ по формуле $\Delta X_3=R \times Y_3$ (перемножается содержимое граф 1 и 7 и записывается в графу 8).

Шаг7. Определить значения производимого к моменту времени $t=4$ национального продукта Y_4 по формуле $Y_4 = X + \Delta X_4$ (суммируется содержимое граф 3 и 8 и записывается в графу 9).

Шаг8. Определить объем дополнительных инвестиций ΔX_4 , вкладываемый в экономику в момент времени $t=4$ по формуле $\Delta X_4=R \times Y_4$ (перемножается содержимое граф 1 и 9 и записывается в графу 10).

Перечисленные действия должны быть поочередно повторены для других заданных значений коэффициента R .

При построении графиков **шкалы** их осей **ординат** должны быть **равномерно** разбиты на отрезки. Конкретные значения величин следует указывать не на оси ординат, а в соответствующих **точках** графиков.

Для выполнения п.2 задания необходимо:

1. Переписать из **табл.17.2** в столбцы **табл.17.3** значения R_i , Y и Y_1 .
2. Определить для строки со значением R_1 по формуле $\Delta Y_0=Y_0 - Y$ начальное отклонение национального продукта Y_0 от его предельной величины Y .

Так как в момент времени $t=0$ национальный продукт еще не будет произведен, т.е. $Y_0=0$, то величина ΔY_0 будет отрицательной.

3. Построчно определить по формуле $\Delta Y_t=R \times \Delta Y_{t-1}$ отклонения национального продукта ΔY_{t+1} от его предельной величины Y к моментам времени $t=1, 2, 3, 4$, т.е. определить $\Delta Y_1=R \times \Delta Y_0$, $\Delta Y_2=R \times \Delta Y_1$, $\Delta Y_3=R \times \Delta Y_2$, $\Delta Y_4=R \times \Delta Y_3$.

4. Построить графики изменения отклонений во времени.

Таблица 17.1 - Данные для расчета показателей

Наименование показателя	Формула
1. Коэффициенты потребления (R_i)	$R_1 = 0,2 + 0,01 \times N$ $R_2 = 0,3 + 0,01 \times N$ $R_3 = 0,5 + 0,01 \times N$
2. Объем внешних инвестиций	$X = 100 + 10 \times N$

Таблица 17.2 - Результаты прогнозирования показателей Y , Y_i , ΔX_i

R_i	$Y(R_i)$	$Y_1 = X$	ΔX_1	Y_2	ΔX_2	Y_3	ΔX_3	Y_4	ΔX_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_1									
R_2									
R_3									

Таблица 17.3 – Результаты прогнозирования показателя ΔY_i

R_i	Y	ΔY_0	ΔY_1	ΔY_2	ΔY_3	ΔY_4
R_1						
R_2						
R_3						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова цель данной работы?
2. Какие рассматриваются объекты управления?
3. Каким образом возникают дополнительные инвестиции?
4. Почему рост национального продукта ограничивается предельной величиной и как ее определить?
5. Как можно увеличить предельную величину национального продукта?
6. Чем отличаются коэффициенты R и R'' ?
7. Привести линейные модели регулирующей подсистемы и системы регулирования для процесса формирования национального продукта.
8. Проинтерпретировать данный макроэкономический процесс как частный случай общей теории автоматического регулирования.
9. В чем проявляется специфика данного процесса относительно общей теории автоматического регулирования?
10. Как связан коэффициент S_0 с эффективностью экономики?

17.3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ РОСТА НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА

Методы программирования. Для понимания сущности программирования национального продукта следует рассмотреть альтернативные причины его отклонения от ожидаемой величины. Альтернативность причин означает, что в возникающей нештатной ситуации проектному значению не соответствует только один из трех параметров системы: X , R или S_0 . Возможности восстановления выходной величины тоже альтернативны, т.е. при изменении одного параметра другие параметры остаются неизменными. Таким образом, варианты программирования для каждой причины отклонения выходной величины отличаются тем, значение какого параметра является искомым для получения желаемого целевого значения национального продукта. При этом значения других параметров системы являются неизменяемыми. Таких вариантов для каждой причины может быть три – по числу попеременно искомым параметров системы. Требуемые значения этих параметров, обеспечивающие достижение целевых значений выходной величины, могут быть определены с помощью методов, основанных на формуле (17.11), являющейся статической моделью системы регулирования. На ее основе могут быть выведены следующие формулы для определения искомым значений параметров:

$$X=Y(1-S_0 \times R) / S_0, \quad (17.12)$$

$$R=1 / S_0 - X / Y, \quad (17.13)$$

$$S_0=Y/(X+R \times Y). \quad (17.14)$$

Задачи программирования параметров системы регулирования могут решаться и в макроэкономической области знаний: если не достигнута ранее заданная величина национального продукта, то в зависимости от альтернативной причины такой ситуации могут быть использованы рассмотренные выше возможности изменения параметров системы.

Причинами отклонения национального продукта от предельного значения могут быть такие отклонения параметров от запланированных их значений:

- 1) уменьшение объема внешнего инвестирования ($X_t \neq X$);
- 2) снижение эффективности экономики ($S_{0t} \neq S_0$);
- 3) уменьшение доли национального продукта на потребление, приводящее к снижению платежеспособности населения; уменьшение закупок отечественной продукции ($R_t \neq R$).

Здесь для каждого из трех возможных возмущающих воздействий могут быть три варианта альтернативных изменений параметров. Таким образом, общее количество возможных альтернативных вариантов равно 3^2 .

В реальных условиях для достижения запланированной выходной величины пользуются доступной возможностью изменения отдельных параметров или их комбинации. Для целей понимания задачи программирования мы ограничимся определением альтернативных значений параметров, методы расчета которых для вышерассмотренных ситуаций приведены в табл. 17.4. В них индексы t при переменных в графе 1 обозначают имеющиеся значения параметров, которые привели к непредусмотренной работе системы. Они определяются по формулам (17.12) – (17.14), где вместо значения Y надо подставить Y_t . В графах 2-4 с помощью тех же формул определяются значения параметров, при которых достигается требуемое значение выходной величины. Индексы S , X , R при изменяемом параметре указывают параметр, из-за отклонения которого выходная величина не соответствует требуемому значению. Если в формулах, приведенных в графах 2-4 таблицы, у параметра указан индекс t , то используется его значение, найденное в графе 1.

**Таблица 17.4 - Методы альтернативного программирования
национального продукта**

Причины $Y_t \neq Y$	Изменить X_i	Изменить S_{0i}	Изменить R_i
1	2	3	4
$X_t \neq X$ $X_t = Y_t(1 - S_0 \times R) / S_0$ (17.15)	$X_X = Y(1 - S_0 \times R) / S_0$ (17.16)	$S_{0X} = Y / (X_t + R \times Y)$ (17.20)	$R_X = 1 / S_0 - X_t / Y$ (17.24)
$S_{0t} \neq S_0$ $S_{0t} = Y_t / (X + R \times Y_t)$ (17.19)	$X_S = Y(1 - S_{0t} \times R) / S_{0t}$ (17.17)	$S_{0S} = Y / (X + R \times Y)$ (17.21)	$R_S = 1 / S_{0t} - X / Y$ (17.25)
$R_t \neq R$ $R_t = 1 / S_0 - X / Y_t$ (17.23)	$X_R = Y(1 - S_0 \times R_t) / S_0$ (17.18)	$S_{0R} = Y / (X + R_t \times Y)$ (17.22)	$R_R = 1 / S_0 - X / Y$ (17.26)

Планирование роста занятости при управлении экономикой.
 Пример ситуационного управления обеспечением занятости трудоспособного населения при планировании объемов национального продукта Y_{t+1} на $(t+1)$ -й год заключается в том, что этот доход ставится в зависимость от количества Z_t трудоспособного населения, имеющегося в t -м году, с целью обеспечения его рабочими местами:

$$Y_{t+1} = P \times Z_t, \quad (17.27)$$

где P – производительность труда, грн /чел.

Если в $(t+1)$ -м году численность Z_{t+1} трудоспособного населения увеличится, т.е. $Z_{t+1} > Z_t$, то запланированный объем национального продукта Y_{t+1} окажется меньше требуемой величины для обеспечения полной занятости. Недостающий объем национального дохода для создания дополнительно требуемых рабочих мест будет запланирован только на следующий год. Необходимыми для этого управляющими воздействиями X_{t+1} являются дополнительные инвестиции в экономику. Здесь ситуацию образует сопоставление фактической численности трудоспособного

населения в $(t+1)$ -м году и его численности в t -м году, положенной в основу расчета требуемого национального продукта.

Очевидно, что здесь происходит запаздывание выработки управляющего воздействия. В случае роста численности трудоспособного населения в планируемом году потребность в рабочих местах увеличится, а так как дополнительные рабочие места и необходимые для этого инвестиции не планировались, то возникнет безработица.

Упреждающее планирование роста национального продукта должно основываться на прогнозе изменения демографической ситуации.

ЗАДАНИЕ 6

Определить для каждой ситуации, показанной в 1-м столбце табл. 17.5, и указать на блок-схемах альтернативные значения параметров системы с коэффициентом потребления $R = 0,3 + 0,01 \times N$, обеспечивающие достижение требуемой предельной величины национального продукта $Y = 100$ млрд.у.е, которая оказалась к заданному моменту времени t равной $Y_t = 90$ млрд.у.е.

ПРИМЕРЫ. Пример расчета значений параметров системы с коэффициентом потребления $R = 0,2$ приведен в табл. 17.5. Пример построения блок-схем для исходной ситуации и программируемых ситуаций показан на рис.17.4.

Таблица 17.5 - Пример программирования национального продукта

Причины	Изменить X	Изменить S_0	Изменить R
$X_t \neq X$ $X_t = 90(1-0,2)=72$ $X=100(1-0,2) =80$	$X_X = 80$	$S_{0X}=100/(72+0,2 \times 100) =1,087$	$R_X = 1/1 - 72/100 = 0,28$
$S_{0t} \neq S_0=1$ $S_{0t} = 90/(80 + 0,2 \times 90) =0,9184$	$X_S =100(1-0,9184 \times 0,2) / 0,9184 =88,86$	$S_{0S} = 1$	$R_S = 1/0,9184 - 80/100 = 0,289$
$R_t \neq R=0,2$ $R_t =1/1 - 80/90 = 0,1112$	$X_R =100 (1- 0,1112)/1= =88,88$	$S_{0R} = 100 / (80+ 0,1112 \times 100) = 1,097$	$R_R = 0,2$

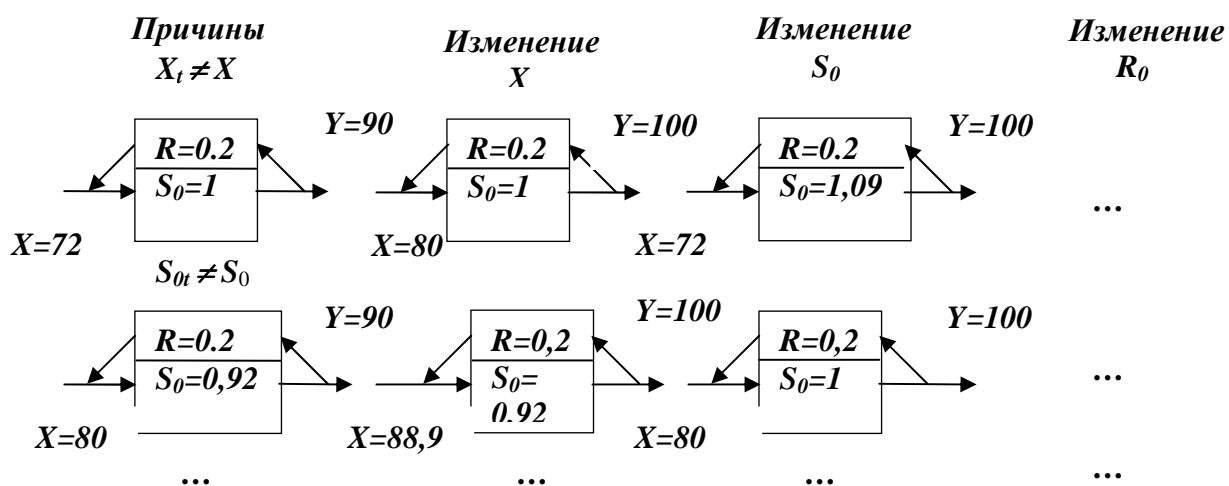


Рис.17.4 - Иллюстрация ситуаций и программирования параметров

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом можно запрограммировать рост национального продукта без увеличения инвестиций?
2. Каковы возможные причины снижения ожидаемой величины национального продукта?
3. Каким образом можно обеспечить управляемость процесса?
4. Что можно предпринять, если ожидаемая величина национального продукта не достигнута?
5. Как определить весь набор возможных вариантов альтернативного изменения параметров процесса?
6. Какова логика вывода формул для расчета требуемых альтернативных значений параметров, при которых будет достигнута ожидаемая величина национального продукта?
7. Как уменьшить разнообразие программного обеспечения для вычислительных моделей?
8. В чем состоит ситуационное управление обеспечением занятости и каков его недостаток?
9. На чем должно основываться программное управление обеспечением занятости населения?

Глава 18. СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ РЫНОЧНОЙ ЦЕНЫ ТОВАРОВ

18.1. ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНОЧНОЙ ЦЕНЫ

На рыночную цену товара в условиях свободной конкуренции одновременно влияют изменение количества товара, поступающего на рынок (**предложение**) и изменение количества покупаемого товара (**спрос**). А измененная цена вызывает ответную реакцию владельцев и покупателей товаров. Процесс изменения цены и поведения участников рынка происходит следующим образом:

Превышение количества предлагаемого товара по отношению к количеству покупаемого товара приводит к падению его цены, так как при избытке товара его владельцы вынуждены снижать цену, иначе он не будет продан. В свою очередь, понижение цены приводит к уменьшению поступления товара на рынок и одновременно - к повышению спроса на него. В результате возникает **дефицит** товара на рынке, что приводит к повышению его цены.

Далее процесс повторяется: снова увеличивается предложение товара, а его избыток приводит к уменьшению цены. Реакцией на это является уменьшение предложения товара. При циклическом изменении цены наступают временные равновесия спроса и предложения, когда они равны между собой. Цена избыточного товара снижается до тех пор, пока он не будет выкуплен. И, наоборот, цена дефицитного товара увеличивается до тех пор, пока он еще будет покупаться, а увеличивающееся предложение не начнет его обесценивать. Процесс завершается установлением конечной цены товара

Таким образом, причиной изменения рыночной цены являются рассмотренные циклические процессы изменения спроса и предложения.

18.2. ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА, ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ЦЕНЫ

На линейных графиках спроса Y^C и предложения $Y^П$ (рис.18.1) показано, как они изменяются их объемы в стоимостном выражении в зависимости от цены товара x . Эти функции формируются с помощью эконометрических методов на основе статистических данных. В аналитической форме эти функции записываются следующим образом:

$$\text{функция спроса: } Y^C = R^C \times x + Y_0^C, \quad (18.1)$$

$$\text{функция предложения: } Y^П = R^П \times x + Y_0^П. \quad (18.2)$$

Их постоянные коэффициенты $R^C < 0$ и $R^П > 0$ в геометрической интерпретации соответствуют тангенсу угла наклона прямых, а постоянные Y_0^C и $Y_0^П$ - отрезкам на оси ординат, определяющим объем спроса и предложения при некоторой **фиксированной** цене.

Из (18.1), (18.2) следует, что при изменении цены товара с x_1 на x_2 **спрос** уменьшится на величину:

$$\Delta Y^C = Y^C(x_2) - Y^C(x_1) = R^C \times (x_2 - x_1), \quad (18.3)$$

а **предложение** увеличится на величину:

$$\Delta Y^П = Y^П(x_2) - Y^П(x_1) = R^П \times (x_2 - x_1). \quad (18.4)$$

Так как $R^C < 0$, то воздействие измененной цены на спрос и предложение будет противоположным: при ее увеличении спрос будет падать, а предложение расти, и наоборот.

Спиралевидная графическая модель циклических процессов взаимосвязанного изменения цены и ответных изменений спроса и предложения показаны на **рис.18.2**. При цене x_t количество $Y^П(x_{t+1})$ предлагаемого товара по отношению к количеству $Y^C(x_t)$ покупаемого товара приводит к падению его цены до x_{t+1} . Низкая цена приводит к повышению **спроса** на него до величины $Y^C(x_{t+1})$ и к снижению **поступления** товара на

рынок до величины $Y^П(x_{t+2})$. В результате, при **дефиците** товара на рынке, его цена повысится до x_{t+2} . Соответственно ей уменьшится спрос и увеличится предложение, после чего цикл изменений повторится.

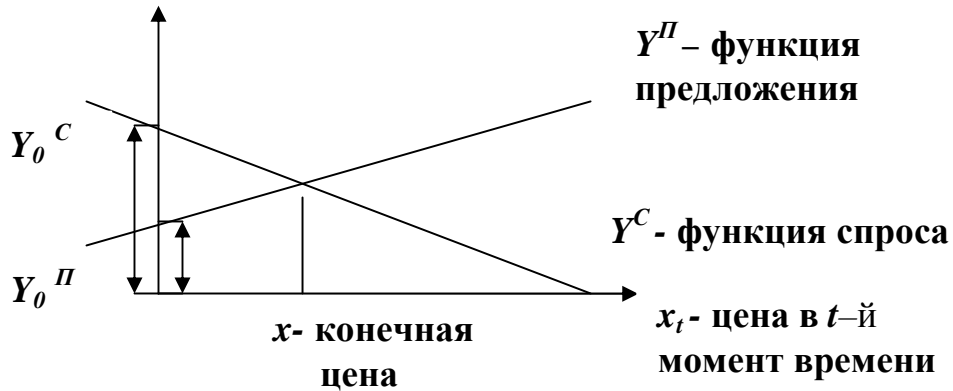


Рис.18.1 - Графики линейных функций спроса и предложения

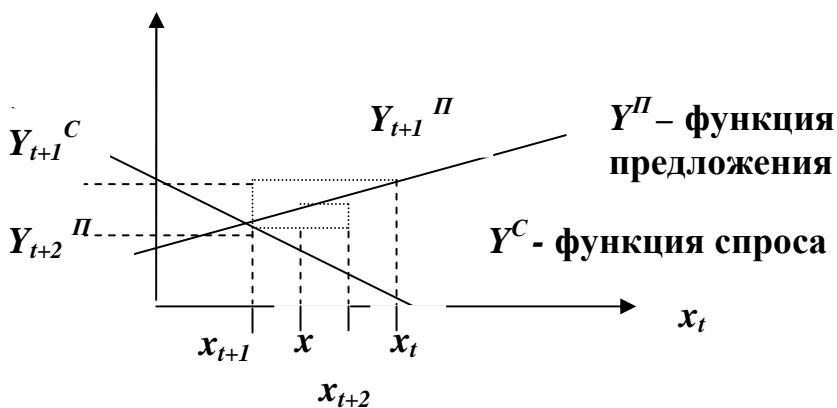


Рис.18.2 - Спиралевидная модель изменения рыночной цены

Рассмотренные колебательные процессы изменения цены при определенных условиях заканчиваются установлением на рынке **конечной цены** x . На графике конечной цене соответствует точка пересечения прямых линий, изображающих функции спроса и предложения. В этой точке имеет место их **баланс** при одинаковой, больше не изменяемой цене:

$$Y^C = Y^П. \quad (18.5)$$

Конечная цена товара может быть спрогнозирована для заданных функций спроса и предложения по формуле, выведенной из (18.1, 18.2, 18.5):

$$x_t = (Y_0^П - Y_0^C) / (R^C - R^П). \quad (18.6)$$

18.3. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕНЫ

Для прогнозирования динамики изменения рыночной цены с использованием теории автоматического регулирования необходимо перейти к моделированию изменения **отклонений** Δx_t текущих цен x_t от конечной цены x . В геометрической интерпретации это соответствует переносу начала координат на графике функций спроса и предложения в точку их пересечения (рис.18.1). Для показанной на рис.18.2 ситуации увеличение ΔY_{t+1}^P **предложения** товара, как реакция на цену товара, которая больше ее конечного значения на величину Δx_t , может быть определено следующим образом:

$$\Delta Y_{t+1}^P = R^P \times \Delta x_t. \quad (18.7)$$

Здесь реакция владельцев товара реализуется с запаздыванием на интервал времени. При этом временный баланс спроса и предложения (18.3)

$$\Delta Y_{t+1}^P = \Delta Y_{t+1}^C \quad (18.8)$$

наступит при уменьшении цены товара относительно ее конечного значения на величину Δx_{t+1} . Это будет иметь место при снижении цены x_{t+1} на величину $\Delta x = \Delta x_{t+1} + \Delta x_t$, что приведет к увеличению **спроса**, которое может быть определено следующим образом:

$$\Delta Y_{t+1}^C = R^C \times \Delta x_{t+1}. \quad (18.9)$$

Из (18.7- 18.9) следует, что необходимое для обеспечения баланса (18.8) снижение цены товара относительно ее конечного значения можно определить по формуле:

$$\Delta x_{t+1} = \Delta x_t \times R^P / R^C. \quad (18.10)$$

Введя коэффициент $S^P = R^P / R^C$, получим следующую **линейную модель процесса изменения рыночной цены** вследствие изменения **предложения**:

$$\Delta x_{t+1} = S^P \times \Delta x_t. \quad (18.11)$$

Из этой модели следует условие уменьшения отклонений цены от ее конечного значения: $|S^D| < 1$, что имеет место при $R^D < |R^C|$. В этом случае будет происходить сходящийся процесс изменения текущей цены товара к конечной цене. Имеются две рыночные ситуации для владельцев товара и, соответственно, два возможных варианта поведения.

Первая ситуация, которая была рассмотрена выше, состоит в том, что высокая цена товара вызывает у его владельцев желание увеличить предложение, и они это делают, **не ориентируясь на динамику спроса**, т.е. на то, что покупатели при такой цене не увеличат число покупок. Как было показано, результатом увеличения предложения товара в этих условиях явится его избыток, и владельцы будут вынуждены устраивать распродажи по более низкой цене.

Вторая ситуация состоит в том, что владельцы товара реагируют на увеличение его спроса, которое происходит когда цена товара снижается относительно конечной цены. Они повышают цену товара, что приводит к снижению спроса. После этого они уменьшают предложение, убирая часть товара с рынка. Для этой ситуации может быть построена **линейная модель процесса изменения рыночной цены** вследствие изменения спроса:

$$\Delta x_{t+1} = S^C \times \Delta x_t, \quad S^C = R^C / R^D = 1/S^D. \quad (18.12)$$

Последующая учебная работа будет выполняться для первой ситуации.

В табл. 18.1 приведены формулы для прогнозирования цены. В теории автоматического регулирования характер процесса можно определить по знаку коэффициента $S = R^D / R^C$ (строка 4). В данном случае этот коэффициент определяет реакцию рынка на изменения объемов предложения и изменения объемов спроса, которые, согласно приведенному выше описанию процесса изменения цены, противоположным образом воздействуют на цену. Так как $R^D > 0$, а $R^C < 0$, то $S < 0$. Из этого следует, что характер процесса изменения отклонений цены от ее конечного значения – колебательный. Из теории известно, что эти отклонения будут уменьшаться

и процесс будет сходящимся только в том случае, если $|S| < 1$, а это будет иметь место при $R^II < |R^C|$, т.е. когда предложение товара при увеличении цены растет медленнее, чем снижается спрос на него.

Таблица 18.1 - Методы прогнозирования рыночной цены по теории автоматического регулирования

Наименование показателя	Формула расчета
1. Рыночная цена в t -й момент времени	x_t
2. Конечная рыночная цена	$x = (Y_0^{II} - Y_0^C) / (R_I^C - R^{II})$
3. Отклонение цены от ее конечной величины в t -й момент времени	$\Delta x_t = x_t - x$
4. Коэффициент реакции рынка на предложение и спрос	$S = R^{II} / R^C$
5. Отклонение цены от ее конечной величины в $(t + 1)$ -й момент времени	$\Delta x_{t+1} = S \times \Delta x_t$
6. Регулирующие воздействия на: - спрос - предложение	$\Delta Y_{t+1}^C = R^C \times \Delta x_{t+1}$ $\Delta Y_{t+1}^{II} = R^{II} \times \Delta x_t$
7. Рыночная цена в $(t + 1)$ -й момент времени (выходная величина)	$x_{t+1} = x + \Delta x_{t+1}$

Данный процесс может быть представлен в виде **блок-схемы системы регулирования рис.18.3.**

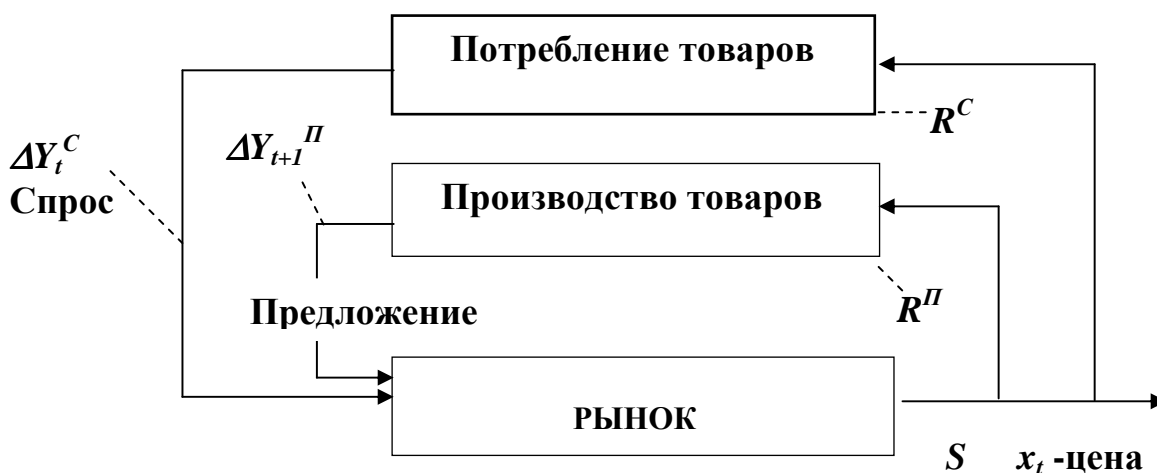


Рис.18.3 - Блок-схема процесса регулирования рыночных цен

Имеются следующие **отличия процесса изменения рыночной цены от процесса**, описываемого теорией автоматического регулирования:

1. Конечная цена товара здесь не задается, а предопределяется параметрами функций спроса и предложения, изменением которых можно влиять на изменение конечной цены.

2. Регулирующая подсистема включает в себя регулятор, реагирующий на изменение выходной величины (цены) изменением спроса, и регулятор, реагирующий изменением предложения, противоположным первому.

3. В модели процесса отсутствует параметр S_0 , хотя рынок вносит свои надбавки при определении оптовой и рыночной цены товара, в результате чего этот параметр должен быть больше единицы.

4. Выходная величина воздействует на регулирующую подсистему не непосредственно, а информационно – через сведения о цене, после чего производители предпринимают определенные действия.

5. Отсутствуют независимые внешние входные воздействия на систему регулирования, за исключением спроса и предложения.

6. Для рынка выходной величиной является цена - аргумент функций спроса и предложения, которые определяют регулирующие воздействия на рынок (**строка 6 табл.18.1**).

В качестве **объекта регулирования** можно рассматривать и **подсистему предложения** товара. Ее выход Y^II регулируется рынком, который реагирует на изменение предложения, и подсистемой потребления, которая определяет спрос на товар. В этом случае рынок является одним из регуляторов предложения, что предполагает наличие в объекте функции маркетинга, выявляющей спрос на товар.

В рамках теории автоматического регулирования возникает вопрос: может ли быть монотонным изменение цены? Это могло бы иметь место при положительном значении коэффициента R^C реакции спроса на цену товара. Такая ситуация означала бы, что с ростом цены спрос тоже растет. В

определенных ситуациях это может иметь место, когда начинается рост цены на пользующуюся повышенным спросом продукцию. Спрос на нее увеличивается в связи с желанием потребителей успеть купить товар, пока цена не выросла еще больше. При этом для сходимости процесса спрос должен опережать предложение, для чего нужно, чтобы $|R^C| > R^D$.

ЗАДАНИЕ 7

1. Определить, как изменится спрос при изменении цены одного барреля нефти с $x_1=150+N$ до $x_2=140$ дол. и как изменится предложение нефти, если цена одного барреля изменится с $x_1=150 + N$ до $x_2 = 140$ дол. Выразить результаты решения задачи также и в баррелях. Значения коэффициентов функций предложения и спроса: $R^D=0,5 \times 10^6$, $R^C = - 0,5 \times 10^6$.

2. Рассчитать по формулам **табл.18.1** для исходных данных **табл.18.2** ожидаемые значения цены $\{x_t\}$ товара и ее отклонений $\{\Delta x_t\}$ от конечного равновесного значения x в моменты времени $t \in \{0,1,2,3\}$. Результаты записать в **табл.18.3** и по ним построить графики изменения этих показателей. Предложить варианты поведения для **владельцев** и для **покупателей** товара в выделенные моменты времени для каждого значения коэффициента спроса R_i^C .

3. Для функции спроса с коэффициентом $R^C = - 1 - 0,01 \times N$ и функций предложения с коэффициентами R_i^D , приведенными в **табл.18.4**, рассчитать коэффициенты реакции рынка S_i и для каждого из них указать и аналитически обосновать ожидаемую динамику процесса изменения рыночной цены товара. Сделать вывод относительно желательного поведения владельцев и покупателей товара.

Таблица 18.2 - Данные для прогнозирования динамики изменения цены

Наименование показателя	Формула
1. Коэффициент функции предложения	$R^P = 0,5$
2. Коэффициенты функции спроса (R_i^C)	$R_1^C = -1 - 0,1 \times N$ $R_2^C = -0,25 + 0,01 \times N$ $R_3^C = -1 - 0,2 \times N$ $R_4^C = -0,4 - 0,01 \times N$
3. Коэффициенты реакции рынка на предложение и спрос ($S_i = R_i^P / R_i^C$)	$S_1 = R_1^P / R_1^C$ $S_2 = R_2^P / R_2^C$ $S_3 = R_3^P / R_3^C$ $S_4 = R_4^P / R_4^C$
4. Значения переменных в начальный момент времени:	- рыночная цена $x_0 = 300 + 10 \times N$ - спрос $Y_0^C = 300$ - предложение $Y_0^P = 0$

Таблица 18.3 - Результаты прогнозирования динамики рыночной цены

R_i^C	x	Δx_0	Δx_1	Δx_2	Δx_3	x_1	x_2	x_3
R_1								
R_2								
R_3								
R_4								

Таблица 18.4 - Аналитическое прогнозирование динамики цены

№	R_i^P	S_i	Характер процесса/ Обоснование	Направленность процесса/ Обоснование
1	0,2			
2	0,8			
3	1			
4	1,01			

18.4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ РЫНОЧНОЙ ЦЕНЫ ТОВАРА

Программирование конечной рыночной цены товара может осуществляться, если имеется возможность провести мероприятия, в результате которых изменится объем предложения Y^P или объем спроса Y^C товара. Например, если производители товара смогут договориться между собой об уменьшении объема предложения для того, чтобы имеющаяся конечная рыночная цена x выросла и стала равной желаемой им величине x^* . Этой возможностью пользуются нефтедобывающие страны, производители алмазов и т.д. Другим вариантом воздействия на рыночную цену может быть уменьшение спроса, что приведет к уменьшению конечной рыночной цены. Такое возможно, например, в результате отказа какой-либо страны покупать определенный товар другой страны по политическим или иным мотивам, чтобы нанести ей экономический ущерб: уменьшение цены приведет к спаду производства, сокращению количества рабочих мест и росту безработицы.

Соответствующие формулы для расчета требуемых альтернативных значений объемов предложения Y^P и объемов спроса Y^C и параметров Y_0^P , Y_0^C , определяющих объемы предложения и спроса при некоторой фиксированной цене товара, приводящих к установлению на рынке желаемой его конечной цены x^* , можно вывести из формул (18.1, 18.2, 18.7):

$$Y^P(x^*) = Y_0^P(x^*) + R^P \times x^*, \quad (18.13)$$

где
$$Y_0^P(x^*) = Y_0^C(x) + (R^C - R^P) \times x^*, \quad (18.14)$$

$$Y^C(x^*) = Y_0^C(x^*) + R^C \times x^*, \quad (18.15)$$

где
$$Y_0^C(x^*) = Y_0^P(x) - (R^C - R^P) \times x^*. \quad (18.16)$$

Здесь $Y_0^P(x)$ и $Y_0^C(x)$ – значения начальных параметров функций спроса и предложения, соответствующие конечной цене товара до программирования, а $Y_0^P(x^*)$ и $Y_0^C(x^*)$, – после ее программирования (она указана в скобках).

ЗАДАНИЕ 8

1. **Определить:** - на какую величину надо уменьшить объем предложения, чтобы конечная рыночная цена одного барреля нефти, изменилась с $x^* = 40$ до $x^* = 50+N$ дол.; - на какую величину надо уменьшить объем спроса, чтобы конечная рыночная цена одного барреля нефти, изменилась с $x^* = 50+N$ дол до $x^* = 40$ дол. Выразить результаты решения также и в баррелях. Параметры системы: $Y_0^C = 200 \times 10^6$ дол, $R^D = 0,5 \times 10^6$, $R^C = -10^6$

2. Показать на графиках, как надо уменьшить предложение и, отдельно, как надо уменьшить спрос, чтобы цена стала такой, как требуется в заданиях, отметив значения параметров системы при имеющейся и желаемой цене.

3. Построить блок-схему системы регулирования рыночной цены товара и на ней указать наименования параметров системы.

ПРИМЕРЫ

Пример 1. Определить, на какую величину надо уменьшить объем предложения, и как при этом изменится параметр системы Y_0^D , чтобы конечная рыночная цена одного барреля нефти изменилась с 40 до 50 долларов при следующих параметрах системы: $Y_0^C = 200 \times 10^6$ дол, $R^D = 0,5 \times 10^6$, $R^C = -10^6$.

Решение:

1. Для того, чтобы определить требуемый объем предложения, при котором на рынке установится заданная цена нефти $x^* = 50$ дол за баррель, надо использовать формулы (18.1, 18.2), подставив в них значения требуемой и имеющейся конечной цены и заданные значения параметров:

$$Y^D(50) = Y_0^D(50) + 0,5 \times 10^6 \times 50,$$

$$Y_0^D(50) = 200 \times 10^6 + (-10^6 - 0,5 \times 10^6) \times 50 = 125 \times 10^6,$$

$$Y^D(50) = 125 \times 10^6 + 0,5 \times 10^6 \times 50 = 150 \times 10^6 \text{ дол.}$$

2. Аналогичные операции надо выполнить, чтобы узнать, каков был объем предложения при цене **40** дол:

$$Y^П(40) = Y_0^П(40) + 0,5 \times 10^6 \times 40,$$

$$Y_0^П(40) = 200 \times 10^6 + (-10^6 - 0,5 \times 10^6) \times 40 = 140 \times 10^6,$$

$$Y^П(40) = 140 \times 10^6 + 0,5 \times 10^6 \times 40 = 160 \times 10^6,$$

3. Разность объемов предложений при имеющейся и желаемой цене нефти составит: $Y^П(40) - Y^П(50) = 160 \times 10^6 - 150 \times 10^6 = 10 \times 10^6$ дол,

т.е. на эту величину надо **уменьшить** предложение, чтобы цена нефти за баррель **увеличилась** с **40** до **50** дол.

При этом параметр системы регулирования Y_0^C уменьшится на величину $Y_0^П(40) - Y_0^П(50) = 140 \times 10^6 - 125 \times 10^6 = 15 \times 10^6$ дол.

Пример 2. Определить, на какую величину надо уменьшить объем спроса и как изменится параметр системы Y_0^C для того, чтобы конечная рыночная цена одного барреля нефти изменилась с **50** до **40** долларов при тех же значениях параметров системы, что и в примере 1.

Решение: 1. Для того чтобы определить требуемый объем спроса, при котором на рынке установится заданная цена нефти $x^* = 40$ дол за баррель, надо использовать формулы (18.3, 18.4, 18.2), подставив в них значения требуемой и имеющейся конечной цены и значения параметров:

$$Y^C(40) = Y_0^C(40) + (-10^6) \times 40,$$

$$Y_0^C(40) = Y_0^П(50) - (-10^6 - 0,5 \times 10^6) \times 40 = Y_0^П(50) + 60 \times 10^6,$$

$$Y_0^П(50) = 200 \times 10^6 + (-10^6 - 0,5 \times 10^6) \times 50 = 125 \times 10^6.$$

$$Y_0^C(40) = 125 \times 10^6 + 60 \times 10^6 = 185 \times 10^6.$$

$$Y^C(40) = 185 \times 10^6 + (-10^6) \times 40 = 145 \times 10^6 \text{ дол.}$$

2. Объем спроса при цене **50** дол определяется по формуле (6.3):

$$Y^C(50) = Y_0^C(50) = 200 \times 10^6 + (-10^6) \times 50 = 150 \times 10^6$$

3. Разность объемов спроса при имеющейся и желаемой цене нефти составит: $Y^C(50) - Y^C(40) = 150 \times 10^6 - 145 \times 10^6 = 5 \times 10^6$ дол,

т.е. на эту величину надо **уменьшить** спрос, чтобы цена нефти за баррель **уменьшилась** с **50** до **40** дол.

При этом параметр системы регулирования Y_0^C уменьшится на величину $Y_0^C(50) - Y_0^C(40) = 200 \times 10^6 - 185 \times 10^6 = 15 \times 10^6$ дол.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Прогнозирование

1. Какие процессы влияют на изменение рыночной цены?
2. Каковы причины падения и роста рыночной цены?
3. Что является причиной избытка и дефицита товара на рынке?
4. Как можно прогнозировать рыночную цену?
5. Что собой представляют линейные функции спроса и предложения?
6. Что такое конечная рыночная цена и как ее определить?
7. В результате чего возникает временный баланс спроса и предложения?
8. Проинтерпретировать процесс изменения рыночной цены как частный случай общей теории автоматического регулирования.
9. В чем проявляется особенность процесса регулирования рыночной цены?
10. Рассмотреть входы и выходы системы, объектом регулирования в которой является подсистема предложения.
11. Рассмотреть систему регулирования с монотонным изменением цены.

Программирование

1. Что и каким образом надо изменить в системе регулирования для того, чтобы на рынке установилась желаемая цена товара?
2. Пояснить геометрическую интерпретацию системы регулирования рыночных цен.
3. Каким образом можно в реальных условиях уменьшить предложение и спрос товара для программирования желаемой цены.
4. Как перейти к измерению спроса и предложения нефти в баррелях?

Глава 19. МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ

19.1. ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

Процесс создания модели состоит из операций подготовки модельного пространства, создания объектов и создания связей между объектами. После запуска ARIS открывается окно проводника (*Explorer*), которое содержит элементы, показанные на **рис.19.1**.

19.1. Подготовка модельного пространства

Для отображения окна проводника ARIS можно выбрать также пункт меню View => ARIS Explorer. Далее следует открыть базу данных на локальном сервере двойным щелчком на наименовании базы данных в проводнике ARIS. После этого необходимо выбрать в базе данных главную группу (Main group), в которой должна разместиться новая модель. Для создания **новой** модели нужно щелкнуть правой кнопкой на главной группе и выбрать из контекстного меню пункт New => Model (**рис.19.2**).

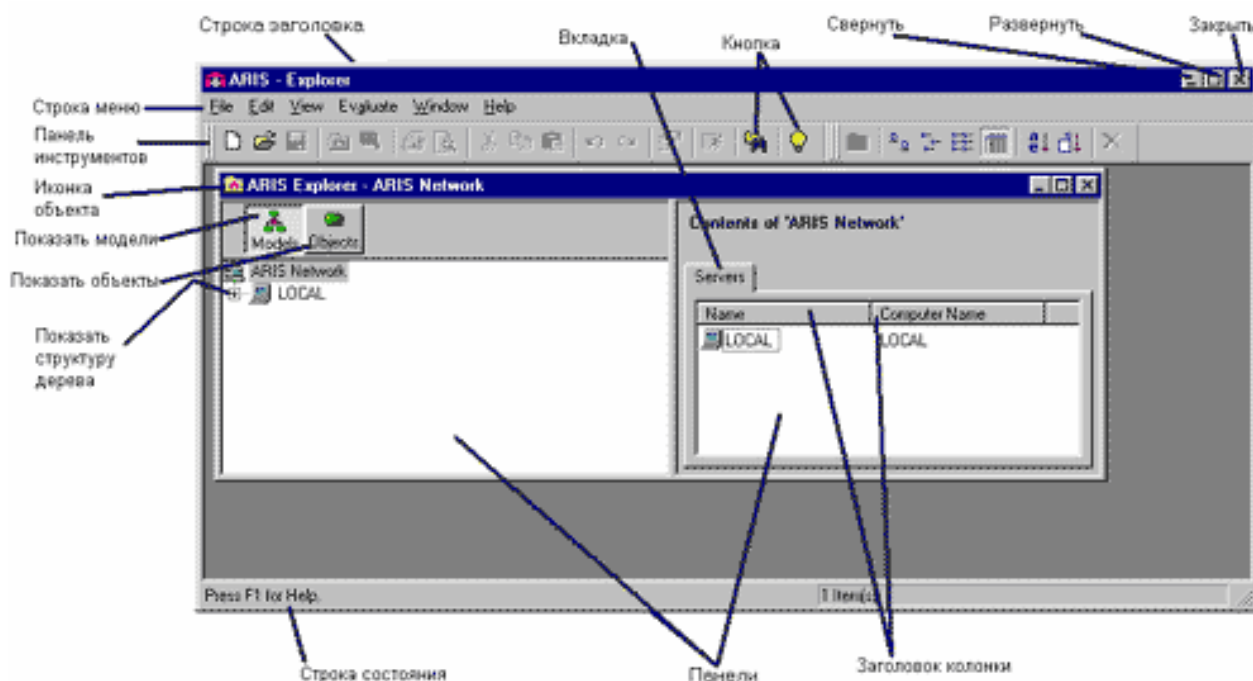


Рис. 19.1 - Окно проводника ARIS (Explorer)

После этого электронный помощник — мастер (Model Wizard)

последовательно проведет пользователя по шагам создания модели (рис.3.3). Сначала нужно выбрать тип модели с использованием, так называемого дома ARIS (House ARIS), из следующего списка: - организационная модель; - модель данных; - модель процесса; - функциональная модель.

На рис.19.3 показан выбор типа модели Processes, а в окне списка Model Type - тип диаграммы модели процесса - eEPC.

После нажатия кнопки Далее (Next) появится окно Name (рис.19.4) для ввода названия модели. Набрав, например, «Поиск Перевозчика», и нажав на кнопку Готово, откроется модельное пространство «Поиск Перевозчика». Для его расширения нужно щелкнуть кнопку Развернуть (Maximize).

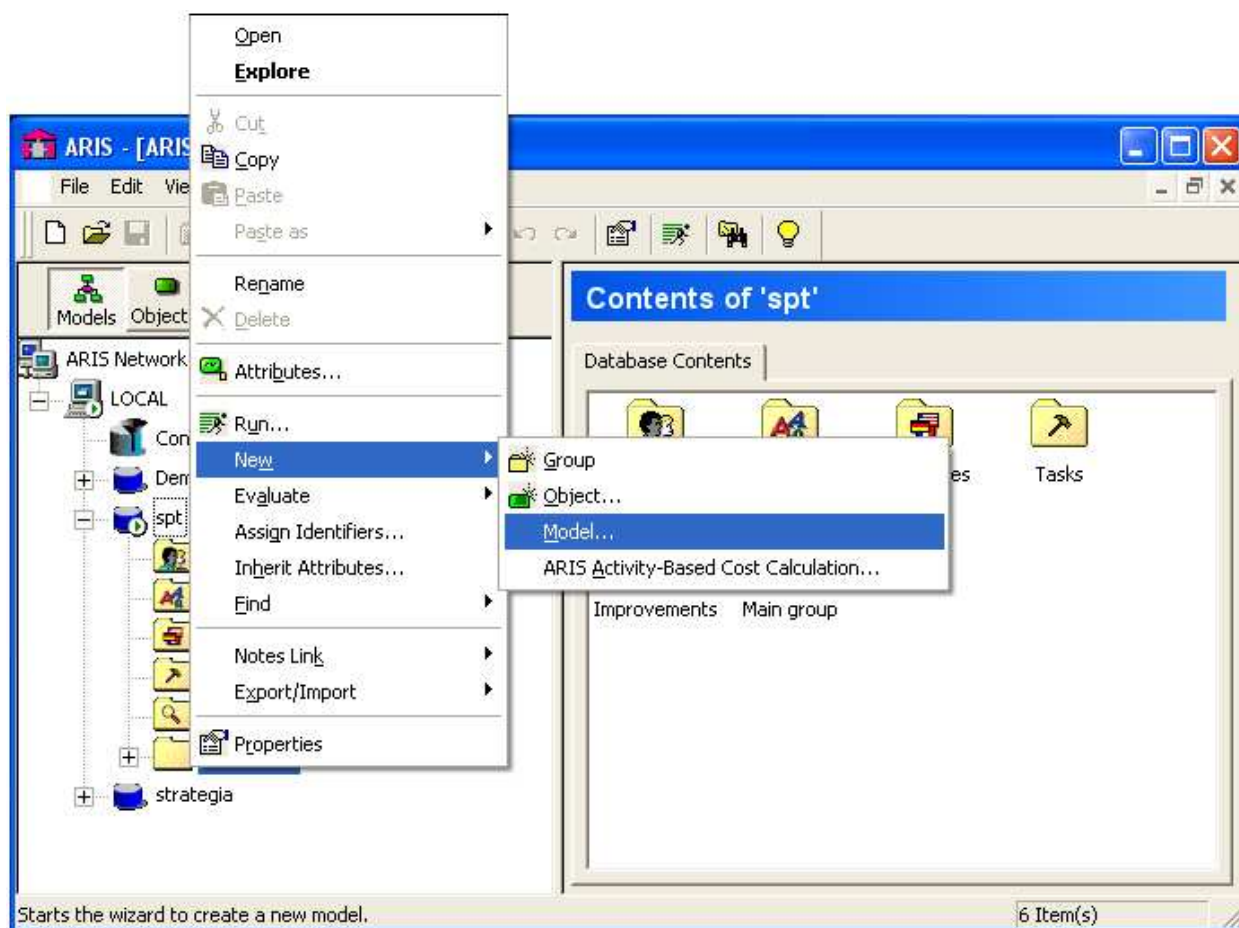


Рис. 19.2 - Первый этап создания модели

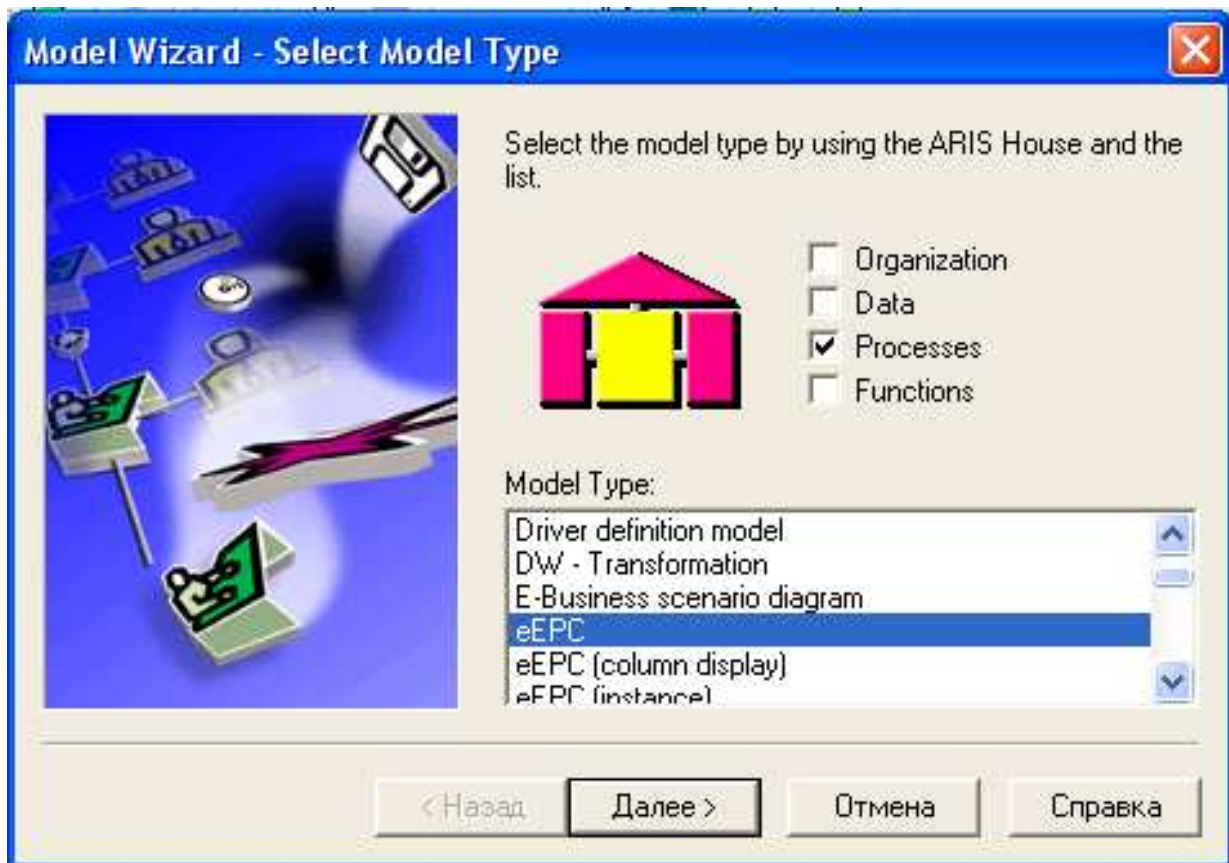


Рис.19.3 - Выбор метода описания и типа модели

При первом запуске ARIS необходимо выбрать панели инструментов, которые будут использоваться при моделировании (рис.19.5). Для идентификации конкретных объектов в панели инструментов моделирования нужно переместить указатель мыши на соответствующую пиктограмму. Рядом с ней отобразится подсказка. Для получения контекстной справки по содержанию кнопок (пиктограмм) следует переместить указатель мыши на конкретную кнопку и немного подождать. Рядом с кнопкой появится краткий текст, а в строке состояния - более полный текст подсказки. Если она не появляется, пользователю необходимо убедиться в том, что установлена опция «Показывать». Для этого надо выбрать пункт меню View => Toolbars => Customize, открыть вкладку Toolbars и проверить наличие флажка Show Tooltips.



Рис. 19.4 - Введение наименования модели

3.8.2. Создание модели

Для создания модели необходимо выполнить следующие действия (рис.19.6):

- на панели инструментов моделирования нажать на пиктограмму «Событие» (Event);
- переместить указатель мыши на область моделирования, отпустив левую кнопку мыши;
- нажать левую кнопку мыши. Объект будет создан, и автоматически откроется текстовое окно для ввода его имени;
- дать событию название, например «Необходимо найти Перевозчика». Для разрыва строки внутри объекта надо нажать Ctrl +Enter;
- нажать Enter.

Далее подобным образом необходимо создать другие объекты модели.

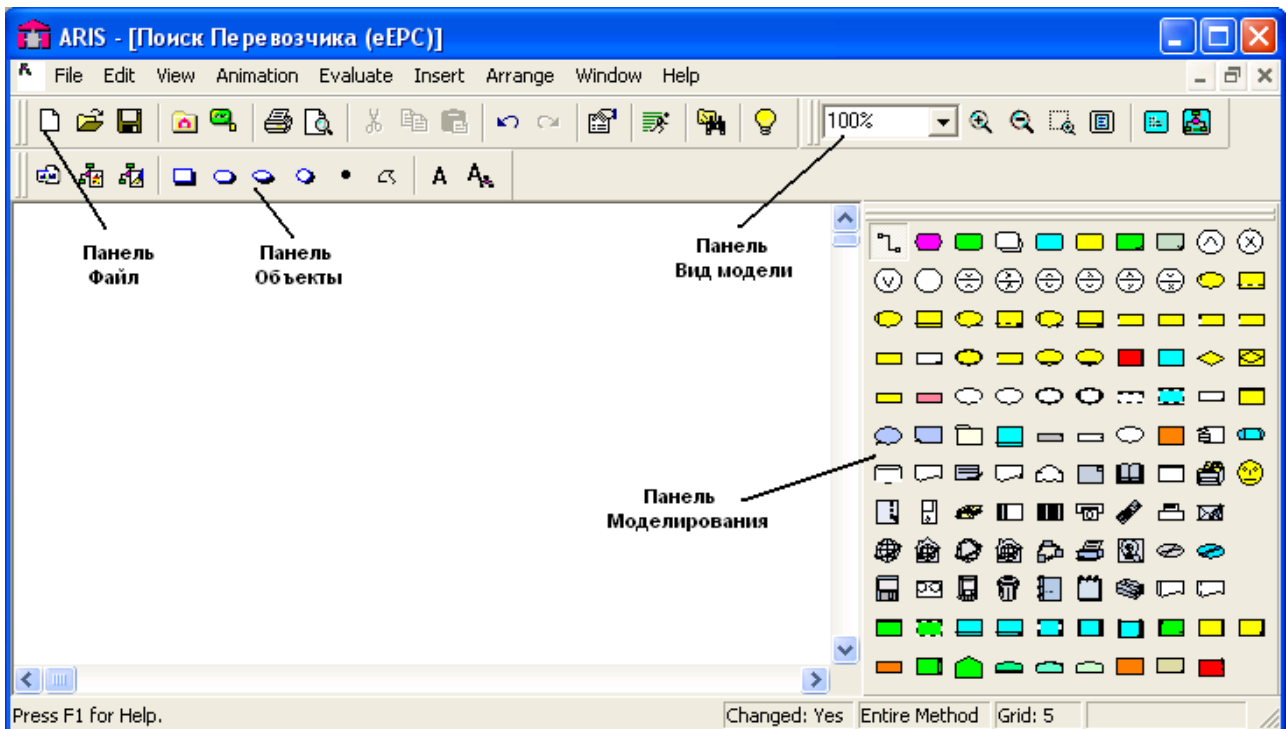


Рис.19.5 - Окно модели и панели инструментов

Для того чтобы создать сразу несколько объектов одного типа, следует нажать на соответствующую пиктограмму на панели инструментов моделирования, далее нажать на клавишу Ctrl и, не отпуская ее, щелкнуть левой кнопкой мыши в тех местах, где необходимо создать объект выбранного типа. После создания последнего объекта отпустить клавишу Ctrl. Все объекты получают имя типа, к которому они относятся.

Для изменения имени объекта нужно его выделить, нажать F2 и ввести новое имя. Имена функций можно задать также через окно атрибутов объектов. Для этого надо выделить какую-либо функцию и нажать правую кнопку мыши. В появившемся меню выбрать пункт Select => Select All Objects of the 'Function' Type. В результате на модели будут выделены все объекты типа Function. Далее еще раз нажать правую кнопку мыши (на одном из выделенных объектов, иначе выделение пропадет) и выбрать из контекстного меню Attributes. Теперь в окне атрибутов в заголовке столбцов можно задать имена функций. Для перемещения по строкам таблицы атрибутов (рис.19.8) используются клавиши управления курсором.

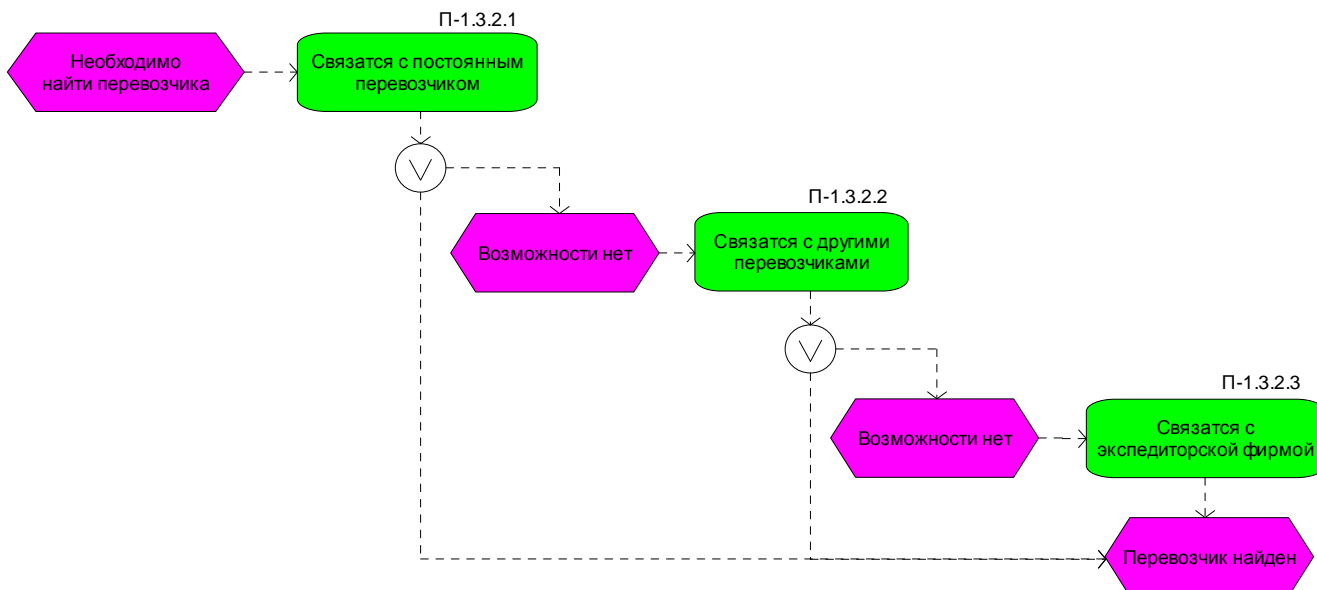




Рис.19.6 – Фрагмент модели

Описанный способ удобен при копировании имен нескольких объектов из других приложений, например из MS Excel. Для сохранения значений атрибутов нужно выбрать File => Save, а затем нажать на кнопку Close.

Если для функции надо показать, что на ее вход поступает документ, то слева от нее следует создать объект Document и записать его имя. Для указания участника выполнения функции надо создать объект «Должностное лицо» (Position) и указать его имя, например, «Секретарь» (рис.19.9). Это можно сделать выше функции.

ARIS предоставляет пользователю возможность горизонтального и вертикального выравнивания объектов. Для того чтобы выровнять объекты модели по вертикали, необходимо: выделить требуемые объекты для выравнивания. Затем, чтобы установить равный интервал между объектами по вертикали, надо выбрать Arrange => Align => Center Vertically и  и выбрать Arrange => Align => Equal Spacing => Vertical и щелкнуть в произвольном месте поля моделирования, чтобы снять выделение. Для выравнивания по горизонтали надо выделить требуемые объекты и выбрать Arrange => Align => Center Horizontally.


- Кроме того, можно перемещать объекты, выделив объект и удерживая


левую кнопку мыши. Чтобы поместить объект за пределы области моделирования, отражаемой на экране, нужно воспользоваться клавишами управления курсором для движения по модельному пространству 


Связи соединяют объекты в моделях и определяют их отношения друг с другом. Перед построением связей необходимо нажать на панели инструментов кнопку Toggle Connection Mode. Для создания связи нужно подвести указатель мыши к нижней границе начального события. Указатель изменит свою форму для создания связи. Далее следует щелкнуть мышью по объекту и передвинуть указатель к верхней границе требуемой функции и щелкнуть по ней левой кнопкой мыши — объекты соединены.

Подобным образом устанавливаются связи и между другими объектами, например, как показано на **рис.19.6, 19.9**.

Возможные формы указателя мыши при создании связи таковы:

 — показывает возможность создания связи; кроме того, она появляется, когда связь уже создана и выбран объект-источник;

 — система сигнализирует о том, что объект может стать для связи объектом-приемником;

 — показывает, что связь объекта-источника с данным объектом невозможна, например, она появится, если попробовать провести связь между объектом типа должность и событием.

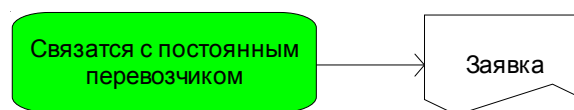


Рис.19.7 - Связь между объектами

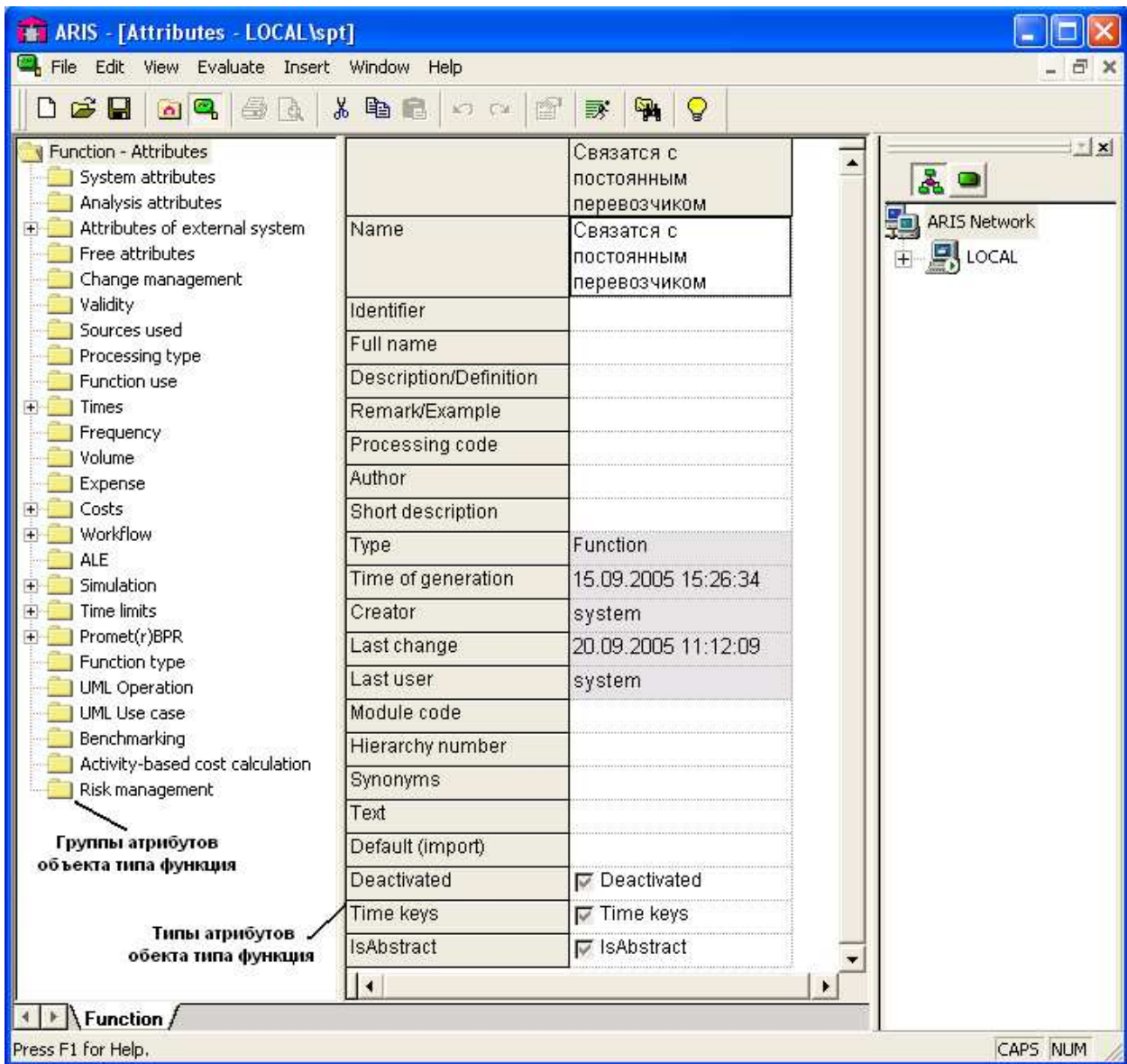


Рис.19.8 - Окно атрибутов объектов модели

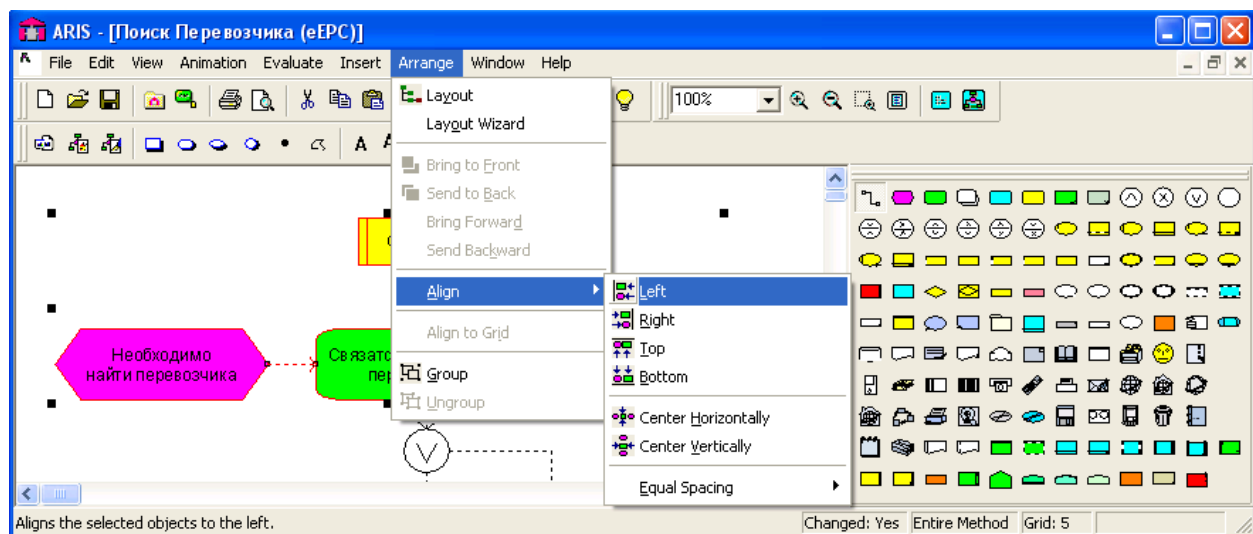


Рис.19.9 - Расположение объектов создаваемой модели

.На **рис.19.10** приведен пример процессной модели, где объекты соединены соответствующими связями.

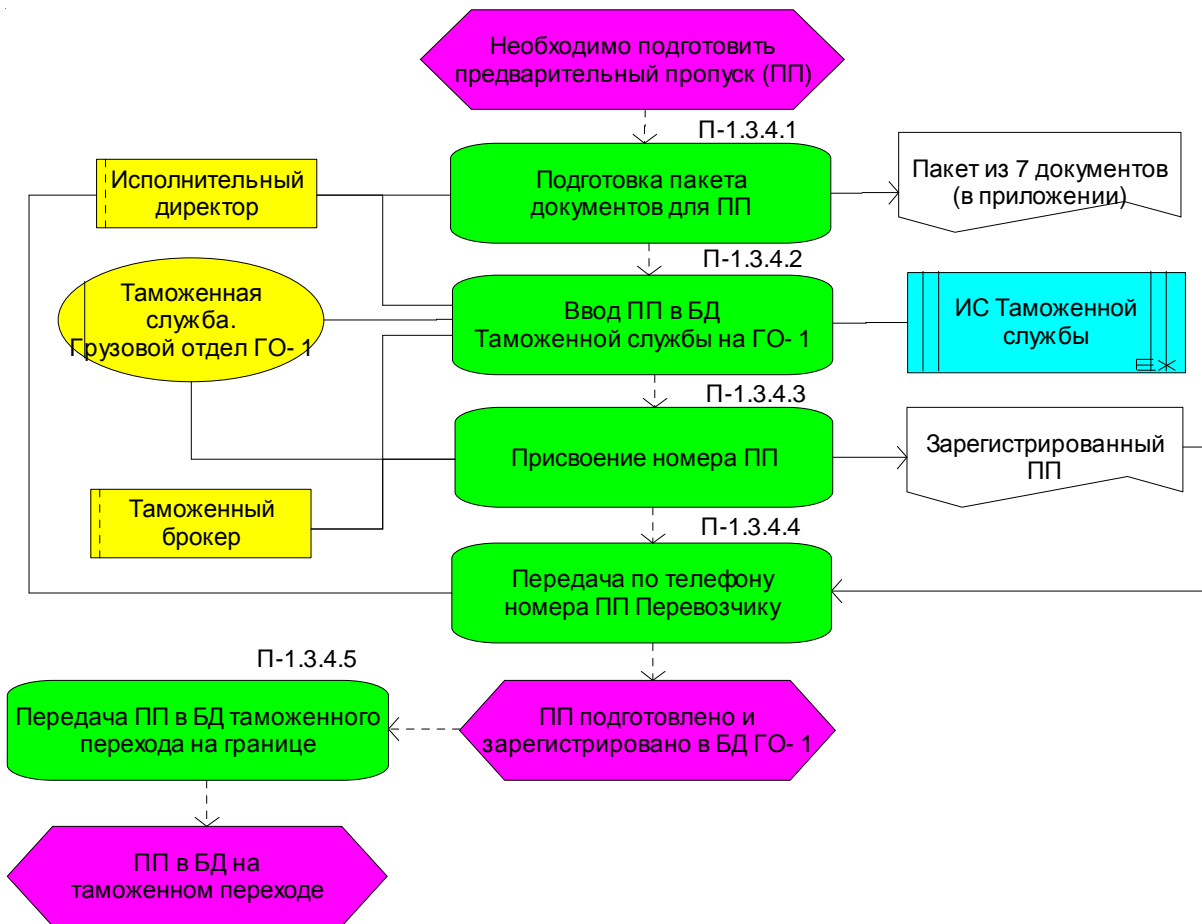


Рис.19.10 - Пример модели процесса в виде диаграммы eEPC

3.8.3. Ввод атрибутов объектов и связей

В модели могут быть отображены значения любых атрибутов объектов и связей. Для этого сначала необходимо выделить данную связь. Далее на этой связи нажать правую кнопку мыши. Из контекстного меню выбрать Properties, а в появившемся окне — вкладку Attribute Placements. В окне предварительного выбора позиции первым будет помещен объект-источник. Далее следует выбрать атрибут Type в окне списка атрибутов Attributes. В поле предварительного выбора позиции (Placement) выбрать позицию, где должно разместиться значение типа связи в модели (**рис.19.11**). Нажать кнопку ОК. После этого в модели отобразится тип связи между объектами, например, как показано на **рис.19.16**.

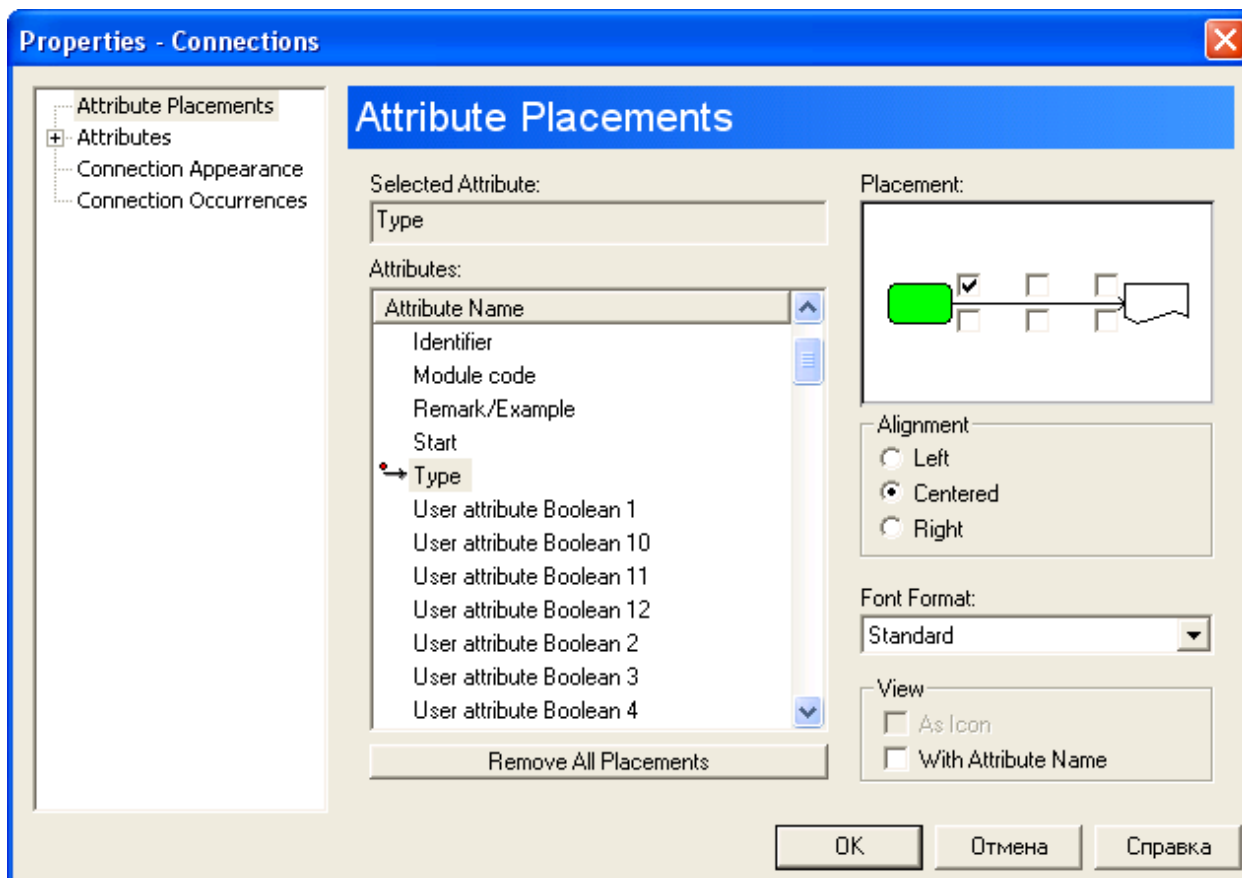


Рис.19.11 - Окно свойств связи между объектами модели

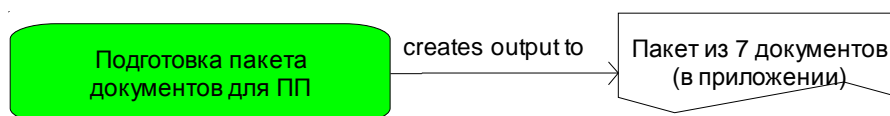


Рис.19.12 - Пример отображения связи на модели

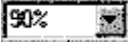

Для сохранения результатов проделанной работы надо нажать на кнопку Save. Модель будет сохранена в используемой базе данных в основной группе.

3.8.4. Печать и формирование отчетов

Для печати модели нужно выбрать File => Print Setup, выполнить необходимые настройки в стандартном диалоговом окне Windows и нажать на ОК.

Для предварительного просмотра модели перед печатью необходимо выбрать

File => Print Preview. В появившемся окне можно установить масштаб вывода и использование цвета:

-  масштаб печати (Print Scale); при его изменении отображение модели на листе бумаги составит указанное число процентов (в нашем примере — 90%) от ее реального размера, но размера модели это не изменит;
-  флажок цветности; модель будет отображаться и распечатываться в цвете. Если распечатка производится не на цветном принтере, то цвета будут отображены как оттенки серого.

Для печати модели необходимо выбрать File => Print.

Отчет дает пользователю возможность вывести содержимое баз данных пользователей, моделей или описание объектов в текстовой форме. Для его формирования сначала нужно щелкнуть правой кнопкой мыши по пустому пространству моделирования. Затем выбрать из контекстного меню позицию Evaluate => Report, а в появившемся окне выбрать Suggested Scripts и из выпадающего списка выбрать скрипт ModelInfo.rsm. При необходимости можно указать предварительный просмотр. При этом в левой части окна появится примерная форма создаваемого отчета. Для продолжения нажать кнопку Далее (Next). В появившемся окне нужно сохранить существующие настройки. Отчет будет сгенерирован в формате RTF на английском языке и сохранен в соответствующем каталоге под именем REPORT1.doc. Для начала генерации отчета нажать кнопку Готово (Finish).

Далее для формирования отчета понадобятся дополнительные настройки, которые будут запрашиваться у пользователя по ходу генерации отчета. В первом появившемся окне нужно выбрать вывод в текстовом формате (Output as Text Format) и нажать ОК, а в следующем окне — вывод информации о группах и объектах, отображение графика в отчете. Также следует определить вывод графика модели в цвете, с масштабом в 90% и нажать ОК. Затем требуется подтвердить настройки размера страницы и нажать ОК. В следующем окне — отметить флажками вывод атрибутов объектов и вывод связей между объектами и нажать ОК. Нажать на кнопку Yes в ответ на

предложение системы просмотреть сгенерированный отчет. Запустится приложение, связанное с файлом заданного формата, где будет открыт сгенерированный файл. Этот файл отчета можно редактировать и с помощью других программ. Если пользователь изменял файл, то его нужно сохранить (File => Save). Для закрытия отчета выбрать File => Close.

Для завершения работы с моделью требуется закрыть окно используемой модели. Вновь откроется окно ARIS Explorer.

Для выхода из ARIS выбрать File => Exit.

Окна, в которых не было проведено изменений, будут закрыты без вывода дополнительного запроса. Перед закрытием окон, содержимое которых изменялось, будет выведен запрос на сохранение информации. Для сохранения изменений нужно нажать на кнопку Yes.

19.2. СИТУАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ

Исходная ситуация. В фирме "ИБМ Кредит Корпорэйшн", входящей в компанию "ИБМ", процесс оформления кредита занимал в среднем 6 дней. Учитывая, что за это время клиент мог найти иной источник финансирования, соблазниться предложениями другого продавца компьютеров, или же вообще отменить сделку, возникла необходимость существенно сократить сроки оформления кредита.

Технология оформления кредита до улучшения была следующей.

1. Сотрудник отдела регистрации принимал по телефону и записывал на бланке запрос торгового агента компании IBM по поводу требуемой финансовой сделки. Другой сотрудник доставлял заполненный бланк запроса в кредитный отдел.

2. Работник кредитного отдела вводил информацию в компьютерную систему и проверял платежеспособность потенциального заемщика. После этого он записывал результаты проверки в бланк запроса и отправлял его в коммерческий отдел.

3. В коммерческом отделе специалист подразделения коммерческих операций составлял с помощью компьютерной систем отдела текст договора, вносил в бланк запроса все особые условия кредитования и передавал его в подразделение калькуляции цен. Здесь его работник вводил данные в свой компьютер и определял величину процентной ставки для клиента, записывал ее на бланке запроса и, вместе с другими бумагами, передавал бланк в канцелярию.

4. В канцелярии делопроизводитель подготавливал письмо торговому агенту и передавал его, пользуясь услугами организации “Federal express”, осуществляющей быструю доставку.

ЗАДАНИЕ

1. Построить модель исходного бизнес-процесса оформления кредита (модель “as is”), **в виде событийной цепочки процесса типа "eEPC"**, показанную на **рис.19.13**.

2. Предложить вариант совершенствования бизнес-процесса.

3. Построить модель усовершенствованного бизнес-процесса (модель “as must be”), пример которой приведен на **рис.19.14**.

4. Сформировать отчет по модели.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

После построения схемы бизнес-процесса в модель необходимо ввести атрибутивную информацию о длительности выполняемых операций по следующей технологии:

1. Установить курсор на операции (функции) в которую нужно ввести атрибутивную информацию и дважды щелкнуть мышью.

2. Выбрать атрибут Times (длительность операции), в нем Orientation time, и, далее - average time.

3. Ввести число и закрыть окно атрибутов модели.

В результате этого будет открыто окно со списком атрибутов модели и полем для ввода значений атрибутов.

Сведения о длительности каждой операции бизнес-процесса оформления кредита приведены в табл.19.1.

Таблица 19.1 – Длительности операций БП

Операция	Время
1. Принять звонок	10 мин
2. Заполнить бланк заявки	10 мин
3. Направить заявку для проверки платежеспособности	1 день
4. Ввести информацию в компьютер	5 мин.
5. Проверить платежеспособность	10 мин.
6. Записать сведения о платежеспособности на бланк заявки	3 мин.
7. Направить заявку для оформления договора	1 день
8. Сформировать текст договора	30 мин.
9. Ввести информацию об особых условиях на бланк заявки	5 мин.
10. Направить информацию для определения ставки кредита	1 день
11. Ввести данные в электронную таблицу	5 мин.
12. Записать размер ставки на бланке заявки	1 мин.
13. Направить документы для отправки торговому агенту	1 день
14. Подготовить письмо торговому агенту	15 мин.
15. Направить документы по почте	2 часа

Технология формирования отчета представлена в табл.19.2.

Таблица 19.2 - Технология создания отчета

Действия пользователя	Результат на экране
В меню выбрать пункт <i>Evaluate</i> подпункт <i>Report</i>	В меню окна диалога создания отчетов пункты <i>Suggested Scripts</i> и <i>Other Scripts</i>
Установить метку на <i>Other Scripts</i> . Из списка выбрать <i>Process Overview</i> и нажать клавишу <i>Открыть</i> . Нажать клавишу <i>Далее</i>	Окно диалога для задания параметров отчета
В пункте выбора типа экспортного файла выбрать <i>Excel Workbook</i> . Выбрать пункты <i>Output times</i> и <i>Output average values</i> .	В программе Excel открыт файл отчета по модели Запрос о выводе отчета на экран

Пример проведенной реорганизации бизнес-процесса оформления кредита показан на **рис.19.14**. Специалисты по проверке платежеспособности, калькуляции цен и другим операциям были заменены работниками широкого профиля. Теперь вместо того, чтобы пересылать запрос из отдела в отдел, один сотрудник - координатор сделки, оформлял его от начала до конца.

В помощь координаторам была создана новая компьютерная система, которая позволяла решать все задачи оформления кредита. Если возникала сложная ситуация, то координатор мог обратиться за помощью к группе специалистов – экспертов без передачи документов из отдела в отдел. Время оформления кредита сократилось до 4 часов.

Модель нового процесса следует построить, исключив из модели бизнес-процесса до реорганизации лишние операции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назвать функции системы АРИС.
2. Что означает слово архитектура ИС в названии системы АРИС?
3. Типы формируемых моделей организации с помощью системы АРИС?
4. Что является результатом анализа бизнес-процессов в системе АРИС?
5. Каковы функции инжиниринга бизнес-процессов?
6. Что такое репозиторий, и что собой представляет система управления знаниями, проектируемая с помощью АРИС?
7. Назвать фазы проектирования и создания ИС, и этапы создания программного обеспечения ИС.
8. За счет чего удалось сократить время оформления кредита?

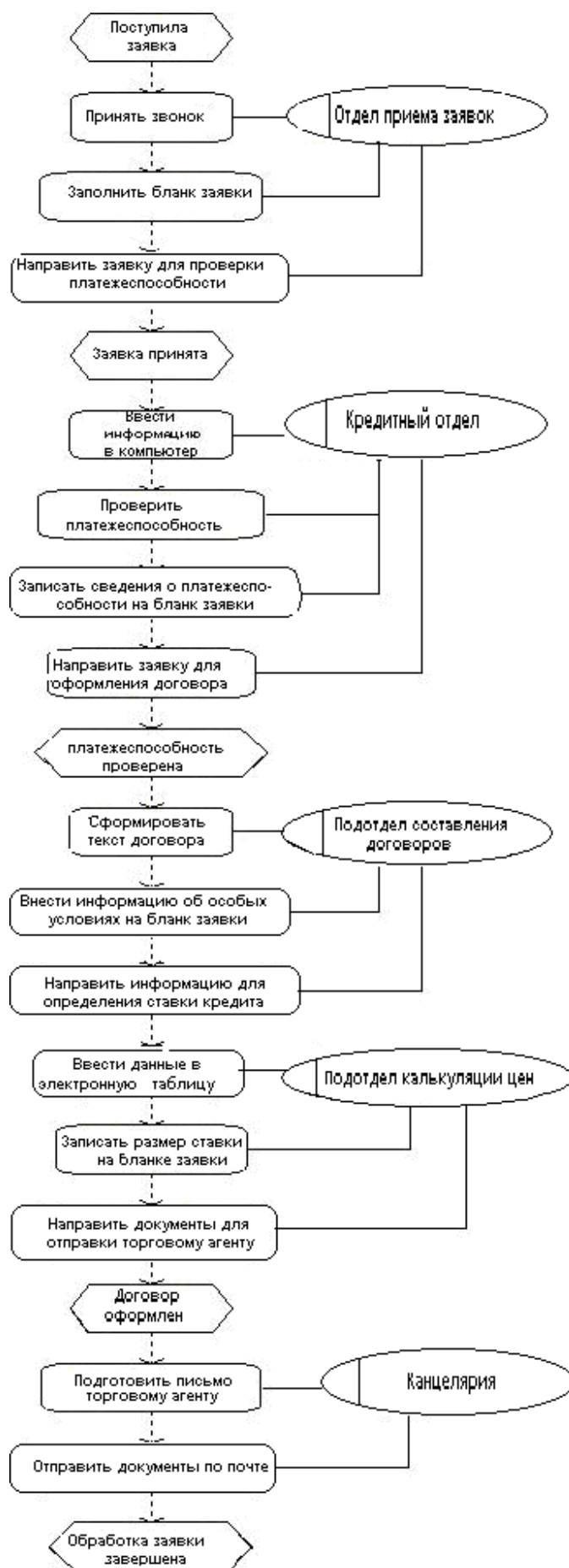


Рис.19.13 - Диаграмма исходного процесса оформления кредита

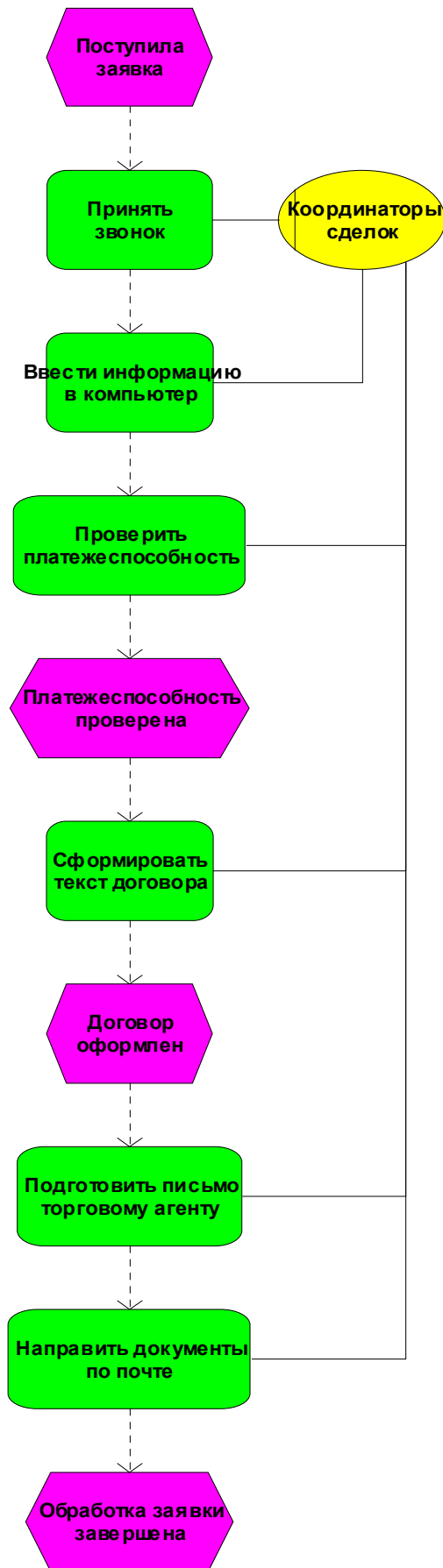


Рис.19.14 - Диаграмма нового процесса оформления кредита

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Кроме основной части, учебная работа должна включать в себя **титульный лист, аннотацию, структуру содержания, введение и заключение.**

На **титульном листе** в верхней части указываются названия министерства и академии. В центре листа пишется наименование дисциплины и учебной работы. Ниже, в правой части указываются сведения о студенте, в том числе номер его зачетной книжки. В самом низу листа указывается через тире город и год выполнения работы.

В **аннотации** на 1-й строке указывается количество страниц, таблиц, рисунков, и литературных источников. Во 2-й и 3-й строках необходимо привести основные ключевые слова, выражающие содержание работы. После этого в строках 4-15 кратко (несколько фраз) описываются результаты проделанной студентом работы. Фразы должны начинаться, например, такими словами: «Выполнен прогноз...», «Определены параметры...», «Сделаны выводы...» и т.п.

Структура **содержания** работы с указанием номеров начальных страниц текста по выделенным пунктам должна быть следующей:

Содержание	Стр.
Введение	4
1.Решение задач по системам автоматического регулирования	5
1.1.Прогнозирование динамики процесса. Выводы	5
1.2.Программирование параметров системы регулирования. Выводы	...
Ответы на контрольные вопросы по теории управления	
2. Решение задач по системам регулирования национального продукта	
2.1.Прогнозирование роста национального продукта. Выводы	
2.2.Программирование роста национального продукта. Выводы	
3. Решение задач по системам регулирования цен товаров	
3.1.Прогнозирование изменения цен товаров. Выводы	
3.2.Прораммирование изменения цен товаров. Выводы	

Заключение.

Литература

Введение должно в общих чертах раскрыть воображаемому читателю работы суть рассматриваемых проблем. Студенту следует кратко ответить на такие вопросы: Чем вызвана необходимость автоматического регулирования и прогнозирования его динамики, какая теория и методы применены для решения поставленных задач, в чем состоит сущность ситуационного и программного управления и т.д.

В **заключении** подводятся итоги проделанной работы. Необходимо указать, в чем состоит преимущество и ограниченность применяемой теории и методов, и какие проблемы надо решать в реальных условиях.

Работа представляется в тетради или в виде скрепленных листов. Должны быть проставлены номера страниц (!) и указаны в перечне содержания работы.

Литература

1. Болтянский В.Г. *Математические методы оптимального управления*. – М.: Наука, 1966. – 307 с.
2. Кейнс Д. М. *Избранные произведения*. – М., 1993.
3. Ланге О. *Введение в экономическую кибернетику* / Пер. с пол. – М.: Энергия, 1970. Прогресс, 1968. – 207с.
4. Лернер А.Я., Розенман Е.А. *Оптимальное управление*. – М.: Энергия, 1970. Прогресс, 1968. – 207с.
5. Мостовая Е. Б. *Основы экономической теории: Курс лекций*. – М.: ИНФРА
6. Самуэльсон П.А., Нордхаус В.Д. *Экономика*/ Пер. с англ. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000. – 800 с.
7. *Справочник по теории автоматического управления*: Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
8. Фельдбаум А.А. *Основы теории оптимальных автоматизированных систем*. – М.: Физматгиз, 1963. – 552 с.– 360 с.
9. R.F.Kahn. *Relation of Home Investment to Unemployment*. “The Economic Journal”, 1931.
10. J. M. Clark. *Economics of Planning Public Works*. Washington, 1935. М, 1997. – 496 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИИ СИСТЕМ

Учебное пособие

Том 2

Автор: Владимир Александрович Лелюк

Ответственный за выпуск: А. И. Кузнецов

Редактор: Н. З. Алябьев

План 2008, поз. 21 Н

Подп. к печати 10.07.2008	Формат 60×84 1/16	Бумага офисная
Печать на ризографе	Усл.– печ.л. 3,5	Уч.– изд. л. 4,0
Зак. №	Тираж 300 экз.	

Харьковская национальная академия городского хозяйства,
61002, Харьков, ул. Революции, 12

Сектор оперативной полиграфии ИВЦ ХНАГХ
ХНАГХ, 61002, Харьков, ул. Революции, 12

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИИ СИСТЕМ

Лелюк Владимир Александрович - доцент кафедры менеджмента и маркетинга в ГХ и кафедры информационных систем и технологий Харьковской национальной академии городского хозяйства (ХНАГХ).

Окончив Харьковский политехнический институт, работал в Институте проблем машиностроения НАН Украины, где занимался моделированием и автоматизацией расчета параметров тепловых схем электростанций (1962-1967). В Лаборатории промышленной кибернетики Украинского заочного политехнического института разрабатывал автоматизированные системы управления для Комсомольского рудоуправления, Изюмского приборостроительного завода, Западно-Сибирского металлургического завода и других предприятий (1968-1973).

Ученая степень кандидата технических наук по специальности «Техническая кибернетика и теория информации» присуждена Московским инженерно-физическим институтом в 1973 г.

В должности заведующего Харьковским отделом НИИ автоматизированных систем в строительстве Госстроя Украины (г. Киев) разрабатывал и внедрял автоматизированные системы управления домостроительными комби-натами г.г. Харькова, Набережных Челнов и Тольятти. В соавторстве с выдающимся российским системным аналитиком С.П. Никаноровым разработал руко-водство по проектированию информационного обеспечения автоматизированных систем управления в строительной отрасли в целом. (1974-1978).

В ХНАГХ начал работать с 1978 года доцентом кафедры организации управления строительством. Одновременно руководил научно-исследовательскими работами по заказам институтов Госстроя СССР г.г. Москвы и Минска, а также домостроительных комбинатов г. Харькова и Симферополя. По заданию Госстроя СССР разрабатывал инструментальную систему для проектирования специализированных автоматизированных систем строительной отрасли с использованием методов искусственного интеллекта.

Автор 70 научных работ в области теории и методологии создания и развития организационных систем с применением компьютеров, в том числе монографии «Концептуальное проектирование систем с базами знаний» (1990г.) и ряда учебных пособий.

Занимается консалтинговой деятельностью по анализу и совершенствованию бизнес-процессов с использованием инструментальных компьютерных систем. Научные интересы связаны с развитием теории и методологии концептуального анализа и проектирования организационных систем на базе метаматематического моделирования.