

До питання про використання стереографії при дистанційному навчанні студентів інженерних спеціальностей

Інженерна освіта, на відміну від гуманітарної, має специфіку, пов'язану з необхідністю формування у студентів практичних умінь і навичок професійної роботи. Тут потрібне проведення практичних занять на верстатах, стендах, в лабораторіях і так далі. Використання сучасних технологій комп'ютерного проектування віртуальної реальності дає можливість створювати моделі, що з великою точністю імітують роботу дорогого стендового устаткування і реальних виробництв. Завдяки цьому практичні, зокрема в дистанційній освіті роботи на натурних зразках певною мірою можуть замінюватися імітаційними віртуальними моделями, що візуалізуються на моніторі комп'ютера.

Імітаційне моделювання доцільне для демонстрації або модельної ілюстрації явищ, що вивчаються, в їх розвитку, складних матеріальних процесів, спостереження за якими в реальних умовах неможливе, а також для створення моделей явища, що вивчається, які вимагають активної роботи самого студента. Комп'ютерні віртуальні моделі в порівнянні з традиційними більш наочні, їх використання дозволяє вивчати явища, безпосереднє сприйняття яких ускладнене, і за обмежений час дають можливість познайомити студентів з ходом тривалих фізичних і абстрактних процесів. В цілях навчання можуть створюватися комп'ютерні моделі, на основі аналізу яких необхідно виконати відповідні розрахунки або ухвалити обґрунтоване рішення з використанням знань, отриманих при вивченні даного об'єкту. Крім того, для навчання створюються тренажери, що мають більш вузьку галузь застосування і не призначені для таких широких цілей, як лабораторні роботи, але забезпечують можливість отримання загального уявлення про виконувану роботу і тренінг, в об'ємі, достатньому для формування певних навичок.

Загальна вимога для всіх випадків застосування імітаційних моделей полягає в тому, що модель повинна бути адекватна явищу, що вивчається, і бути наочною. Що стосується інтерфейсу лабораторного практикуму, то він може бути поданий у вигляді комп'ютерної моделі, зображення якої максимально фотореалістичне, а сама модель має відповідні елементи управління (наприклад, за допомогою кнопок – рисунок 1).

Через високу вартість апаратно-програмного забезпечення в учбовому моделюванні найбільшого поширення набули моделі, що сприймаються через органи зорового і слухового сприйняття, а решта органів чуття, як правило, залишається незадіяними. Як наслідок отримати абсолютно вірогідну імітацію роботи на віртуальній моделі не вдається, разом з тим в більшості випадків повністю відмовитися від проведення реальних лабораторних робіт неможливо. Очевидно, що у міру наближення реалістичності віртуальних моделей до натурних зразків їх застосування в учбовому процесі при вивченні дисциплін інженерного профілю буде все більш виправданим.

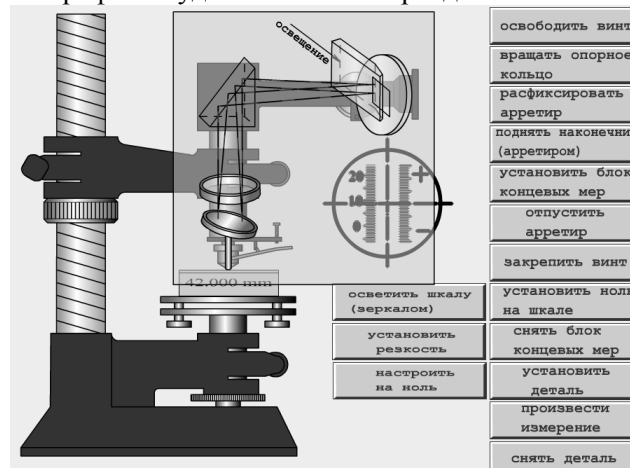


Рис. 1

При побудові електронних моделей слід враховувати, що простір, який нас оточує, є тривимірним і завдяки бінокулярному зору людина може бачити предмети, відчуваючи їх об'ємність. Тому будь-яке зображення тривимірних моделей на площині монітора в тому або іншому ступені буде помилковим і спотворить уявлення про модельовані об'єкти. Коли людина дивиться на навколишній світ, два незалежні зображення, що сприймаються очима під різними кутами, аналізуються мозком і таким чином відбувається формування думки про дистанцію і глибину. Саме цю ілюзію об'ємного уявлення навколишнього світу значною мірою відтворює стереофотографія. Перегляд стереозображень можливий за допомогою технічних пристроїв, відомості про які наведені в таблиці 1 (у таблиці описуються тільки ті пристрої, застосування яких доступно для більшості вузів України)

Тип	Принцип дії	Характеристика
Анаглифічні стереоокуляри	<p>Для розділення зображень, що входять в стереопару, використовуються світлофільтри з додатковими кольорами, які при множенні дають чорний колір, а при складанні – білий. Наприклад, червоний і додатковий синій або малиновий і зелений і тому подібне</p> <p>Дібравши кольори і світлофільтри, можна створювати об'ємні зображення, розфарбовувавши зображення для одного ока в основний колір, а для іншого – в додатковий. Потім ці зображення накладаються з деяким зсувом одне на одне і виводяться на екран. Для спостереження стереоефекту дивитися на таке зображення слід через світлофільтри – основного кольору для одного ока і додаткового - для іншого.</p>	<p>Спосіб відрізняється відносною простотою реалізації і невисокою вартістю світлофільтрів, що робить їх доступними для масового застосування.</p> <p>Достоїнством є і те, що окрім перегляду стереозображень на екрані монітора окуляри з кольоровими світлофільтрами можна також використовувати для перегляду стереозображень, надрукованих на папері і поміщених в учбові видання, виконані традиційним друкарським методом.</p>
Рідиннокристалічні стереоокуляри	<p>Для створення об'ємного зображення використовуються рідиннокристалічні стереоокуляри – обтюратори, спеціальний затвор в яких робить прозорим, поперемінно, то ліве, то праве скло. Синхронно роботі затвора на екрані монітора змінюється зображення для лівого і правого очей. Частота зміни зображень в цих пристроях вибирається такою, щоб зміна кадрів була непомітною, а праве і ліве око бачили б відповідні зображення.</p>	<p>Це найбільш складний технічно, але і найбільш ефективний спосіб розділення зображень, що відрізняється високою якістю перенесення кольорів. Проте він не знаходить належного розповсюдження у вищих учбових закладах у зв'язку з високою вартістю, оскільки крім власне рідиннокристалічних окулярів, які самі по собі досить дорогі, вимагається також використання спеціальної тривимірної відеокарти.</p>
Окуляри і шоломи віртуальної реальності	<p>Для створення стереоефекту зображення стереопари виводяться на екрани, розташовані напроти кожного ока, причому так, щоб око бачило саме ту частину стереопари, яка призначається тільки для нього. Конструктивно екрани вмонтовані в окуляри, які можуть використовуватися або окремо, або спільно з шоломом. При цьому для додання більшої реальності шолом зазвичай оснащується датчиком положення голови, завдяки чому поворот голови приводить до відповідної зміни зображення на екранах, що підсилює вірогідність сприйняття віртуальної реальності.</p>	<p>Пристрої віртуальної реальності досить дорогі і тому знаходять обмежене застосування в учбовому процесі вищої школи. Крім вартості широке використання пристроїв віртуальної реальності стримується рядом конструктивних недоліків, які особливо помітні в пристроях середнього і нижнього цінового діапазону (відносно низькі роздільні характеристики екранів, не відстежуються рухи зіниць очей і ін.)</p>
«Паралаксні» стереоокуляри	<p>Передбачається використання монокулярних стереоокулярів з одним щільним світлофільтром. Стереоефект виявляється завдяки тому, що виникає тимчасова затримка сприйняття зображення одним оком по відношенню до іншого. Само зображення є рухомим і при цьому два сусідні кадри представляють стереопару, яка, завдяки виникаючому паралаксу, сприймається як єдина стереокартинка.</p>	<p>Метод займає проміжне положення – він доступніший, ніж перегляд стереозображень з використанням рідиннокристалічних окулярів або пристроїв віртуальної реальності, і при цьому забезпечує перенесення кольорів, близьке за якістю з анаглифічними окулярами.</p>

Растрові монітори	<p>Стереорастр є пластиною з набором тонких циліндрових лінз, одна поверхня яких пласка, а інша є періодичною структурою, що складається з дуг кіл. У основі стерео-ефекту растру лежить заломлення світлових пучків відхилення їх під різними кутами таким чином, що частина стереозображення, розташована в правому напівперіоді растру відхиляється вліво і потрапляє в ліве око людини, а аналогічна частина зображення з лівого напівперіоду растру потрапляє до правого ока. Стереоефект може бути посилений за рахунок використання зображень багаторакурсів, коли замість однієї стереопари використовується набір стереопар, отриманих з різних точок зору і послідовно перехідних один в одного ланцюжком. Створивши з них стереозображення, можна значно збільшити кут обхвату зображення.</p> <p>Використання растрового монітора дозволяє переглядати стереографічне зображення без застосування яких-небудь додаткових окулярів або інших пристроїв.</p>	<p>Монітори з вбудованими растровими пластинами є спеціальними пристроями, оскільки можуть використовуватися тільки для демонстрації стереозображень. Вони відносяться до середнього цінового діапазону і доступні тільки для обмеженого застосування.</p> <p>Для вузів краще використовувати стандартні рідиннокристалічні монітори з накладними растровими пластинами, вартість яких не така висока. Крім того, виконавши разове юстирування растрової пластини, можна демонструвати стереозображення протягом всього часу, поки пластина закріплена на екрані монітора. При необхідності растрову пластину можна зняти, а потім перед демонстрацією стереозображень встановити знову, ще раз виконавши юстирування.</p> <p>Недоліком растрових моніторів є невеликий, до 30°, кут обхвату зображення в горизонтальній площині і ще менший кут обхвату у вертикальній площині (до $5-10^{\circ}$). Крім того, всередині області перегляду є зони, де стереоефект може не спостерігатися.</p>
Паралаксні монітори	<p>Системами паралаксного освітлення оснащуються рідиннокристалічними моніторами з роздільними характеристиками від 1024×768 пікселів і вище. При цьому стереозображення формується так, щоб та його частина, яка призначена для правого ока, розташовувалася в парних колонках пікселів, а для лівого ока – в непарних. Під рідиннокристалічним екраном такого монітора розташовується система паралаксного освітлення, яка виконана у вигляді тонких вертикальних ліній високої яскравості. Завдяки тому, що лінії освітлення розташовуються на певній відстані за рідиннокристалічною матрицею і зорієнтовані строго вздовж колонок пікселів, вони підсвічують зображення таким чином, що праве око бачить ці лінії через парні колонки матриці, а ліве – через непарні. В результаті кожне око бачить свою половину стереопари, що і створює стереоефект.</p>	<p>Вибір рідиннокристалічного монітора з вбудованою системою паралаксного освітлення є одним з найбільш вдалих рішень для роботи з електронними стереографічними зображеннями. Завдяки відносній простоті конструкції вартість монітора з паралаксним освітленням всього на 25-40% вища за стандартний монітор. Особливості конструкції дозволяють проглядати стереографіку з високим роздільнням і хорошим перенесенням кольорів, а при необхідності монітор може бути переведений в режим звичайної графіки простим натисненням на клавішу перемикача, що вимикає паралаксне освітлення.</p>

Метою даної роботи є дослідження можливості ефективного застосування в лабораторному практикумі студентів технічних спеціальностей стереографічних моделей замість традиційних і створення методики прогнозування якості створюваного стереоефекту.

У таблиці 2 наведені порівняльні оцінки якості окремих етапів учбових занять, здійснюваних при підготовці до виконання і виконанні лабораторних робіт, методичні вказівки до яких поданні в електронному вигляді і ілюстровані графікою у вигляді пласкопроеційних зображень (2D), тривимірних моделей (3D) і з використанням стереографії (3Ds). Діаграми на рисунках 2 і 3 демонструють зміну пізнавального інтересу і ефективності заняття в тих же умовах в двотижневій проміжки часу на початку учбового семестру, всередині і після його завершення.

Таблиця 2

	2D		3D		3Ds	
	бал	%	бал	%	бал	%
Побудова алгоритму	68	100	78	114	81	119
Моделювання	64	100	75	117	79	123
Виконання	51	100	62	121	69	135
Якість умінь	61	100	72	118	76	124

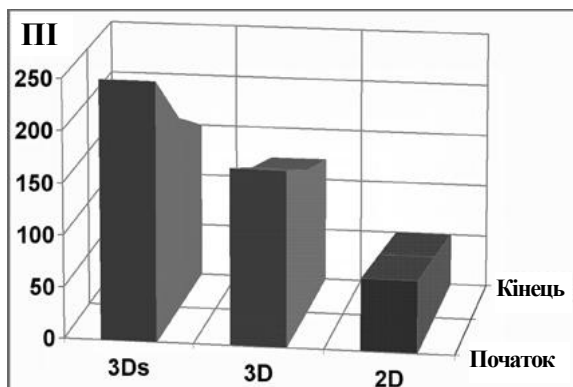


Рис. 2

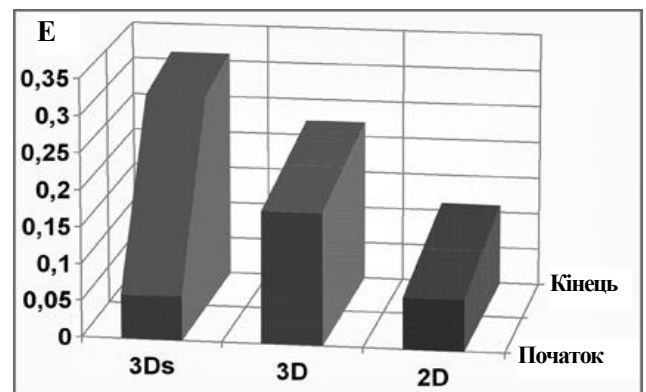


Рис. 3

Як пояснення до таблиці і діаграм відзначимо, що для отримання кількісних характеристик якості учбової роботи на етапах побудови алгоритму, моделювання і виконання завдань лабораторного практикуму запрошувалися експерти-викладачі, які оцінювали роботу студентів за стобальною шкалою оцінювання, результати усереднювалися і потім визначалися процентні відношення. Якість умінь оцінювалася за наслідками тестування, а пізнавальний інтерес – за наслідками анкетування на основі самооцінки студентів. Ефективність учбових занять із застосуванням електронних методичних матеріалів розраховувалася за відомою формулою розрахунку тимчасової ефективності учбових робіт [1,26]

$$E = \frac{V}{T}$$

де E – тимчасова ефективність заняття, екран/хв;

V – обсяг учбового матеріалу, екранів;

T – учбовий час, витрачений на засвоєння учбового матеріалу, хв.

Наведені дані підтверджують доцільність використання стереографічних моделей при розробці електронних навчально-методичних матеріалів. При цьому слід зазначити, що спостережуване різке підвищення пізнавального інтересу на початку семестру супроводжується зниженням ефективності в результаті витрат учбового часу, що збільшується. У міру навчання студенти звикають до спочатку незвичайних для них учбових матеріалів і вже не витрачають так багато часу на спостереження за створюваним ефектом об'ємності. За наявності підвищеного пізнавального інтересу, більшої наочності і інформативності стереозображень навчання стає все більш ефективним. Тому вже до середини семестру ефективність матеріалів із стереоілюстраціями стає вищою, ніж у аналогічних, але з 3D або 2D ілюстраціями. Слід так само відзначити, що надмірне насичення навчально-методичних матеріалів стереографічними, як і будь-якими іншими, ілюстраціями знижує ефективність заняття.

У таблиці 3 перераховані деякі параметри, що істотно впливають на створюваний стереоефект. Цими параметрами можна управляти, вимірюючи і змінюючи їх значення при фотографуванні або створенні об'ємних моделей на комп'ютері. У той же час врахувати вплив цих і ряд інших параметрів на якість стереоефекту за допомогою розрахунку не можливо, оскільки їх дія виявляється в комплексній взаємодії і неоднозначно. Багато в чому робота стосовно формування зображень стереопари, яка забезпечувала б хороший стереоефект, є творчою [2] і тому формалізувати її можна лише до певних меж. Тому при прогнозуванні якості стереоефекту замість розрахункових алгоритмів слід використовувати методики, засновані на інтелектуальному опрацюванні даних, що замість встановлення строгих математичних залежностей дозволило б іншим чином зв'язати між собою вхідні і вихідні параметри стереографії.

Таблиця 3 – Параметри стереозйомки

Позначення	Найменування
У	База
α	Кут повороту об'єктиву
$R1, \beta_1, \theta_1$	Координати об'єкту на передньому плані
$R2, \beta_2, \theta_2$	Координати об'єкту на задньому плані
$H1, L1$	Висота і довжина об'єкту на передньому плані
$H2, L2$	Висота і довжина об'єкту на задньому плані

Для встановлення такого зв'язку при створенні стереоілюстрацій на основі комп'ютерного моделювання тривимірних моделей в середовищі графічного пакету 3DStudioMax може бути рекомендоване застосування штучних нейронних мереж. Клас завдань на прогноз відноситься до всіх типів штучних нейронних мереж, проте частіше в цих цілях використовуються мережі з шаруватою структурою.

Як відомо [3,12], під штучною нейронною мережею розуміється пристрій для опрацювання даних, що складається з набору паралельно працюючих простих процесорних елементів – нейронів, зв'язаних між собою лініями передавання даних – синапсами.

У нейронній мережі з шаруватою структурою (рис. 4) нейрони розташовані в кількох окремо розташованих шарах. При цьому до нейронів n_{11} , і першого шару надходять дані про нормовані (приведені до однієї розмірності і рівня) параметри стереозйомки P_i і після перетворення передаються до нейронів n_{21} , і другого шару, там у свою чергу утворюються дані, що поступають до нейронів подальших шарів. Процес продовжується до тих пір, поки від нейронів останнього шару не буде отримано вихідний сигнал P_k з даними про прогнозовану якість стереоефекту.

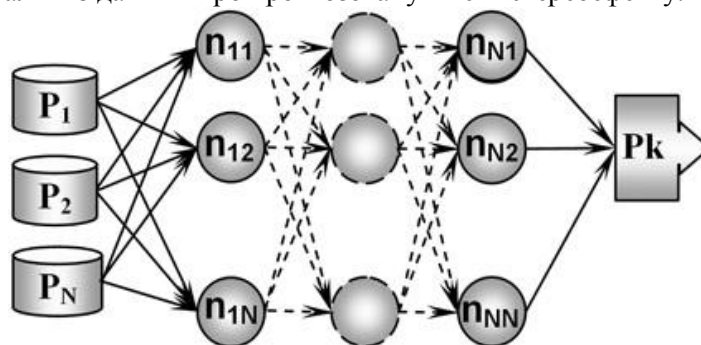


Рис. 4

Основні перетворення в нейронній мережі здійснюються в нейронах, які в загальному випадку складаються з адаптивного суматора, що обчислює зважену суму сигналів, що надходять до нейрону, і нелінійний перетворювач [3, 96]. Для завдань прогнозування якості стереоефекту добрі результати дають сигмоїдальні нелінійні перетворювачі типу

$$f(A) = \frac{A}{C + |A|},$$

де A - вихід суматора нейрона

C - параметр крутизни сигмоїди.

Методом вирішення завдань із застосуванням штучних нейронних мереж є їх «навчання», в процесі якого визначаються вагові коефіцієнти синапсів, через які враховується істотність перетворень даних даним нейроном і його значущість в прогнозі параметра якості стереоефекту. При цьому для знаходження вагів синапсів краще використовувати градієнтні методи оптимізації з обчисленням градієнта функції оцінки в нейронній мережі, для якої вхідні і вихідні сигнали помінялися місцями (принцип подвійності).

Прикладом складання прогнозу якості стереоефекту може бути побудова, «навчання» і прогнозування, виконані на штучній нейронній мережі з трьома шарами: першому – вхідному, другому – прихованому і третьому – вихідному. Заздалегідь в кожен шар поміщається по десять нейронів, зв'язаних один з одним синапсами за принципом «кожен з кожним».

Для збирання даних про вхідні і вихідні параметри стереографічних зображень використовується тривимірна сцена, створена в середовищі пакету 3DStudioMax (рис. 5). Процедура підготовки даних полягає в тому, що змінюються положення і параметри камери і моделей паралелепіпедів, що входять до сцени (табл. 4). При кожній зміні сцени експертним методом оцінюється якість стереоефекту, і оскільки експертні оцінки суб'єктивні, то оцінювання виконується кілька разів, а результати усереднюються. При цьому з безлічі параметрів, що впливають на стереоефект, вибираються ті, якими можна управляти, а межі варіювання встановлюються так, щоб охопити весь діапазон можливих значень параметрів. Для скорочення об'ємів моделювання зміна чисельних значень параметрів виконується відповідно до плану дробового факторного експерименту [3].

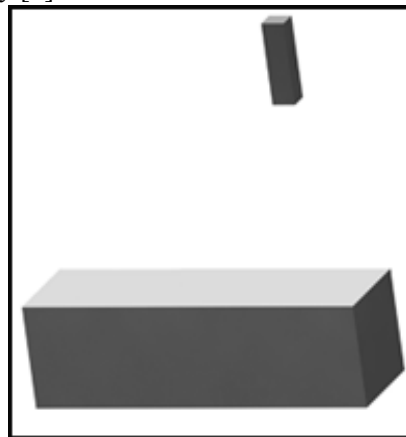


Рис. 5

Таблиця 4

Чинник	Найменування
X1	База
X2	Кут повороту об'єктиву
X3, X4, X5	Координати X, Y, Z моделі на передньому плані щодо центру повороту камери
X6, X7, X8	Координати X, Y, Z моделі на передньому плані щодо центру моделі на другому плані
X9	Відношення висот деталей на передньому і задньому планах
X10	Відношення довжин деталей на передньому і задньому планах

Чисельні значення чинників X1.X10 і оцінки експертів нормуються, для чого виконується їх перерахунок відповідно до формули [4,216]

$$X_i' = \frac{X_i - \left(\max X_i + \min X_i \right) / 2}{\left(\max X_i - \min X_i \right) / 2},$$

де $\max X_i$ і $\min X_i$ – відповідно максимальне і мінімальне значення чинників, обчислених за всією навчальною вибіркою, приймаються як вхідні і вихідний сигнал нейронної мережі, що «навчається».

На рисунку показана нейронна мережа, отримана в результаті «навчання» і подальшого спрощення. Структура мережі: вхідних сигналів – 9 (чинник X2 – кут повороту об'єктиву незначущий), шарів – 3, нейронів – 18, синапсів 144.

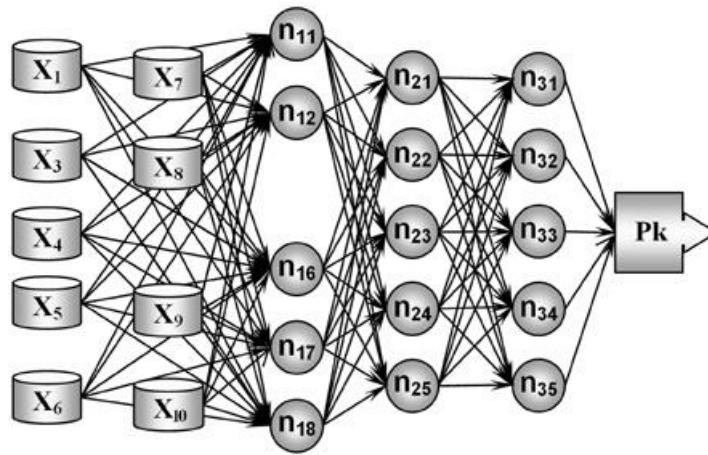


Рис. 6

Як показав досвід, розроблені за вищеописаною технологією електронні стереографічні моделі створюються оперативно і високоефективні в учбовому процесі. Застосування стереографії дає можливість з більшим ступенем правдоподібності формувати віртуальні моделі об'єктів, що вивчаються. Як наслідок у студента виробляється правильніше і повніше уявлення про предмети реального світу, зростає інтерес до предмету, що вивчається, швидше засвоюється учбовий матеріал. Подальша робота в частині вдосконалення стереографічних моделей повинна сприяти підвищенню якості навчально-методичних матеріалів, що створюються за описаною методикою, і, кінець кінцем, дозволить повніше враховувати специфіку дистанційного навчання студентів інженерних спеціальностей, пов'язану з необхідністю віддаленої роботи з фізичними об'єктами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смирнов С.К. Система оценок качества дистанционных курсов – М: ВНКП, 1998 – 38 с.
2. Ясулайн В. Стереофотография.. – М.: Мир, 1975 – 270 с.
3. Злобин С.С. Нейронные сети. – СПб.: Прометей, 2002 – 229с.
4. Хартман К., Лечкий Э, Шефер В. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов – М.:Мир, 1977 – 552 с.