

История создания проекционных изображений на примере начертательной геометрии как науки о проецировании

Наталья Александровна Пашкевич

Уральский государственный университет путей сообщения

Нижний Тагил, Россия

natalia.pashckewitch@yandex.ru

 0000-0000-0000-0000

Лариса Валентиновна Туркина

Уральский государственный университет путей сообщения

Нижний Тагил, Россия

lturkina@usurt.ru

 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 16.09.2023

Принята 16.10.2023

Опубликована 30.11.2023

 10.25726/x7380-8714-5528-d

Аннотация

Человек, обладающий самосознанием, испытывает потребность выразить свои мысли и чувства каким-либо образом. Ранее всего как результат потребности в самовыражении появились наскальные рисунки, содержащие сцены из жизни людей. По мере развития цивилизации изображения стали носить технический характер и содержать проекты: то есть изображения того, что человек хотел создать: дом, храм, механизм, мост, и так далее. Изменились требования к этим изображениям, точнее, появились правила, позволяющие унифицировать изображения для того, чтобы разные люди поняли это изображение одинаково. Правил проецирования на ортогональные проекции были разработаны в рамках создания дисциплины «Начертательная геометрия» французским ученым, инженером Гаспаром Монжем. Эта дисциплина, закладывающая основы построения ортогонального чертежа, остается актуальной по настоящее время. Изменения в технологии выполнения чертежа, связанные с внедрением компьютерных технологий, изменивших качество преподавания начертательной геометрии, но оставили суть дисциплины неизменным. Изучение ортогонального проецирования, правил построения эпюра необходимо для специалистов технического профиля. Появление в инженерной деятельности систем автоматизированного проектирования не отменяет знание правил оформления чертежа, развитого пространственного воображения и графического мышления позволяющего преобразовать виды предмета, детали или строения, изображенные на минимум двух плоскостях проекций в виртуальный образ этого предмета, детали или строения, позволяющий разработать технологию ее (их) изготовления.

Ключевые слова

графические изображения, планы строений, ортогональное проецирование, чертеж, начертательная геометрия, эпюр, системы автоматизированного проектирования, моделирование.

Введение

С древнейших времен люди изображали окружающий мир на стенах скалах и других плоских объектах. Эти изображения носили утилитарный характер и содержали сцены из жизни людей того времени. Первые наскальные изображения были выбиты 65 тысяч лет назад и найдены на территории Испании. Это, возможно, были изображения, украшающие жилища или изображения тотемного направления, призывающие удачу.

Дальнейшая история развития изображений определяется в различных направлениях:

- изображения, которые являются предметом искусств;
- изображения, описывающие устройство земной поверхности (карты);
- изображения, имеющие практическое применение при создании различных изделий, необходимых человечеству для благоустройства быта и улучшения условий жизни.

Те и другие изображения имеют научную основу. В них используются различные методы проецирования пространственных объектов, предметов и живых существ на плоскость.

Те и другие изображения совершенствовались, развивались методы их построений, снижалась трудоемкость их выполнения, уточнялись законы их создания.

От каменных стен в качестве основы изображения до карты на руне, до изображений на листе бумаги и создание электронных компьютерных изображений – прогресс очевиден.

Цель исследования:

В данном исследовании авторы рассматривают историю развития утилитарных технических изображений, применяемых в строительстве и производстве технических изделий.

Материал и методы исследования

Изображения как источники выполнения строительных работ появились в древнем Египте, где активно развивалось градостроительство. Сохранились виды древних городов, планами их строений. Это плоские изображений объемных строений, выполненные для благоустройства улицы в Ахетатоне (Телльэль Амарна) – столице мятежного фараона Аменхотепа IV (Портнова, 2018).

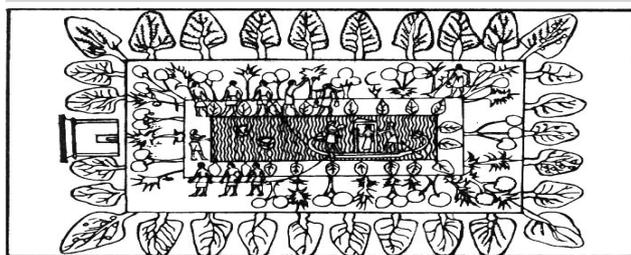


Рисунок 1. Пример изображения плана благоустройства улицы в древнем Египте.

Из плана, понятно, что по обеим сторонам улицы были устроены аллеи, заполненные плодородной почвой для посадки деревьев.

Расцвет строительного искусства был в древней Греции, где были построены монументальные строительные сооружения – храмы, которые не возможно было выполнить без предварительной планировки и графического проектирования. До 1979 года считалось, что чертежи утеряны. В октябре 1979 года немецкий ученый Лотар Хасельбергер обнаружил множество тонких линий, процарапанных на некоторых стенах храма Аполлона в городе Дидимы (Хасельбергер, 1986). В дальнейшем было установлено, что обнаруженные линии есть не что иное, как чертежи различных строительных элементов храма. Выгравированные на стенах чертежи занимают площадь свыше 200 м² и представляют собой наиболее подробный и полный из известных нам «комплектов» древних строительных чертежей. Интересен способ выполнения чертежей: путем нанесения резцом линий: прямых параллельных, окружностей. В статье подробно описан прием изображения профиля тора: построение «правильного» тора производилось с помощью простых геометрических правил и соотношений. Кривую, соответствующую закругленному внешнему краю профиля тора, можно было легко построить, вписав меньшую окружность в большую так, чтоб и точка их касания, и их центры лежали на основной горизонтальной оси. Если провести одну четвертую часть малой окружности вверх от точки их касания и одну четвертую часть большой окружности вниз от точки касания, то получится кривая, соответствующая форме профиля тора. Кривая линия была подправлена на глаз строителем. Таким образом, в статье говорится, что вначале выполнялись геометрически точные построения,

которые потом правились исходя из эстетических предпочтений автора, и уже по этим чертежам выполнялись строительные работы.

Древнегреческий ученый Архимед, жил в городе Сиракузы в Сицилии в 287—212 годах до н. э. Знаменитый ученый, имеющий изобретения в различных отраслях науки, создавал оборонительные сооружения, которые были выполнены по его чертежам (Новиков, Соколова, Тиняков, 2021). Эти чертежи не сохранились до наших дней, но сохранились результаты научной деятельности Архимеда в области математики, механики, геометрии, гидростатики, оптики и астрономии. Архимед завещал установить на своей могиле цилиндр, в который вписана сфера – прообраз метода сфер, определяющего линии пересечения поверхностей вращения с пересекающимися осями вращения. Дальнейшее развитие графических изображений происходило в эпоху возрождения. Строительство сложнейших архитектурных сооружений было невозможно без математических расчетов, которые подтверждались графическими изображениями.

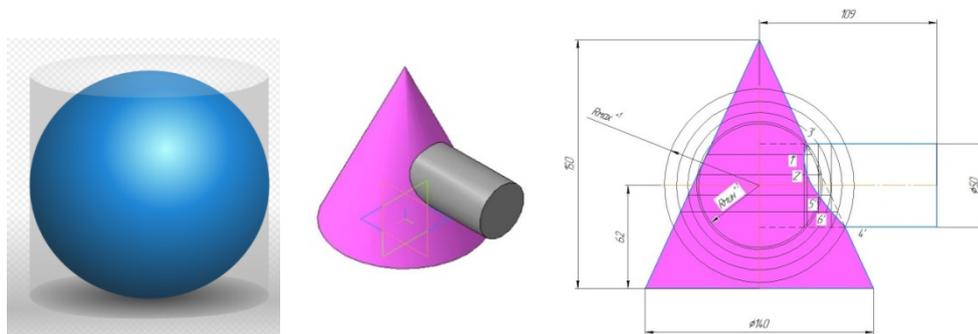


Рисунок 2. Пересечение сферы и конуса, пересечение конуса и цилиндра, построенное методом сфер.

Для примера можно рассмотреть известный чертеж купола собора Святого Петра, выполненный архитектором Антонио да Сангалло Младшим (Ревзина, 2017).

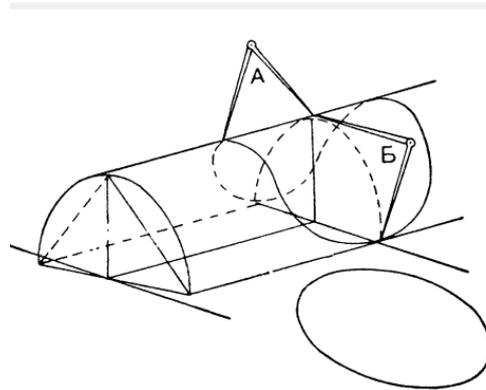


Рисунок 3. Построение кривой линии формы купола.

На рисунке изображено построение эллиптического профиля купола собора св. Петра. Прием, примененный Антонио да Сангалло Младшим, где А, Б — различные положения циркуля.

Архитекторы Возрождения были художниками и талантливыми инженерами. Это подтверждает высказывание архитектора Браманте по поводу конструкции Миланского собора, представленной им на конкурс 1490 г. Он утверждает, что «циркульная арка устойчивее стрельчатой», и в качестве причин указывает то, что она «весит меньше» и что ее низ, где она «расположена отвесно», должен быть «более прочным» (Ревзина, 2017).

Антонио да Сангалло Младший, продолжавший постройку после смерти Браманте, предложил вместо сферической формы купола яйцевидную.

В пояснительной надписи к своему чертежу (рис. 2) он излагает правило построения избранной им кривой. «Сделав из дерева коробчатый свод в 98 пальм длиной и в 14 пальм в диаметре, необходимо циркулем вычертить на натянутой на этот свод бумаге круг» так, чтобы «циркуль был раздвинут на $9\frac{8}{10}$ пальмы. Разгладив эту бумагу (на плоскости), получить овал: половина будет иметь 11, вся длина 22, ширина $19\frac{7}{9}$ (пальмы)». Это отступление от композиции Браманте он мотивирует тем, что такая арка «более красива, чем немецкая, вычерченная радиусом, равным $\frac{3}{4}$ пролета, и является не такой высокой, как трехчетвертная» (Ревзина, 2017).

Но наиболее полноценное воссоединение математических методов и графических построений предложил французский ученый Гаспар Морж, создавший дисциплину «Начертательная геометрия», которая закладывает теоретические основы построения чертежа. Учение Гаспара Монжа соединило математические способы задания объемных и плоских объектов и их графических изображений, построенных в соответствии с точными законами ортогонального проецирования. В основе ортогонального чертежа (Эпюра) лежит получение изображений объекта, выполненных при помощи проецирующих лучей, перпендикулярных картинной плоскости, на которой строятся изображения. Для адекватного изображения трехмерного пространства необходимо, чтобы таких картинных плоскостей было, по меньшей мере, две, и они располагались перпендикулярно друг другу. В этом случае можно определить расположение объектов в заданной системе отсчёта и их размеры. Появление законов построения изображений общеприменимых в современном мире в международном формате – это прогресс для развития изображений, необходимых для применения в технической сфере деятельности человечества, и изучение метода проецирования начинается с дисциплины «Начертательная геометрия» родоначальником которой тоже является Гаспар Монж.

Начертательная геометрия - это наука о теоретических основах построения чертежа. Процесс проецирования, включает аппарат проецирования: плоскость проекции. Проецирующие лучи используются для построения изображений простых объектов: точки, прямой, плоскости и различных поверхностей.

Дисциплина изучает построение изображений, решает метрические задачи на определение величины объектов и построение общих линий различных поверхностей. У обучаемых формируются профессиональные компетенции, такие как: готовность к разработке конструкторской документации, эскизных, технических и рабочих проектов элементов подвижного состава и машин, нормативно-технических документов с использованием компьютерных технологий.

Рассмотрим подробнее преимущество ортогонального проецирования, основы которого закладываются при изучении начертательной геометрии:

проецирование объекта на плоскость проекции методом ортогонального проецирования, при расположении этого объекта параллельно плоскости проекций, и притом, что его габариты, также параллельны осям плоскости проекций, позволяет сохранить величину размеров объекта. Это дает возможность легко определить величину объекта и его конструктивных элементов (высоту и ширину, если рассматривается фронтальная плоскость проекций).

Наличие второй плоскости проекций перпендикулярной предыдущей определяет третье измерение проецируемого объекта, повторяя один размер, который содержит первая плоскость (например, ширину и глубину, если речь идет о горизонтальной проекции). Так два плоских изображения дают полное представление о конструкции и размерах трехмерного объекта.

Поскольку объекты преимущественно располагаются параллельно плоскостям проекций, основные конструктивные элементы отражаются на эпюре или чертеже без искажений, что позволяет качественно и быстро воспринять конструкцию объекта и построить его виртуальный образ, «прочитать» чертеж. (Туркина, 2020)

Правила построения проекций определены на международном уровне, такие как проекционная связь, расположение основных проекций, применение масштабов, унификация в построении чертежа. Это определяет графический технический язык и дает ему статус международного.

Ортогональное проецирование обеспечивает простоту построений, делает доступным изображение сложных конструктивных элементов. При этом окружность остается окружностью, прямая

остается прямой, геометрическая фигура сохраняет свою форму и пропорции, что делает построение чертежа или эюра доступным с применением основных чертежных инструментов: линейка, треугольник, циркуль, карандаш.

Ортогональное проецирование обладает таким свойством как инвариантность, то есть неизменностью, постоянством, независимостью. Определенные свойства геометрических объектов остаются неизменными при ортогональном проецировании, так проекция точки есть точка. Две проекции точки определяют ее положение в заданной неизменяемой системе отсчета. Проекция параллельных прямых остаются параллельны. Принадлежность объектов (точка принадлежит прямой или плоскости, например) очевидна при ортогональном проецировании.

Преимущества ортогонального проецирования бесспорны и применение этого метода, как основного метода построения технических изображений в течении трех столетий остается стабильным и конкурентоспособным по сравнению с другими методами построения изображений. Следовательно, изучение начертательной геометрии и инженерной графика остается актуальным в образовательном пространстве подготовки техников и инженеров.

Практическое применение метода ортогонального проецирования не ограничивается рамками учебного процесса.

Метод применяется при:

- разработке новой чертежной документации, проектируемого изделия любого назначения в конструкторской деятельности в технической сфере (машиностроение, приборостроение, строительство) связанной с материальным производством;
- при разработке технической документации в производственно-технологической деятельности, которая требует умения воспринять информацию, содержащую ортогональное изображение и разработать на основе этой информации технологическую последовательность изготовления материального объекта;
- при производстве материального объекта, где изображение, выполненное ортогональным методом, прочитанное исполнителем определяет его действия по выполнению технологической операции;
- при выполнении строительных работ, основой которых является проект, выполненный методом ортогонального проецирования.

Без документации, выполненной методом ортогонального проецирования не возможна техническая инженерная деятельность в любом ее проявлении. Технический прогресс не отменяет применения ортогонального проецирования, как основного способа построения технических изображений, но вносит свои коррективы с появлением компьютерных технологий производства изображений.

Применение компьютерных технологий не изменило способ ортогонального проецирования и не отменило его в качестве основного метода построения чертежа, а дало возможность упростить процесс создания изображений и внедрило в практику виртуальное моделирование, широко применяемое в системах автоматизированного проектирования.

Преимущество построения чертежа при помощи виртуальной модели следующее:

На экран компьютера при помощи операций моделирования (выдавливание, вращение, кинематическая операция) последовательно создаются элементы модели, связанные между собой в единую деталь. Выполняются пазы, отверстия при помощи операции вырезания. Этот процесс ближе сегодняшним школьникам, поколению альфа и поколению Z, которое с раннего возраста погружается в мир компьютерных технологий и осваивает азы моделирования. Возникает необходимость правильного формирования исходных данных для разработки модели.

По разработанной модели система автоматизированного проектирования создает чертеж с заданными параметрами. Нет необходимости выполнять построения из линий, окружностей и других геометрических примитивов. Достаточно точно задать параметры автоматизированного чертежа (какие виды, разрезы, сечения должен содержать чертеж, и как они располагаются на чертеже).

Исчезает необходимость написания чертежного шрифта, который давался большинству студентов с трудом, путем долгих тренировок.

Точное построение модели по размерам значительно облегчает процесс постановки размеров.

Видимая легкость построения чертежа по виртуальной модели не исключает необходимость изучать и осваивать законы построения ортогональных проекций и правила оформления чертежа. Проблемы, которые выявляются в процессе обучения построению чертежа с применением компьютерных технологий и начертательной геометрии, в частности, следующие:

При построении виртуальной модели детали или поверхности необходимо правильно определить исходные данные, как правило, содержание проекции заданного объекта. Это вызывает затруднение у современных студентов.

Автоматизированное построение чертежа не означает, что компьютер сам может построить и оформить чертеж. Компьютер - это только средство исполнения облегчающее механическую работу. Исходные данные для выполнения видов, сечений и разрезов задает человек. Современные студенты, не получившие основ графической подготовки в школе, испытывают трудности при задании данных условий. (Обуховец, 2014)

На любом этапе построения чертежа возникает необходимость применения знаний правил его оформления, незнание которых приводит к ошибкам в выполнении чертежа.

Вернемся к дисциплине «Начертательная геометрия», которая также развивается в современных условиях, и при изучении этой дисциплины также возможно применение компьютерных технологий.

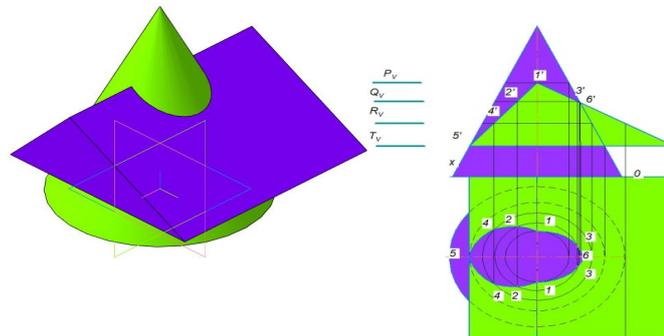


Рисунок 4. Построение линии пересечения конуса и призмы методом секущих плоскостей.

Возможности систем автоматизированного проектирования по разработке виртуальных моделей поверхностей позволяют наглядно показывать обучаемым модели поверхностей, сложные кривые, которые образуются при пересечении поверхностей, качественно оформить лекционный материал, показать его в презентации или на экране компьютера, последовательность решения задач. На рисунке представлена виртуальная модель двух пересекающихся поверхностей: конуса и призмы и эпюр, содержащий построение их линии пересечения.

Результаты и обсуждение

Построение эпюра объектов начертательной геометрии при помощи компьютерных систем автоматизированного проектирования имеет следующие преимущества:

- многократно возрастает точность построений (до восьмого знака после запятой);
- виртуальные образы поверхностей, построенный в САПР дают возможность УВИДЕТЬ результат решения задачи, а так как большинство людей «визуалы», то есть люди, воспринимающие значительную часть информации при помощи зрения, следовательно, подключение зрительного канала к решению задачи и восприятие полноценного образа решения стимулируют процесс понимания и планирования последовательности учебных действий:

- качество построений, выполненных при помощи компьютерных технологий стабильно и не требует формирования специальных «графических» навыков написания шрифта или построению равномерных штриховых или штрихпунктирных линий, с неизменной длиной штрихов и расстояний между ними, что является серьёзным препятствием для освоения графических дисциплин современными вчерашними школьниками, у которых в школе отсутствует черчение;
- доступность программ САПР делает выполнение и проверку работ по начертательной геометрии достаточно простой, что положительно сказывается на процессе изучения дисциплины.
- Таким образом, недостатки, выявленные при подключении САПР к процессу изучения начертательной геометрии, следующие:
 - возможность автоматизированного построения сложных линий пересечения поверхностей легко осваивается современными школьниками, что приводит к тому, что снижается мотивация теоретической графической подготовки;
 - недостаточна мотивация к изучению правил оформления чертежа, которые «якобы» компьютер построит сам;
 - построение чертежа в САПР лишает его графической аутентичности, то есть становится неразличим процесс индивидуальности, в своем роде графического почерка, когда преподаватель видит авторство чертежа и различает чертежи, выполненные «одной рукой».

Заключение

Современный этап развития «Начертательной геометрии», как дисциплины, закладывающей теоретические основы построения чертежа, это симбиоз положительных и отрицательных изменений, связанных с внедрением компьютерных технологий. Развитие графических проекционных изображений, которое привело к построению ортогональных проекций, преимущества, которые изложены ранее, продолжается. Появление программируемых 3 Д принтеров и другие инновационные технические тенденции не отменяют необходимость сохранения комплектов чертежной документации, обладающей авторским правом и имеющей статус документа. Разработка такого комплекта невозможна без знаний правил ортогонального проецирования и оформления чертежа. Поэтому изучение начертательной геометрии и инженерной графики остается актуальным в настоящем времени.

Список литературы

1. Новиков С.Г., Соколова М.В., Тиняков О.А. Развитие идей Архимеда в науке и технике // Провинциальные научные записки. 2021. № 1(13). С. 51-50.
2. Обуховец В.А. САПР как инструмент освоения высокотехнологичных дисциплин // Высшее образование в России. 2014. №5 (27). С. 81-86.
3. Портнова В.К. История возникновения и развития графических работ и инженерной графики // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 3. С. 171-179.
4. Ревзина Ю.Е. Триумф бастионной фортификации в ренессансной Италии: крепости архитекторов семьи Сангалло // AMIT. 2017. №2 (39). С. 14-28.
5. Туркина Л.В. Реализация интерактивного подхода при выполнении практических задания в курсе инженерно-графической подготовки // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=29656>
6. Хасельбергер Л. Строительные чертежи храма Аполлона в Дидамах // В мире науки. 1986. № 2. С. 90-95.

The history of the creation of projection images using the example of descriptive geometry as the science of projection

Natalia A. Pashkevich

Ural State Transport University
Nizhny Tagil, Russia
natalia.pashckewitch@yandex.ru
 0000-0000-0000-0000

Larisa V. Turkina

Ural State Transport University
Nizhny Tagil, Russia
lturkina@usurt.ru
 0000-0000-0000-0000

Received 16.09.2023

Accepted 16.10.2023

Published 30.11.2023

 10.25726/x7380-8714-5528-d

Annotation

A person who is self-aware feels the need to express his thoughts and feelings in some way. First of all, as a result of the need for self-expression, rock paintings containing scenes from people's lives appeared. As civilization developed, images began to be of a technical nature and contain projects: that is, images of what a person wanted to create: a house, a temple, a mechanism, a bridge, and so on. The requirements for these images have changed, or rather, rules have appeared that make it possible to unify the images so that different people understand this image in the same way. The rules for projection onto orthogonal projections were developed as part of the creation of the discipline "Descriptive Geometry" by the French scientist and engineer Gaspard Monge. This discipline, which lays the foundations for constructing an orthogonal drawing, remains relevant to the present day. Changes in the technology of drawing are associated with the introduction of computer technologies, which have changed the quality of teaching descriptive geometry, but have left the essence of the discipline unchanged. The study of orthogonal projection and the rules for constructing diagrams is necessary for technical specialists. The emergence of computer-aided design systems in engineering does not negate knowledge of the rules for drawing design, developed spatial imagination and graphic thinking, which makes it possible to transform views of an object, part or structure, depicted on at least two projection planes into a virtual image of this object, part or structure, allowing the development of its technology (their) production.

Keywords

graphic images, building plans, orthogonal projection, drawing, descriptive geometry, diagrams, computer-aided design systems, modeling.

References

1. Novikov S.G., Sokolova M.V., Tinyakov O.A. Razvitie idej Arhimeda v nauke i tekhnike // Provincial'nye nauchnye zapiski. 2021. № 1(13). S. 51-50.
2. Obuhovec V.A. SAPR kak instrument osvoeniya vysokotekhnologichnyh disciplin // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2014. №5 (27). S. 81-86.
3. Portnova V.K. Istoriya vzniknoveniya i razvitiya graficheskikh rabot i inzhenernoj grafiki // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2018. № 3. S. 171-179.

4. Revzina YU.E. Triumf bastionnoj fortifikacii v renessansnoj Italii: kreposti arhitektorov sem'i Sangalo // AMIT. 2017. №2 (39). S. 14-28.
5. Turkina L.V. Realizaciya interaktivnogo podhoda pri vypolnenii prakticheskikh zadaniya v kurse inzhenerno-graficheskoy podgotovki // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2020. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=29656>
6. Hasel'berger L. Stroitel'nye chertezhi hrama Apollona v Didamah // V mire nauki. 1986. № 2. S. 90-95.