

ОПЫТ ГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ СОСУДОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ФРАГМЕНТАМ

В постановке проблемы, в поисках ответов на конкретные вопросы предлагаемая работа является продолжением наших экспериментов в области морфологии сосудов, поэтому не будет излишним коротко напомнить о них.

Испытывая в различных вариантах способы математического моделирования, регистрации и сопоставления форм этой категории артефактов, мы ищем решение двуединой задачи - создания процедурной основы их морфологического анализа, включающей в себя, с одной стороны, методику объективного и содержательного описания отдельных объектов, с другой стороны, методику сравнения их множеств, исходящую из тех же посылок и построенную на тех же принципах (Николаенко, 2004, 2005, 2006).

Отправным пунктом и обязательным условием анализа стал прием геометризации поверхности сосуда, т.е. приближения его очертаний к математически определяемым формам, вследствие чего сосуд может рассматриваться как совокупность геометрических тел, а его фронтальная проекция на плоскость - как сочетание боковых сторон геометрических фигур, образуемых в его вертикальном сечении.

С этой точки зрения, выделенные в контуре сосуда фигуры мы воспринимаем одновременно и как сечения деталей, образующих его конструкцию, и как слагаемые формы, морфемы, композицией своих индивидуальных форм создающие общую конфигурацию его поверхности. Неразделимую процедуру детализации-декомпозиции контура сосуда, выявления его количественного и качественного состава мы обозначили как его сегментацию, а сами детали-морфемы рассматриваем как его структурные и формообразующие элементы (см. Примечание 1).

Полученные в результате измерений величины отдельных свойств каждого из элементов представляют собой их числовые выражения, то есть количественные признаки элемента. Результаты соотношений этих величин становятся математическими показателями, характеризую-

щими отдельные стороны его формы, и рассматриваются, таким образом, как его качественные признаки. Перечисление тех и других в порядке, соответствующем положению элементов в конструкции, является математическим (квалиметрическим) описанием сосуда, отражающим состояние его поверхности в целом и в частностях (Примечание 2).

Формализуя описание, метод геометрической сегментации сосуда позволяет заменить язык метафор и ассоциаций языком математических символов, создавая аналитическое и интегративное представление об объекте как о комбинации выделяемых и измеряемых элементов, морфоструктуре, воплотившей в себе конструктивное и композиционное решение его функциональной задачи в существовавших на момент его создания условиях.

За дескриптивным анализом необходимо следует другая процедура, без которой описание превращается в обычную регистрацию фактов - сравнение объектов, сопоставление их морфоструктур, т.е. компаративный анализ, ведущий к их классификации. Таксономическую схему этого процесса, вытекающего из методики морфоструктурного описания сосудов, мы представили в прошлогодней статье.

Напомним, что под классификацией мы понимаем не примитивное разграничение материала по отдельным, часто второстепенным и разноплановым отличиям, а обоснованное и последовательное установление различных уровней конфигурационной близости, морфоструктурного подобия объектов, объединяющихся в определенные классификационные группы. Качественные признаки отдельных элементов, выраженные математическими показателями, способны дифференцировать такие группы, выделив в них устойчивые разновидности форм с большей, в сравнении с другими, степенью сходства относящихся к ним экземпляров.

Эти же признаки позволяют выявить экземпляры, относящиеся к различным морфострук-

турным подразделениям с точки зрения общей классификации, но сохраняющие сходство в формах своих основных, изначальных элементов (Николаенко, 2006:52,54, 60, рис.11, 12, 17).

Результаты морфологического анализа непосредственно ориентируют исследование на поиск причин установленного сходства, то есть на более пристальное рассмотрение других, не морфологических признаков, подтверждающих или опровергающих общность происхождения и назначения обладателей схожих очертаний. Пройдя процедуры описания и сравнения, сосуды становятся полноценными участниками познавательного процесса - широкого, комплексного анализа археологических, исторических и этнографических источников, где они выступают и в роли объекта исследования, и в роли его инструмента.

Так, к примеру, становится возможной формализованная фиксация форм, соответствие которых известным функциям не вызывает сомнений, что, в свою очередь, позволило бы считать встречаемые в дальнейшем их морфоструктурные аналоги индикаторами способа существования населения в местах находок. На практике, к сожалению, это осуществимо только там, где мы сталкиваемся с достаточно специализированными формами сосудов, свидетельствующими о высоком уровне развития хозяйства и собственно гончарного производства.

Материалом же для наших опытов послужили лепные сосуды периода раннего, домашнего гончарства - в большинстве своем несложных очертаний, однообразные и специализированные разве что своими размерами. Тем не менее, оказалось возможным зафиксировать группу морфоструктур, относящихся к доминирующей, наиболее распространенной модели, и даже выделить ее слаборазличимые подгруппы, модификации (Николаенко, 2006: 57, рис.14).

Вполне вероятно, что небольшие расхождения в конфигурациях единичных сосудов, а с ними и мелкие конструктивные особенности все же отражают некоторую функциональную их заданность, предназначенность для известных целей еще в процессе изготовления. Однако в массе своей, согласно результатам анализа, сосуды этой модели представляют собой подражания сложившемуся стандарту формы с узким диапазоном отклонений в показателях основных элементов, не

умаляющих их подобия в совокупности и индивидуального сходства в отдельных случаях.

В то же время нам удалось выделить несколько групп сосудов, заметно отличающихся от стандарта количественным составом и качественными характеристиками своих морфологических слагаемых (упомянуты выше). Особый для каждой из групп стиль формообразования, наглядное сходство сосудов между собой в квалитетических показателях элементов корпуса, а также условия их обнаружения являются свидетельствами не только общности происхождения, но, как нам кажется, и определенного почерка их изготовления.

В специфических ситуациях, не противоречащих подобным допущениям, повторяемость качественных характеристик исходных форм совершенно не исключает возможности единого авторства сосудов. Иначе трудно представить, каким образом можно вылепить из глины несколько полых геометрических тел, различающихся размерами, но сохраняющих постоянное соотношение кривизны своих поверхностей в двух плоскостях, помимо других, не столь примечательных качеств. Объяснить это можно только отработанностью движений рук одного, достаточно опытного изготовителя, привычно репродуцирующего свое представление о форме сосуда.

В иных обстоятельствах объяснением сходства может быть присутствие следов давней традиции, аналогичной той, что сохранилась, например, в отдаленных уголках Памира до настоящего времени: лепить (без применения гончарного круга) глиняную посуду имеет право только старшая в семье женщина, передавая свои приемы и навыки будущей преемнице (Юрченко, 1991: 15). Близость общих очертаний сосудов, как и незначительная вариабельность их в деталях, могут быть следствием большей или меньшей тщательности в подражании образцам, или же целенаправленного их видоизменения, сохраняющего основные особенности принятого стиля. На ограниченных территориях фиксированные формы таких изделий могли бы сыграть роль идентификаторов некоторых памятников как семейно-родовых очагов, определяемых присущим только им своеобразием конфигураций посуды.

В большей степени унифицированный и общепринятый хотя бы в своих основах механизм

сравнительного анализа форм сосудов необходимо для обработки их множеств, относящихся к обширным регионам, с целью выявления закономерностей их распространения и, как следствие, возможных связей между отдельными памятниками и районами. В этом случае выделенные в процессе морфоструктурного описания, классификации и дифференциации устойчивые разновидности форм (модели, модификации и пр.), в сочетании с сопутствующими им неморфологическими признаками, могли бы со временем стать маркерами и коннекторами эпох, культур и этносов.

Однако для соответствующего описания и последующего сравнения необходимы целые сосуды или же сохранившиеся не полностью, но позволяющие спроецировать линию их контура, и первым камнем преткновения для масштабной работы является малочисленность такого материала. Накопление его зависит от случая и происходит очень медленно, поэтому немногие археологические центры располагают репрезентативными коллекциями целых сосудов, которые можно было бы рассматривать как массовые объекты изучения. Солидную их часть представляют находки из разновременных и пространственно разделенных захоронений, то есть в определенном смысле уникамы, серийный же материал, находящийся в «местах проживания» хотя бы в частичной своей первозданности, достаточно редок. Вероятно, в этом и кроется причина того, что вопросы морфологии сосудов не получили должного развития даже в период пристального интереса к керамике. Сохранившие свои очертания экземпляры ценятся преимущественно как реликвии, а не как материал для обобщенных, полифакторных исследований, и то, что мы называем анализом керамики, есть не более чем изучение состава и следов обработки кусочков обожженной глины, образцов материала, из которого когда-то были созданы не известные нам сосуды.

Анализом керамики принято называть и коллекционирование орнаментов, донесенных до нас фрагментами тех же сосудов. Однако обширные собрания их без «привязки» к определенным формам так и остаются лишь образцами орнаментов на керамических носителях, отсортированными и упорядоченными по признакам сходства рисунков, способов их нанесения и частоте встречаемости. При всем огромном уважении к труду

тех, кто работает над этими вопросами, позволим себе сформулировать банальную истину: как бы тщательно ни изучали мы лоскутки ткани и узоры на них, это не даст нам представления о покрое платья, который главным образом и отличает его (платье) от других, а следовательно, может что-то сказать о его владельце. В равной степени это относится и к сосудам, конструкции и формы которых отражают существенные стороны их функциональности и принадлежности, тогда как все остальное способно лишь дополнить и уточнить морфологическую составляющую исследования, хотя и требует специализированного подхода к предмету. Если обстоятельства позволят, мы еще вернемся к анализу орнаментов и их связям с формами сосудов.

Сказанное следует воспринимать как объективную оценку ситуации. С точки же зрения перспектив нашей работы в этой области резюме звучит следующим образом: небитых горшков у нас мало - и это настраивает на пессимистический лад; битых горшков у нас много - и это вселяет надежду, поскольку очередной опыт, который мы рискнули поставить, заключается в отыскании способа реконструкции контура сосуда по фрагментам, сохранившим часть его морфологических свойств, или, как сказано в заголовке, графической реконструкции сосуда по отдельным фрагментам.

Формулировка задачи

Восстановление контура по сохранившейся его половине (зеркальное отражение) - прием элементарный, результаты его не вызывают сомнений и не требуют дополнительной аргументации.

Сложность возникает тогда, когда в нашем распоряжении имеются верхняя и нижняя части сосуда - в виде замкнутых поясов или крупных фракций, позволяющих без труда установить их диаметры и очертания, но при этом полностью отсутствует его центральная часть. Как правило, в публикациях мы встречаем аккуратные дорисовки недостающих зон, которые авторы делают исходя из примеров, опыта, интуиции, то есть сложившегося представления о том, каким должен быть данный сосуд. Однако сами же авторы дорисовок вряд ли станут рассматривать их как нечто большее, чем иллюстрации к собственным размышлениям, даже если создаются они с

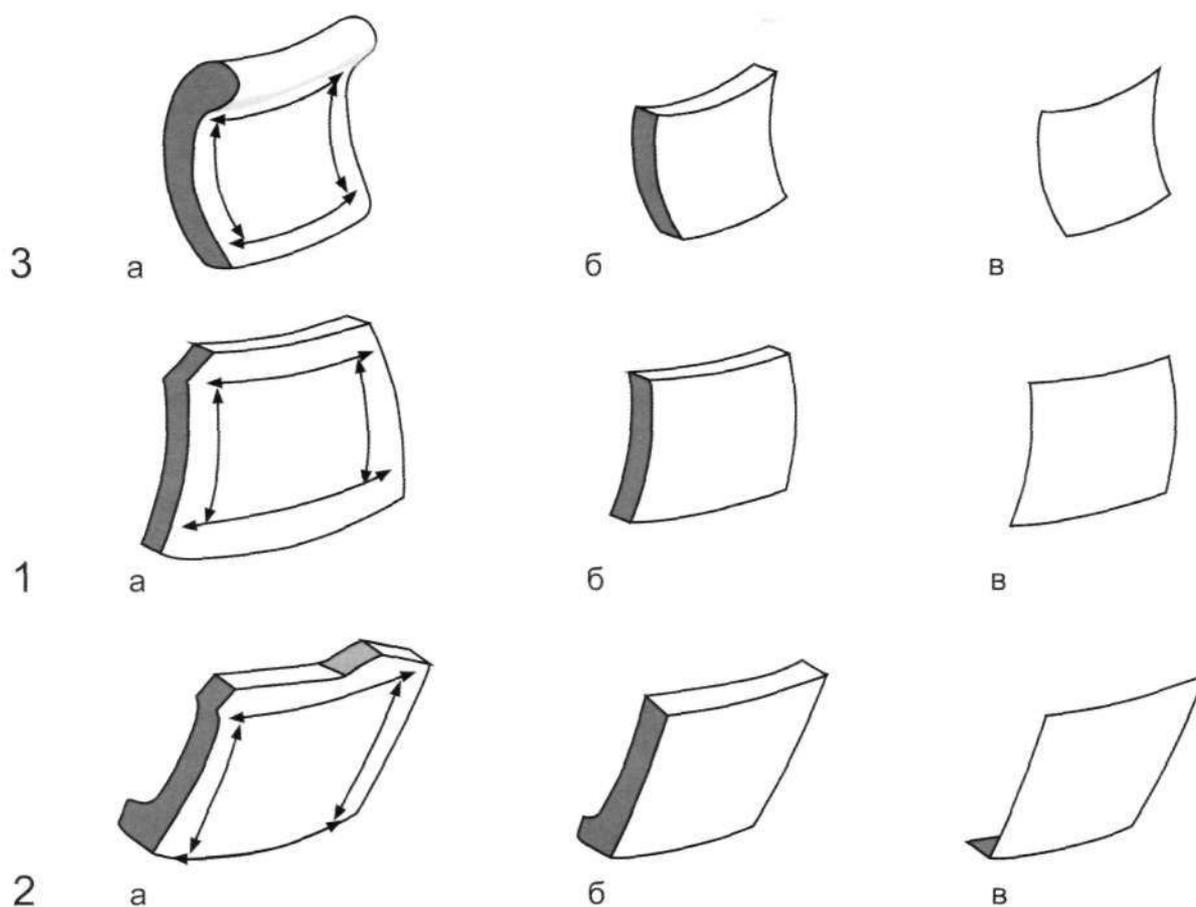


Рис.1. Фрагменты сосуда: 1 – зона радикала; 2 – зона нижнего свода; 3 – транзитная зона

использованием элементарных геометрических приемов (Калинина, 1979: 11-13).

С не меньшими трудностями мы встречаемся, располагая многочисленным, но разрозненным набором фрагментов, представляющих один сосуд, однако не складывающихся в объемную фигуру простым склеиванием. Часто в этих случаях прибегают к воссозданию сосуда (повторной формовке) гипсованием. Доля фантазии реставратора в заново обретенных формах учету не поддается, хотя в результате получаются неплохие музейные экспонаты. При всей несомненной пользе этой работы вряд ли можно считать подобные сосуды артефактами, введенными в научный оборот с точки зрения их морфологии. Исключение составляет та часть реставрированных сосудов, в которых цепочка фрагментов все-таки соединяется в реальный контур, а искусственно созданная поверхность служит его каркасом, компенсируя минимальную площадь соприкосновения фрагментов по линиям излома.

И, наконец, полностью безнадежный случай, когда перед нами лежат три-четыре (хорошо, если

больше) фрагмента, каждый из которых принадлежит узнаваемой зоне поверхности сосуда, его элементу, с аналитической точки зрения, однако совпадения их границ нет и не может быть, и конфигурация утраченного изделия не устанавливается даже приблизительно.

Именно такой вариант мы рассматриваем в нашем опыте реконструкции контура сосуда по отдельным его фрагментам, не имеющим точек соприкосновения. В основе опыта лежит все тот же метод геометрической сегментации, и мы не случайно напомнили о его сути в начале работы. В данной ситуации приемы и способы метода, особенно его морфометрической части, мы намерены использовать в обратном направлении: не от геометрических фигур к их свойствам, а от отдельных свойств, сохраненных фрагментами - к фигурам, бывшим когда-то элементами конструкции и формы сосуда. Их математические характеристики, необходимые для восстановления контура, мы должны будем извлечь из того минимального количества фрагментов, которым располагаем.

Наиболее подходящей в качестве примера морфоструктурой оказалась распространенная и вневременная комбинация, состоящая из трех геометрических тел: сфероидальный радикал в основе корпуса, нижний свод, в двух вариантах его формы, и транзитор (оборок), выраженный глободной, т.е. вогнутой поверхностью.

Эксперименты проводились на современных сосудах, допускающих необходимую в некоторых случаях вивисекцию, рисунки представляют собой обобщенные, принципиальные схемы, иллюстрирующие порядок и содержание совершаемых операций, однако при этом они являются техническими рисунками, отражающими все реальные свойства подопытных экземпляров и характеристики их элементов.

Отбор и подготовка материала

Отбор материала. Исходя из возможности выбора, хотя бы ограниченного, наиболее подходящих для рассмотрения фрагментов, следует сразу отметить, что избрание таковых и подготовка их к измерениям являются наиболее ответственными моментами работы.

Ее предварительная часть начинается с диспозиции, или стационарирования всего имеющегося в наличии материала. Если размещение и положение фрагментов *in situ* во время их нахождения воспроизвести невозможно, то особенно тщательно следует отнестись к направлениям орнамента и следов технической обработки поверхности, цвету материала, толщине стенок и проч.

Выбирая фрагмент для снятия с него внешних данных, необходимо учесть все факторы, способствующие в дальнейшем правильному определению а) принадлежности его тому или иному элементу сосуда, или статуса; б) местоположения его в качестве участка поверхности элемента, т.е. позиции; в) ориентации фрагмента по вертикали; г) его пространственного положения (верх-низ), или дирекции.

Рекомендации в отношении размеров фрагментов незатейливы, как напутствие рыболову: чем крупнее, тем лучше. Для снятия более или менее точных данных с фрагмента небольшого сосуда достаточно площади спичечного коробка.

Что касается количества фрагментов, необходимых для воссоздания полного контура, то здесь вполне оправдан лозунг «лучше меньше, да лучше», хотя понятие «меньше» имеет предел, соот-

ветствующий ситуации: количество фрагментов, как минимум, должно равняться количеству геометрических тел, участвующих в создании конструкции и формы сосуда. В нашем случае этот минимум включает в себя три фрагмента (рис.1), нумерация которых 3, 1, 2 дана в соответствии с порядком их дальнейшего рассмотрения.

3. Фрагмент крайней верхней части сосуда (транзитора).

1. Фрагмент основной части корпуса, максимально выпуклый, что с большей уверенностью позволяет предположить его принадлежность радикалу и облегчает получение характеристик.

2. Фрагмент крайней нижней придонной его части (нижний свод), при этом наличие собственно дна необязательно, достаточно видимого участка окружности дна (дуги) или, по крайней мере, одной ее точки.

Процедура реконструкции контура сосуда изначально безусловна, поэтому остановимся на проблемах предварительной стадии работы.

Проблемы принадлежности и местоположения фрагментов. Принадлежность и местоположение крайних фрагментов сосуда определяются их внешними признаками.

Принадлежность фрагмента сфероидального радикала мы предполагаем, исходя в основном из формы его поверхности. О его местоположении беспокоиться не стоит - пояс поверхности элемента, которому принадлежит данный фрагмент, определится самой процедурой построений. В зависимости от избранной нами дирекции фрагмента (верх-низ), он окажется в одной из двух симметричных позиций - над экватором или под ним. Если при этом будет избрано ошибочное положение (верх и низ поменяются местами), и в процессе реконструкции дуга его поверхности окажется в пределах контура смежного элемента, это не повлияет на результат работы, поскольку результатом является восстановление контура радикала, а не установление реального положения в нем дуги поверхности фрагмента. Переместить ее на соответствующее расстояние по другую сторону экватора не составит труда.

Тем не менее, если существуют основания отнести этот фрагмент к верхней части корпуса, и его истинная позиция, а заодно и дирекция, определимы (например, по остаткам орнамента), следует, конечно, использовать эту возможность.

Встречаются более трудные случаи, когда в процессе получения геометрических характеристик фрагментов корпуса (об этом ниже) обнаруживается их принадлежность двум сфероидам, один из которых должен представлять собой радикал, а другой - верхний свод (плечики) сосуда. Граница между ними, как правило, проходит по линии экватора, но возникает вопрос: кто есть кто?

В таких ситуациях необходимо особенно внимательно отнестись к второстепенным признакам взаимного расположения фрагментов и сравнению кривизны их поверхностей, обратившись за подсказкой к соответствующим ситуациям образцам. К примеру, у сосудов, с которыми мы встречаемся чаще всего, выделяющимся верхним сводам свойственна большая кривизна в вертикальной плоскости, т.е. больший изгиб и соответственно меньший радиус дуги, образующей их поверхность. Однако закономерностью это не является, поскольку существует множество форм с вытянутыми, экспрессивными верхними сводами, кривизна которых меньше кривизны поверхности радикала, и к которым в принципе неприменим термин плечики.

В то же время дуги горизонтальных сечений поверхности сводов как верхнего, так и нижнего, всегда более изогнуты, т.е. обладают большей, чем у радикала, кривизной, поскольку относятся к сужающейся части сосуда.

Гарантий от ошибки не существует, но можно успокоиться тем, что неправильное расположение фрагментов проявит себя еще в процессе работы, и контуры восстанавливаемых элементов либо не сойдутся, либо окажутся наложенными друг на друга. В худшем случае получится комбинаторный монстр, нереальность которого будет очевидна. Так или иначе, ошибка заявит о себе и подскажет необходимость изменения местоположения фрагментов (см. выше). Эти ситуации мы не рассматриваем, поскольку работа и без того загружена схемами.

В отношении фрагмента нижнего свода отметим следующее. Если остатки дна или дуга его окружности на фрагменте отсутствуют и граница сосуда обозначена только слабым ее признаком, точкой, для восстановления свода необходимо одно условие - достаточно большие размеры фрагмента, позволяющие зафиксировать горизонтальную кривизну его поверхности выше этой

точки. Для восстановления истинного радиуса, а затем и диаметра дна, понадобятся лишь две-три элементарные дополнительные операции.

Если же линия дна не отмечена никакими признаками, но есть уверенность, что фрагмент принадлежит именно нижнему своду (скажем, это явно выраженная часть конуса), мы получим контур бездонного сосуда неопределенной высоты и конфигурации в его нижней части. В виде небольшого отступления заметим, что здесь нашли бы частное применение наработки по описанию и сравнительному анализу уже известных форм, и, для примера, снова сошлемся на нашу прошлогоднюю работу.

Мы полагаем, что между некоторыми показателями качеств смежных, сопряженных элементов сосуда существует определенная, хотя и не жесткая, взаимозависимость (Николаенко, 2006: 53, 54). Поскольку качественные характеристики собственно элементов, модули, отражают собой внутриэлементные соотношения их свойств, такая же взаимозависимость должна существовать и между отдельными свойствами соседствующих элементов - их высотами и диаметрами. Следовательно, величины межэлементных соотношений этих свойств, выражаемые коэффициентами (2006: 40, 41), должны соответствовать, в той или иной степени, величинам модулей элементов и изменяться вместе с ними. В процессе классификации и дифференциации сосудов как раз и устанавливаются средние значения модулей и необходимых для сравнения коэффициентов в каждой из выделяемых групп, а также выявляются различные варианты их корреляции.

Признаки такой корреляции можно найти на указанных выше страницах, а также в классификаторе на страницах 56, 57. При всей его бедности в смысле количества и разнообразия сосудов, в формулярах трех их модификаций довольно отчетливо прослеживаются тенденции и диапазоны взаимных изменений показателей радикалов и нижних сводов: рост показателя M_r радикала, означающий уменьшение относительной кривизны его поверхности, сопровождается падением величин показателя M_u нижнего свода (уменьшением уклона его поверхности) и ростом показателя K_v нижнего свода, определяющего отношение его высоты к высоте подэкваториальной части радикала.

Таким образом, если известные нам характеристики восстановленного контура позволяют отнести его к определенной классификационной группе сосудов, мы получаем возможность вывести из соответствующих соотношений и условно принять недостающую для реконструкции величину одного из свойств, например, среднюю для этой группы высоту нижнего свода.

Но все это пока относится к гипотетической области. Чтобы не уходить далеко в сторону, специфические проблемы, возникающие при восстановлении транзистора (оборка), мы проанализируем в процессе описания этой процедуры.

Напомним только, что фрагменты лепного, асимметричного сосуда могут дать нам всего лишь один из вариантов его контура, так что придется довольствоваться тем, что есть. Впрочем, если количество фрагментов больше необходимого, следует использовать излишек для дублирования характеристик и получения их усредненных результатов.

Подготовка материала. Поскольку сканирование объемных предметов нам изначально недоступно, подготовкой материала мы называем графическую фиксацию морфологических свойств фрагментов, т.е. их пространственных, геометрических характеристик, которые выражаются в контурах дуг вертикальных и горизонтальных сечений сосуда, проходящих по поверхности фрагмента. Выражаясь более внятно, мы должны перенести на бумагу контуры дуг поверхности каждого из фрагментов. В идеальном варианте процедура выглядит следующим образом.

Ориентируя фрагмент по оси, соответствующей вертикальной, фиксируем это положение, а затем карандашом или металлическим острием проводим две параллельные дуги окружностей горизонтальных сечений вдоль верхнего и нижнего его краев. Таким же образом отмечаем дуги его вертикальных сечений, как бы вырезая интересующий нас участок поверхности (рис.1, колонка а, указаны стрелками).

Для перенесения их проекций на бумагу проще всего использовать пластичные одноразовые лекала, представляющие собой небольшие бруски пластилина с обязательными прокладками - узкими полосками плотной фольги или просто бумаги. Обжимаем фрагмент одним из брусков таким образом, чтобы слегка выступающий край бумажной полоски совпадал с интересующей нас

линией, фиксируем его и переносим на бумажный лист, после чего обводим образовавшуюся дугу карандашом. Для большей точности лучше сделать это наколами тонкой иглы, обведя их затем карандашом по обычному лекалу. Прodelываем эту операцию с каждой из линий.

После снятия геометрических характеристик фрагменты перестают существовать для нас в качестве физических тел и рассматриваются как их графические модели, представленные аксонометрическими рисунками (рис.1, колонка б). Нам, в данном случае, интересуют только их поверхности (рис.1, колонка в).

Дальнейшая работа будет заключаться в измерении свойств этих поверхностей и установлении, с использованием полученных величин, необходимых нам основных и вспомогательных математических характеристик фигур, которым они принадлежат.

Однако такое плавное течение событий возможно лишь в том случае, если в процессе подготовки материала не возникли проблемы, начинающиеся со слов «Ориентируя фрагмент...».

Проблемы ориентации и дирекции фрагментов. В подавляющем большинстве случаев, как мы уже отмечали, внешние признаки фрагментов нижнего свода или транзистора указывают на их принадлежность и местоположение, снимая одновременно вопросы ориентации и дирекции. Иное дело с фрагментом, который не имеет таких указателей и принадлежность которого радикалу мы предполагаем, исходя из его округлых очертаний (рис. 1/1). С учетом главенствующей роли радикала в образовании контура сосуда основной задачей подготовки становится правильное ориентирование этого фрагмента, без чего невозможно установление реальных геометрических характеристик его поверхности, а следовательно, и вся дальнейшая работа. Мы рассмотрим самый сложный вариант этой проблемы.

В ситуации, когда фактура фрагмента не дает оснований для нанесения на него вертикального вектора, ориентирование вызывает необходимость дополнительных процедур по сравнению кривизны дуг его поверхности и поиску их истинного направления. Условием является достаточно большая площадь фрагмента. Для сравнения понадобится ряд операций по фиксации произвольно намеченных дуг (описаны выше) и получению

радиусов, характеризующих их кривизну (описаны ниже, графический способ).

1. Предварительное ориентирование. Процедура заключается в выявлении признаков горизонтальности или вертикальности проведенных дуг в самых общих чертах.

Признак первый. Горизонтальные дуги параллельны, вертикальные же параллельны между собой не более, чем меридианы глобуса. Это значит, что расстояние по поверхности фрагмента между дугами, приближенными к горизонтали, сохраняется на всем их протяжении, между близкими к вертикали изменяется, пусть незначительно, особенно в центральной их части.

Используя пластичное лекало, проводим дугу у верхнего (условно) края фрагмента и отмечаем две крайние ее точки. Чтобы провести у противоположного края вторую дугу, идущую в том же направлении, но расположенную в другой плоскости, мы не можем воспользоваться обычным треугольником, поэтому применяем такое же пластичное лекало с прокладкой, вырезанной из бумаги в виде Т-образного или Г-образного шаблона перпендикулярных линий. Совмещая шаблон с линией первой дуги и обжимая поверхность фрагмента, из крайних ее точек опускаем два равных по длине отрезка линий, отмечая их окончания на поверхности фрагмента. Перпендикулярными к дуге остаются проекции этих отрезков. Соединив отмеченные точки, мы получаем вторую дугу. Чтобы проверить, параллельны ли полученные дуги, необходимо зафиксировать расстояние между ними в их центральной части и сравнить его с длиной соединяющих их отрезков. Расстояния измеряются лекалом с отметками на прокладке (по поверхности) или измерительным циркулем (по прямой).

Признак второй. Отрезки горизонтальных дуг различаются по длине, вертикальных - нет. Еще раз сошлемся, в качестве примера, на глобус, вернее, на отрезки параллелей, заключенные между меридианами.

Сопоставляются отрезки дуг между точками их пересечения с перпендикулярами, опущенными от первой дуги. Как и в предыдущем случае, это можно сделать пластичным лекалом, сравнивая протяженность дуг, а можно и измерительным циркулем, соотнося их хорды, т.е. расстояния между точками по прямой.

Признак третий. Горизонтальные дуги различаются величинами своих радиусов, в то время как радиусы условно вертикальной пары должны быть близки по своим величинам. Снова смотрим на глобус: кривизна каждой параллели отличается от кривизны соседней, кривизна же меридианов постоянна.

Для сравнения надо перенести контуры дуг на бумагу и рассчитать их радиусы самым простым способом (см. ниже).

Определив по совокупности признаков, какая из пар произвольных дуг ближе к вертикали, мы тем самым грубо ориентировали фрагмент, уменьшая количество последующих операций. Неудачный опыт можно повторить, изменив положение дуг. В практическом применении любой метод оказывается более простым, чем выглядит в подробном описании.

Если же разница между дугами горизонтальных сечений заметна по линиям излома, что называется, на глаз, необходимость в этой работе отпадает и можно сразу приступить к окончательному ориентированию фрагмента.

2. Окончательное ориентирование. Примерно в центре очерченной «рабочей площадки» фрагмента намечаем точку, через которую проводим линию, перпендикулярную условным горизонталям, то есть условно вертикальную. Тщательно фиксируем контур получившейся центральной дуги и рассчитываем ее радиус. Линии предварительных построений, нанесенные карандашом, нам больше не нужны.

Поскольку случайные совпадения мы не принимаем в расчет, с уверенностью можно сказать, что плоскость сечения сфероида, в которой находится данная дуга, пересекает его вертикальную ось и отклоняется от нее на некоторый, неизвестный нам угол. Поэтому наши рассуждения исходят из следующих посылок.

Поверхность сфероида изогнута в двух направлениях, при этом изгиб ее в вертикальной плоскости является величиной постоянной, в горизонтальной же меняется в каждой точке контура. Рассматривая сфероид под разными углами, нетрудно заметить, как различается кривизна его поверхности на отдельных ее участках, сочетая в себе эти два изгиба. Поэтому любая наклонная секущая плоскость, проходящая через определенную точку его поверхности и пересекающая вертикальную ось, образует кривые линии сече-

ния, обладающие промежуточными свойствами по отношению к линиям вертикального и горизонтального сечений, проходящим через эту же точку. Свойства линий сечения выражаются в их кривизне, показателями которой, как мы знаем, являются их радиусы в каждой отмеченной точке.

Отсюда, радиусы дуг наклонных сечений, проходящих через данную точку, по мере отклонения их (сечений) от вертикальной плоскости и приближения к горизонтальной, меняют свои значения в интервале между значениями радиусов дуг вертикального и горизонтального сечений, также проходящих через эту точку.

Тенденция изменений, т.е. рост или падение абсолютных значений этого показателя, определяется формой исходной геометрической фигуры (Николаенко, 2006: 47, 41, схемы). Для подавляющего большинства сосудов, с которыми мы работаем, исходной формой является вытянутый, экспрессивный сфероид-тор (тор-лимон), вертикальный радиус которого больше горизонтального. Таким образом, в нашей ситуации тенденцией изменений радиуса дуги сечения при любом повороте секущей плоскости будет уменьшение его значений.

Описанные свойства сечений сфероида мы предлагаем использовать для ориентирования его фрагмента в вертикальном направлении.

Мысленно поворачивая линию центральной дуги вправо-вниз, по часовой стрелке, проводим еще одну дугу через тот же центр, на небольшом угловом расстоянии от первой. Фиксируем ее контур, измеряем радиус, нумеруем и записываем, составляя при этом на бумаге нечто вроде крок получаемых направлений, напоминающих азимуты. Прodelываем эту операцию несколько раз, по возможности больше и чаще, отслеживая тенденцию изменений и градацию величин радиусов. Необходимый нам результат измерений и записей должен заключаться в следующем.

Если первая, условная дуга сечения имеет отклонение влево от вертикали, то радиус ее соответственно меньше радиуса дуги вертикального сечения. Следовательно, радиусы следующих за ней дуг, прежде чем проявить тенденцию к уменьшению, должны в одном из случаев достичь своего максимума, приблизившись к величине истинного вертикального радиуса. Дуга, отмеченная скачком значения радиуса, и будет, в

большей или меньшей степени, соответствовать вертикальной плоскости.

Если же условная дуга имеет отклонение вправо, тенденция изменений величин радиусов будет непрерывной. В этом случае надо либо а) искать дугу истинного вертикального сечения по другую сторону линии отсчета (в направлении против часовой стрелки), либо б) продолжить поиск в том же направлении до нахождения противоположной, наименьшей для данной ситуации величины радиуса. Дуга этого радиуса будет принадлежать окружности горизонтального сечения, проходящей через отмеченную нами точку. В том и другом случае в полученном веере дуг мы должны найти один из необходимых нам ориентиров.

Повторим, что если в начале работы существует хотя бы предположительное указание на одно из направлений изгиба поверхности фрагмента, такие операции можно производить и без предварительного ориентирования, от приблизительной линии (дуги) отсчета, отмечая пределы значений радиусов и соответствующие им дуги.

Таким образом, выполнение третьего по списку условия правильной ориентации фрагмента фактически является самой сложной и трудоемкой процедурой подготовки материала. С этой кропотливой, но обязательной работы начинается реальная реконструкция контура сосуда, и задача ориентации состоит в обеспечении достоверности исходных характеристик его формы.

Установив ориентацию фрагмента, возвращаемся к описанным в начале раздела операциям по фиксации вертикальных и горизонтальных дуг его поверхности, на этот раз не предположительных, а соответствующих или близких истинным. Создаем новую рабочую площадку, проведя две горизонтальные дуги, перпендикулярные найденному вертикальному направлению и максимально удаленные друг от друга. Что касается вертикальных дуг, то при небольших размерах фрагмента можно ограничиться одной, уже известной, проходящей по центру площадки, при больших - провести две или больше, используя в дальнейшем усредненное значение их радиусов.

Переносим дуги на бумагу, получая геометрические характеристики фрагмента.

Дирекция фрагмента (верх-низ), как мы уже отмечали, особого значения не имеет, поэтому на рис. 1/1 представлен произвольный вариант.

Поскольку фрагмент мы принимаем как часть радикала, его геометрические характеристики являются исходными для восстановления не только самого элемента, но и сосуда в целом.

Восстановление радикала

Установление математических характеристик формы. Для подробного описания процедуры мы используем фрагмент №1 (рис. 1) радикала, точнее, его поверхность, вынесенную на рис. 2, а,в. При этом все описываемые действия в принципе аналогичны действиям с другими фрагментами при получении их исходных данных.

1. Для характеристики кривизны ($1/R$) поверхности в вертикальной плоскости нам необходимо получить величину радиуса R , исходящего из центра O_1 и описывающего дугу этой поверхности (рис. 2а). Дуга уже перенесена на бумагу, остается лишь уточнить ее границы, для чего измерительным циркулем замеряем на фрагменте расстояние AC между линиями горизонтальных сечений и отмечаем его на линии дуги соответствующими точками (рис. 2б). Соединив точки A и

с прямой линией, мы получаем и измеряем хорду дуги $AC = \nu$, величина которой понадобится нам в дальнейших построениях. Отрезок MN между центрами хорды и дуги AC выражает глубину прогиба поверхности.

Для получения величины радиуса R существуют два способа - расчетный и графический.

А) Расчетный исходит из теоремы о хорде, отсекающей часть диаметра окружности, и конечная формула в нашем случае выглядела бы следующим образом: $2R_{B1} = (AM^2 : MN) + MN$, где $AM = AC : 2$. Пользоваться этой формулой в нашей работе затруднительно по той причине, что величины MN прогиба поверхностей фрагментов крайне малы и не гарантируют никакой достоверности в расчетах (для наглядности на рисунке мы вынуждены были даже усилить реальную кривизну дуги).

Б) Нам остается проверенный графический способ засечек, известный со школьных времен. Тратить время на его описание не имеет смысла, тем более что однажды мы это уже сделали, поэ-

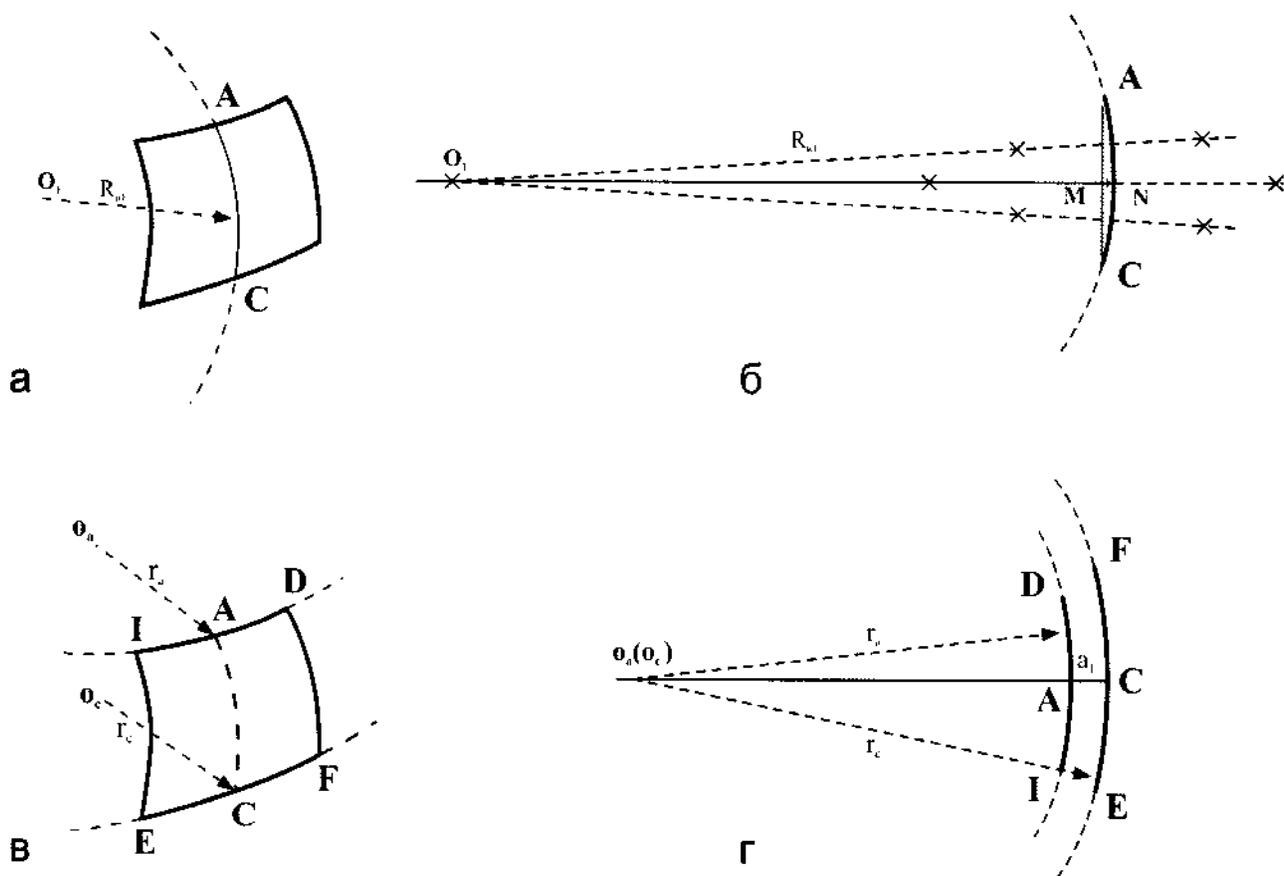


Рис.2. Установление математических характеристик формы: а,б) по дуге поверхности фрагмента в вертикальной плоскости; в,г) по дугам его поверхности в горизонтальной плоскости

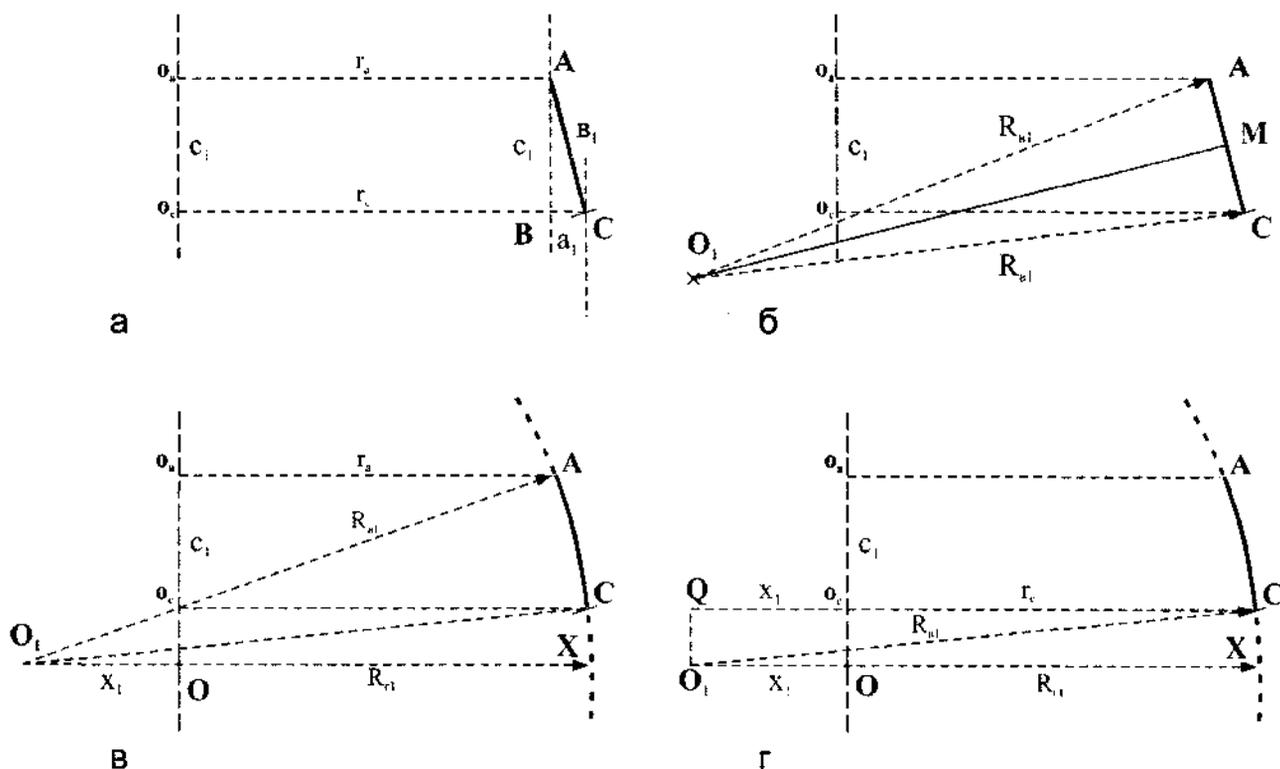


Рис.3. Восстановление поверхности радикала: а) позиционирование хорды дуги поверхности; б) определение местонахождения центра окружности вертикального сечения; в) установление линии экватора и его центра (графическое решение); г) проверка решения расчетом (см. формулы).

r_a, r_c, a, b_1 – измерения фрагмента. c, R_{a1}, x_1, R_{c1} – измерения или расчет.
 $c_1 = \sqrt{(b_1^2 - a_1^2)}$. $O_1M = \sqrt{[R_{a1}^2 - (b_1/2)^2]}$. $O_1O_c = \sqrt{[R_{a1}^2 - (x_1 + r_c)^2]}$. $R_{c1} = R_{a1} - x_1$

тому просто сошлемся на страницу нашей же статьи на ту же тему (Николаенко, 2004: 44).

Остается напомнить, что полученный и измеренный нами $R_{в1}$ является радиусом вертикального сечения фигуры, лежащей в основе радикала, и сразу может быть внесен в таблицу морфометрических данных сосуда (метрику).

2. Для характеристики кривизны поверхности фрагмента в двух горизонтальных плоскостях мы должны получить и измерить величины радиусов r_a и r_c , исходящих соответственно из центров o_a и o_c (рис.2в). Обе дуги поверхности (ID и EF) уже перенесены на бумагу (рис. 2г), границы их произвольны, величины хорд нам не нужны, и требуется только дважды повторить уже проделанную операцию. Следует помнить, что центры этих радиусов o_a и o_c лежат на одной оси, которая является центральной осью сосуда, и в дальнейшем нам понадобится величина a_1 – разность величин двух горизонтальных радиусов фрагмента радикала.

Итак, мы можем оперировать пятью величинами: одной из основных математических характеристик формы радикала $R_{в1}$. И результатами измерений свойств его фрагмента r, g, a, b .

С этого момента и далее все операции по реконструкции элементов сосуда мы будем предлагать в двух вариантах: графическом, простом и удобном, предназначенном, как принято говорить, для повседневного пользования, и расчетном, теоретическом, более доказательном, хотя и более сложном для восприятия. При этом сразу же заметим, что в развернутом виде расчетные способы тех или иных решений вообще не предназначены для практического использования. Необходимость в такой развертке существует только в случаях, подобных нашему: во-первых, для наглядного подтверждения правильности графических построений; во-вторых, для выведения этими способами соответствующих задачам формул, которые в практике и будут представлять собой расчетные варианты решений, контролируемые результаты решений графических.

Таким образом, если наша работа будет иметь продолжение, то совершаться она может двумя путями.

1. Графическая модель сосуда (контур) восстанавливается графическими же способами, а отдельные формулы применяются для ее проверки и поиска несоответствий. После измерений модели заполняется ее метрика, а затем и морфологический формуляр.

2. Все необходимые морфометрические характеристики получают с помощью формул. По ним, с одной стороны, строится графическая модель, с другой - заполняется формуляр с квалитетическими данными о форме сосуда.

Впрочем, если это и найдет когда-то свое применение, то пути и способы подскажут обстоятельства.

Восстановление поверхности радикала. Ни одна поверхность не может дать нам больше характеристик, чем она их имеет, поэтому постараемся с максимальной отдачей использовать тот минимум, которым уже располагаем. Под «отдачей» мы подразумеваем получение недостающих нам для восстановления поверхности радикала данных (рис. 3, фрагмент №1).

1. Для начала нам необходимо расположить фрагмент в пространстве под правильным углом и на необходимом расстоянии по отношению к центральной оси сосуда, т.е. позиционировать его. Для этого мы используем известные нам величины g_a , g , $a^{\wedge} \varphi$, (рис.3а), восстанавливая половину малого пояса поверхности, которому принадлежит данный фрагмент.

Графическое решение. От произвольно взятой вертикальной оси отложим два расстояния, равные g и g . Через полученные точки проведем две вертикальные линии, параллельные оси. На линии, удаленной от оси на расстояние g , отметим произвольную точку А. Затем, укрепив на ней ножку циркуля с раствором, равным длине хорды $AC = v$, сделаем засечку на второй линии, удаленной от оси на расстояние g , отметив точку С, и соединим точки А и С. Мы получили угол наклона хорды, на которую опирается дуга поверхности фрагмента радикала. Соединив горизонтальными параллельными линиями (радиусы g и g) точки А и С с осью в точках o и o , мы также зафиксировали положение хорды (фрагмента) относительно центральной оси сосуда, если принять за таковую ось $o o$.

Опустив перпендикуляр из точки А на линию g^{\wedge} в точке В, мы еще раз подтверждаем разность двух горизонтальных радиусов $BC = a_p$, после чего можем измерить высоту выделенного пояса поверхности $AB = c_r$.

Решение расчетом. На расстоянии g от произвольно взятой оси отмечаем точку А. Нам известна длина хорды $AC = B^{\wedge}VL$ разность двух горизонтальных радиусов $BC = a_r$. Для того чтобы хорда АС приняла свое истинное положение относительно вертикальной оси, она должна быть гипотенузой прямоугольного треугольника АСВ, в котором ВС равнялась бы a , а АВ была бы параллельна вертикальной оси и равнялась c_r .

Производим расчет: $AB = \sqrt{AC^2 - BC^2}$, то есть $c_r = \sqrt{v^2 - a^2}$. Из точки А проводим линию, параллельную вертикальной оси и равную c , заканчивая ее точкой В. Затем откладываем по горизонтали отрезок $BC = a_r$ и соединяем все три точки, то есть строим треугольник АСВ. Отрезок АС при этом должна равняться v_r .

Далее, соединяем точку А с точкой o на вертикальной оси перпендикулярным ей радиусом g_a , а от точки o на оси отсчитываем расстояние c вниз до точки o_c . Соединяем точки o и В. Линия $o_c C$ должна равняться радиусу g . Хорда АС дуги поверхности фрагмента приняла свое истинное положение.

2. Следующая операция - установление местонахождения центра O_j окружности, образующей радикал в вертикальной плоскости, относительно центральной оси сосуда и собственно фрагмента (рис.3б).

Графическое решение. Проверенный способ засечек. Из точек А и В хорды раствором циркуля, равным R_{B1} , делаем две засечки, а для верности еще и опускаем перпендикуляр из точки М (середина хорды). Центр O_j находится на образовавшемся перекрестии.

Решение расчетом. Дано: $O_j A = R$, $AM = AC/2 = v/2$. Решение: $O_j M = \sqrt{R^2 - AM^2}$, где $O_j M$ - длина перпендикуляра, опущенного из середины хорды АС до центра O_j . Отсюда $O_j M$

3. Теперь нам остается определить позицию фрагмента относительно экватора, а для этого необходимо определить линию диаметра экватора, установить его центр (О) и найти горизонтальный радиус (R_j).

Графическое решение (рис. 3в). Нам известно, что центры всех окружностей горизонтальных сечений геометрической фигуры расположены на одной вертикальной оси. Нам также известно, что центры ее образующей (в вертикальной плоскости) и направляющей (в горизонтальной плоскости) окружностей лежат на одной горизонтальной оси. Поэтому продолжим вниз вертикальную ось $o_a o_c$ (центральную ось сосуда), а затем из центра O_j проведем горизонтальную линию, перпендикулярную вертикальной оси. Точка их пересечения O является центром окружности экватора радикала сосуда, она же и центр его диаметра, который мы, в нашем просторечии, также именуем экватором.

Чтобы найти максимальный радиус радикала в горизонтальной плоскости R (половину его диаметра), из центра O_j раствором циркуля, равным $R_{в1}$, опишем дугу, проходящую через крайние точки хорды фрагмента A и C , восстанавливая тем самым дугу его поверхности, и продолжим ее, пересекая горизонтальную ось радикала в точке X . Расстояние OX и будет искомым радиусом радикала в горизонтальной плоскости $R_{н1}$, величину которого после измерения следует занести в метрику сосуда.

Таким образом, наши карандашные построения есть не что иное, как графические экстраполяции известных нам величин с соблюдением некоторых геометрических аксиом, тогда как расчетные выкладки опираются на ряд теорем, среди которых почетное место занимает теорема Пифагора.

Центральная ось сосуда и линия экватора (мы будем подразумевать под этим словом проекцию экватора, т.е. его диаметр) фактически образуют локальную координатную систему, позволяющую зафиксировать положение центра O , необходимого нам для дальнейших построений. Отсчет по оси ординат в данном случае равен нулю, расстояние от центральной оси сосуда до O_j (абсциссу) мы обозначим как x_r .

Решение расчетом.

Вариант А. Для получения величин x и R расчетным способом нам пришлось бы из центра O_j раствором циркуля, равным $R_{в1}$, продолжить дугу AC поверхности фрагмента в обоих направлениях до ее пересечения с продолжением вертикальной оси $o_a o_c$. Отрезок вертикальной оси, заключенный между окончаниями образовавшейся

большой дуги, явился бы ее хордой, отсекающей часть диаметра $20''X = 2R_{в1}$ образующей окружности, проходящего через центр O_j и середину хорды, т.е. по линии экватора радикала.

Отсекаемая часть диаметра представляла бы собой показатель прогиба отсеченной дуги и одновременно искомым радиус $R_{н1}$, который можно представить как $(R_{в1} - X_r)$, а оставшаяся часть равнялась бы $(R_{в1} + x_r)$. После этого нам оставалось бы измерить величину половины большой хорды (обозначим ее z) и применить формулу из предыдущей главы (раздел 1), соответственно видоизменив ее и получив $x = \sqrt{(R_{в1}^2 - z^2)}$.

Как нам известно, $R = R_{в1} - x$, а центр O окружности горизонтального сечения радикала (экватора) находится на пересечении его центральной оси с линией, проходящей через точку O_j и середину большой хорды. Теперь можно было бы отложить от точки O два полученных отрезка (в данном случае вправо) и на расстоянии x провести вертикальную ось. Расстояние $Oo_{н1}$ между нижней границей фрагмента и экватором тоже поддается вычислению (см. ниже).

Однако этот способ, ввиду его громоздкости и необходимости вводить дополнительную величину, мы описываем лишь для подтверждения возможности расчетного решения. Поэтому на рис. 3 не представлены соответствующие способу схема и формула.

Графическое решение гораздо проще и удобнее, а расчетом мы воспользуемся для проверки другой величины.

Вариант Б. Абсциссу x мы получаем измерением после установления местоположения O и продолжения вертикальной оси $o o_c$. (см. графическое решение). Зная ее, получаем $R = R_{в1} - x$ (рис. 3г).

Расчетный способ в данном случае поможет проверить результат графических действий, а именно: установить расстояние $Oo_{н1}$ от линии экватора до нижней границы пояса фрагмента (ординату точки o_c). Дано: $0, C = R_{в1}$, $QC = X_r$ ге. Решение: $Oo_c = O_1 0 = \sqrt{(O, C^2 - 0C^{2B})}$, или $Oo_{н1} = \sqrt{[R_{в1}^2 - (X_r + \Gamma)^2]}$.

Таким образом, мы позиционировали фрагмент поверхности радикала относительно экватора и центральной оси сосуда, восстановив при этом половину пояса геометрической фигуры, которой он принадлежит, и определив его высоту s_r . В итоге мы получили основные математичес-

кие характеристики исходной формы - радиусы ее образующей и направляющей окружностей (R_1, R_2), а также установили местоположение их центров (O_1, O_2). Для полного описания радикала как элемента сосуда не хватает величин его высоты H_j и диаметров D_1 и d_1 . Однако эти показатели могут быть выведены только как результат установления границ радикала с выше- и ниже-расположенными элементами сосуда, поэтому мы переходим к операциям восстановления нижнего свода, рассматривая его в двух вариантах: нижний свод - усеченный конус, и нижний свод - сфероид.

Восстановление нижнего свода I (конус)

В случае с прямой наклонной поверхностью фрагмента (отдельным рисунком этот вариант не представлен) отпадает необходимость учитывать значение кривизны ее в вертикальной плоскости. Поэтому для позиционирования фрагмента достаточно действий, описанных по схемам рис. 2в, 2г, 3а (в перевернутом их положении). Подразумевается, что предварительная часть работы, т.е. восстановление половины пояса нижнего свода, к которому относится фрагмент, уже проведена и нам известны его минимальные характеристики g, g_a, a_2, v, c , участвующие в дальнейших построениях. Все последующие рассуждения иллюстрируются рис. 4.

Графическое решение (рис. 4а). Опорной аксиомой для нас служит утверждение: прямая, проведенная под определенным углом к плоскости окружности, может касаться этой окружности только в одной, определенной точке.

Продолжим центральную ось радикала вниз от точки O и для наглядности перенесем на этот же лист чертеж восстановленной по фрагменту половины пояса нижнего свода $o_1 o_2$ СЛ, совместив их оси (внизу, пунктир). В практической работе, если предварительная работа совершается на отдельном чертеже, на общий рисунок достаточно перенести только опорные точки A' и C .

1. Нашим первым действием станет установление границы между радикалом и нижним сводом, проходящей через точки сопряжения их поверхностей. Еще раз напомним, что прямая линия поверхности нижнего свода является касательной к окружности, образующей поверхность радикала.

Продолжим линию $A'C$ в сторону экватора, после чего опустим на эту линию перпендикуляр из центра O_1 до их пересечения в точке T .

Здесь мы исходим из следующей аксиомы: перпендикуляр, опущенный из центра окружности на касательную к ней, пересекается с окружностью в точке касания. Линия AT параллельна линии поверхности нижнего свода, касательной к окружности радикала (говоря точнее, ею и является), поэтому сказанное также относится и к линии $A'T$.

Из центра O_1 циркулем с раствором равным R очертим дугу, соответствующую поверхности радикала, от точки X экватора до пересечения ее с перпендикуляром OT в точке N , которая представляет собой точку касания линии поверхности нижнего свода и окружности радикала.

Далее, приведем еще одно положение: линия, проходящая через центр окружности и точку сопряжения ее поверхности с другой поверхностью, перпендикулярна касательной окружности в этой точке. Читая это положение от конца к началу, приходим к выводу: точка N является точкой сопряжения поверхностей нижнего свода и радикала, и через нее проходит граница двух элементов $MN = l_1$, параллельная экватору. Удвоенная величина l_1 является нижним диаметром D_1 радикала и одновременно верхним диаметром D_2 нижнего свода.

2. Для полного восстановления нижнего свода поднимем перпендикуляры из точек A и C , а затем из точки N проведем вниз линию, строго параллельную линии TCA_1 . Новая линия пересечется с поднятыми перпендикулярами в точках A и C . Соединяя точки A, C и N , мы получаем линию поверхности нижнего свода от точки дна до точки ее сопряжения с поверхностью радикала.

3. Радиус $o_1 A = g_a$ является половиной линии дна. Удвоенная величина g_a характеризует его диаметр, т.е. малый диаметр d_2 нижнего свода. Складываем, $d_2 = 2g_a$.

4. После этого нам остается только измерить и внести в метрику высоту нижнего свода H_2 .

5. Кроме того, мы получаем величину подэкваториальной части высоты радикала $H - h_1$, где H - полная его высота, а h_1 - высота надэкваториальной части. Сами эти величины мы получим позднее, при восстановлении верхней части сосуда.

Решение расчетом (рис. 46). Из предшествующей части работы нам уже известны величины $R_{в1}$, x_1 радикала, а также a_2 , b_2 , c_2 , r_a нижнего свода (см. соответствующие отрезки на рисунке). Рассуждаем следующим образом.

1. Вычисляем подэкваториальную высоту радикала $OJL = H_1 - h_1$. Треугольник ABC подобен (\sim) треугольнику ASN как отсекаемый от него линией BC, параллельной основанию SN. В свою очередь, AASN-ANEOf по трем взаимно перпендикулярным сторонам. Следовательно,

AABC-ANEOf. Отсюда, стороны этих треугольников соотносятся как $AC/BC = ON/OE$, или, подставив их значения, $b_2/a_2 = R_{в1}/H_1 - h_1$. Выводим: подэкваториальная высота радикала $E^{\wedge} - \Pi = (R_{в1} - a_2) : b_2$.

2. Находим границу между радикалом и нижним сводом. Перпендикуляр, опущенный из центра O, в точку E, равен $(H_1 - h_1)$. Пересечение линии EN, параллельной экватору, и линии ON $= R_{в1}$ указывает точку N сопряжения линий поверхностей радикала и нижнего свода. Длина EN

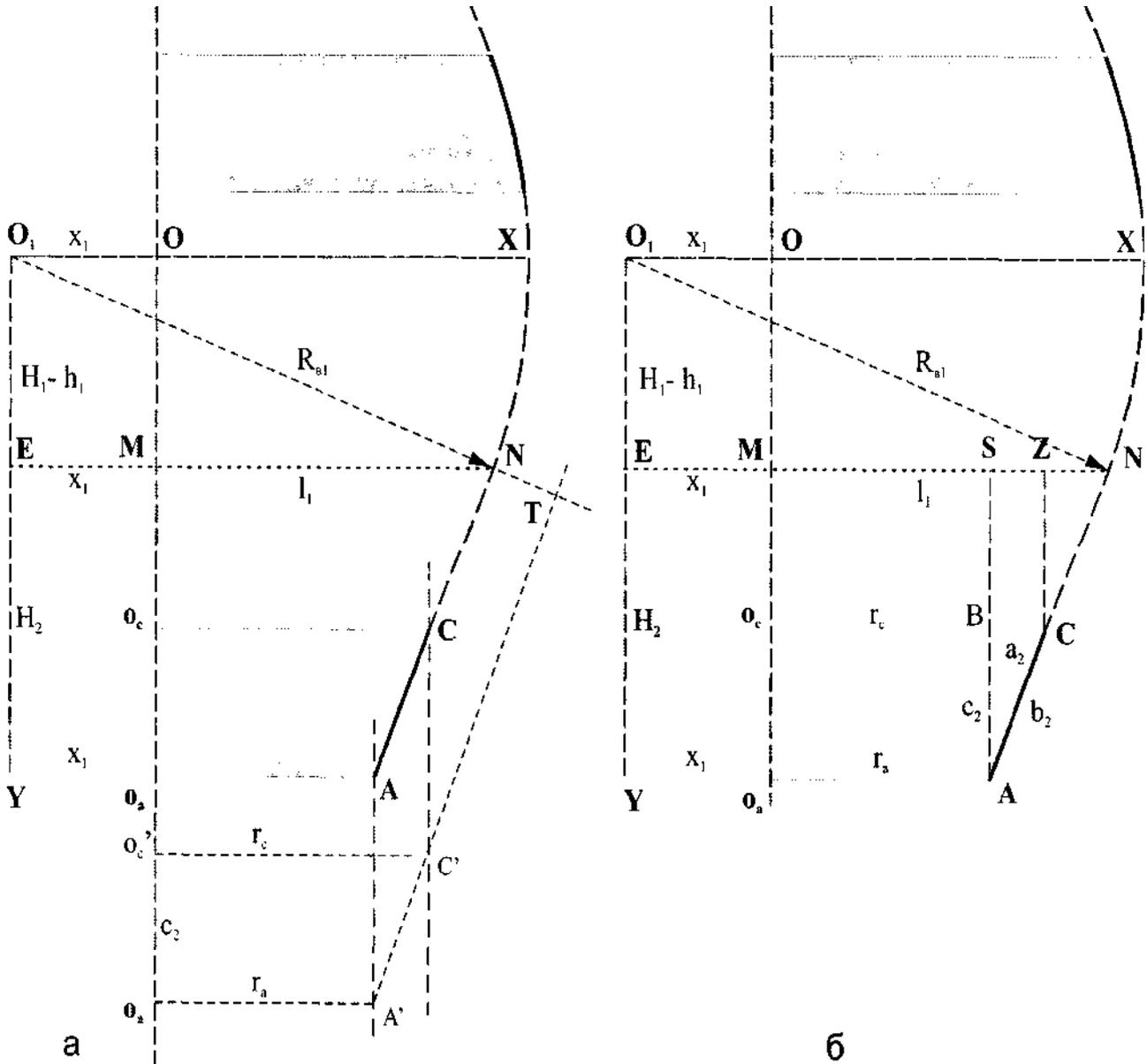


Рис. 4. Восстановление нижнего свода I (конус): а) графическое решение; б) решение расчетом (см. формулы).

r_1, r_2, a_2, b_2, c_2 - измерения фрагмента. $R_{в1}, x_1$ - характеристики радикала.
 $H_1 - h_1 = (R_{в1} \cdot a_2) : b_2$, $l_1 = \sqrt{[R_{в1}^2 - (H_1 - h_1)^2]} - x_1$, $2l_1 = D_1 = D_2$, $H_2 = [(l_1 - r_a) \cdot c_2] : a_2$, $d_2 = 2r_a$

вычисляется по формуле Пифагора. Отсюда, $EN = \sqrt{[V - avh]^2}$ -

Однако длина EN складывается из двух величин: $EM = x$, где x - известное нам расстояние между центрами O_1 и O (то есть разность двух радиусов, R_{B1} и R_{B2}), и $MN = l_j$ (расстояние от центральной оси сосуда до точки сопряжения поверхностей). Линия l определяет границу между двумя элементами и является одновременно половиной диаметров D_1 (радикала) и D_2 (нижнего свода). Поэтому вычисляем l как разность: $MN = EN - EM$, или $l = EN - x$. EN нам уже известна, и полная формула выглядит как $l_j = \sqrt{R_{B2}^2 - R_{B1}^2} - x$. Соответственно $2l_j = D_1 = D_2$.

3. Нам остается вычислить высоту нижнего свода H , равного отрезкам EY , Mo_a или AS (на рисунке). Располагая довольно большим количеством показателей, это можно сделать несколькими путями. В любом случае нам необходимо знать величину отрезка SN , отсекаемого перпендикуляром AS (т.н. заложение уклона поверхности). Получаем $SN = MN - MS$, где $MN = l_j$ нам уже известна, а $MS = r_a = r$ нижнего свода. Таким образом, $SN = l - r$.

Вариант А. Мы уже отмечали подобие треугольников ABC и ASN . Из этого подобия следует: $AS/SN = AB/BC$. Отсюда, сторона $AS = (SN \cdot AB) / BC$, то есть высота нижнего свода $H_2 = [(l - r_a) \cdot c] / a$. Величина \backslash получена предыдущими действиями.

Вариант Б. В расчетах можно использовать величины сторон треугольников ASN и NEO подобных по трем взаимно перпендикулярным сторонам. Их стороны соотносятся как $AS/SN = EN/OE$, откуда следует: $H = AS = (SN \cdot EN) / OE$. В развернутом виде формула выглядит пугающе громоздкой, однако в этом виде она не требуется, поскольку величины SN , EN и OE мы только что получили.

4. Радиус r является половиной нижнего, меньшего диаметра нижнего свода d (дно). Следовательно, $d = 2r$.

Характеристики можно заносить в метрику и использовать для восстановления или проверки восстановленного контура.

Восстановление нижнего свода Π (сфероид)

Как и в предыдущем случае, мы не будем приводить описание подготовительной работы. Предполагается, что восстановление полови-

ны сфероидального пояса нижнего свода по его фрагменту (рис. 1, №2) проведено совершенно аналогично восстановлению пояса радикала, с той разницей, что нам известна нижняя граница элемента.

Графическое решение (рис. 5). Наши действия определяются аксиомой: центры сопряженных окружностей лежат на одной прямой с точкой их сопряжения.

Полученную на предварительном этапе работы геометрическую фигуру (нижняя часть рисунка, пунктир) объединяем с незавершенным рисунком радикала, совмещая их центральные оси. Напомним, что в практике достаточно перенести точки O' , A , C , соблюдая их расположение относительно центральной оси.

1. Чтобы установить линию границы между двумя элементами и измерить ее длину l , необходимо найти точку сопряжения линий их контуров N , для чего, в свою очередь, требуется определить истинное положение центра O_2 образующей окружности нижнего свода. Согласно аксиоме, радиус меньшей из них входит в радиус большей. Поэтому расстояние между центрами O_2 и O_1 будет равняться разности их радиусов, $R - R_{B1}$.

Для нахождения местоположения центра O_2 поднимаем перпендикуляр из точки O' , а затем из центра O , циркулем с раствором равным $(R_{B2} - R_{B1})$ делаем засечку на перпендикуляре. Пересечение их укажет нам место центра O_2 . Теперь требуется только продолжить дугу поверхности радикала ($O_1; R_{B1}$) и провести прямую линию через центры O и O_2 до их пересечения в точке N , которая является точкой сопряжения двух поверхностей. Линия $MN = l$, параллельная экватору, является границей между элементами и равняется половине их общего диаметра в этой части сосуда (D_1, D_2). Измеряем ее и заносим в метрику.

2. Для полного восстановления нижнего свода поднимем перпендикуляры из точек A, C , а из центра O , циркулем проведем дугу окружности радиусом R_{B2} , начинающуюся в точке N . Ее пересечения с перпендикулярами в точках A и C укажут нам положение фрагмента и нижнюю границу сосуда.

3. Удвоенная величина r дает нам нижний диаметр d , сосуда (дна).

4. Остается измерить высоту нижнего свода H , (отрезки EY или Mo) и занести ее в метрику.

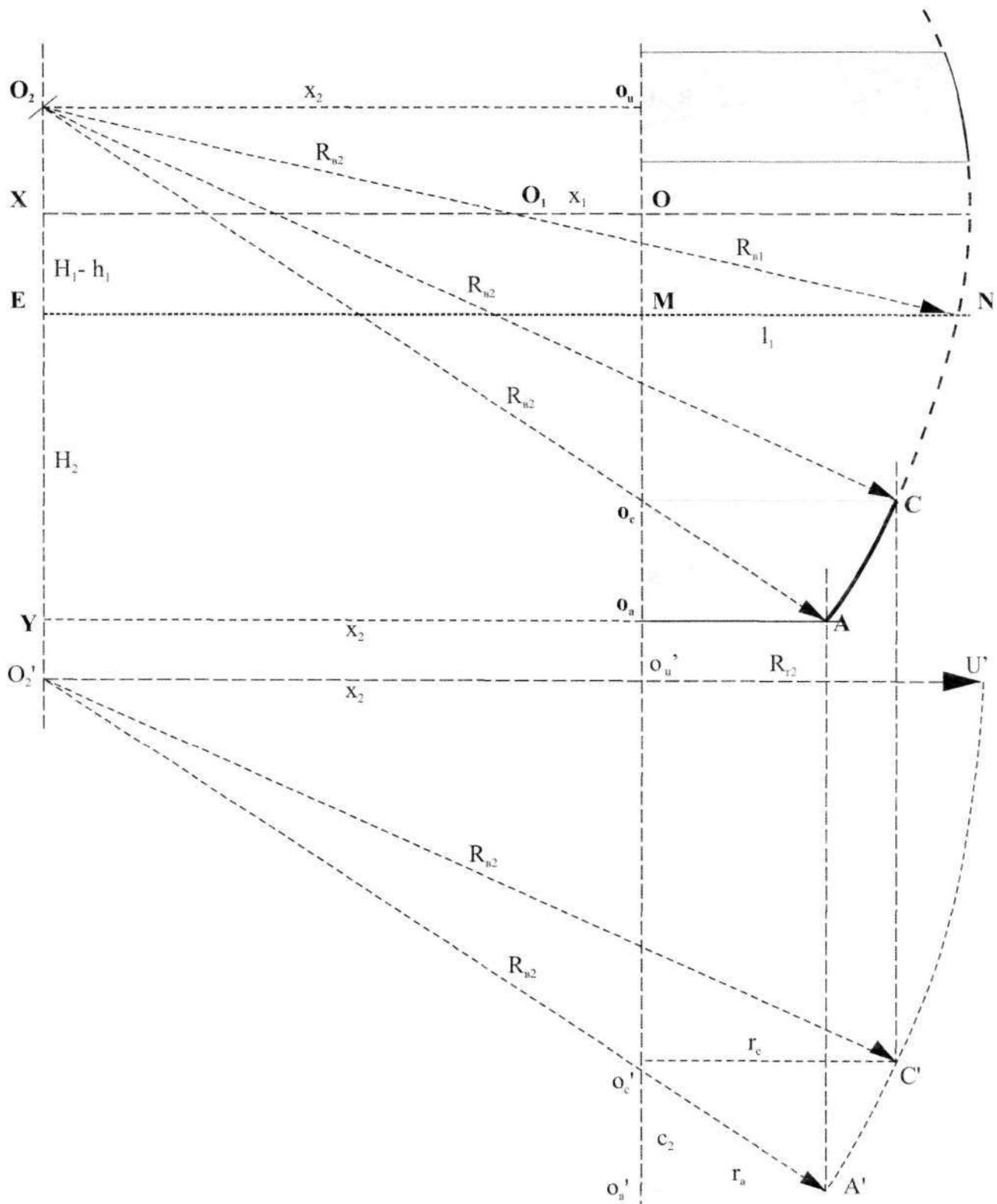


Рис. 5. Восстановление нижнего свода II (сфероид). Графическое решение

для их величины, $DN = [(x_2 - x^{\wedge} R^{\wedge} i CR - R_{B1})$. При этом DN складывается из $MN = 1$ и DM, которая равняется $OjO = x_1$. Следовательно, $\sqrt{DN} = DN - x_1$, или $lj = \{(x_1 - x^{\wedge} Rj^{\wedge} R^{\wedge} - RJ) - x_1$. Мы получили величину, равную половине D, или D_2 . Отсюда, $2l = D_2, = D_2$.

3. Теперь необходимо выяснить высоту нижнего свода-сфероида H. Рассмотрим треугольник O_2AY . Его гипотенуза $O_2A = R_{B2}$, а сторона YA является суммой $O_2A = r$ и $Y_0 - O_2o = x_1$. Высота треугольника $O_2Y = \sqrt{O_2A_2 - YA_2}$, или $O_2Y = \sqrt{R_2^2 - (x_2 + r_a)^2} - (H_r h_1) - y_2$.

Но высота OD, в свою очередь, складывается из $EY = H_2$, $XE = H_j - h_j$ и $OD = y$. Следовательно, $EY = O_2Y - XE - O_2X$, а в развернутом виде формула приобретает следующий вид: $H_2 = \sqrt{R_2^2 - (x_2 + r_a)^2} - (H_r h_1) - y_2$.

4. Можно заносить в метрику характеристики, включая диаметр дна $d_2 = 2r$.

Напомним о случае, когда нижняя граница сосуда представлена лишь слабым признаком, точкой, лежащей на линии дна, и дугу горизонтального сечения пришлось фиксировать выше этой точки. После восстановления поверхности нижнего свода (любой формы) требуется просто продолжить линию его контура, измерить циркулем на фрагменте недостающее расстояние между точкой A дуги и реальной точкой дна, отложить его на контуре элемента и провести новую линию дна. Остается только не забыть внести соответствующие исправления в величины радиуса дна r и высоты элемента H_2 ,

Восстановление транзистора

Предварительные операции. Процедура снятия внешних данных и получения минимальных характеристик фрагмента принципиально остается той же, что и при работе с другими сфероидами. Отличие заключается в противоположном изгибе поверхности, поэтому центр окружности O_3 , дуга которой образует эту поверхность, соответственно будет находиться по другую ее сторону. Там же будет находиться и воображаемая хорда, стягивающая концы дуги, а место экватора займет горловина (контрактура) - наименьший диаметр сосуда. Абсцисса центра $O_3 = x$ будет складываться из величин радиусов R_{B3} (радиус вертикальной, образующей окружности) и R (радиус горизонтальной, направляющей окружности, т.е. половина горловины).

Сложность процедуры заключается в неформализуемости очертаний венчиков сосудов. Разнообразные выступы, утолщения или, напротив, срезы и приострения края отверстий не обладают, за редкими исключениями, самостоятельной, определенной и измеримой геометрической формой. Столкнувшись когда-то с этой проблемой, мы условились рассматривать венчики как деформации поверхностей сосудов, вызванные функциональными, техническими и отчасти декоративными потребностями. Той же позиции мы придерживаемся и в данном случае.

Способ, который не решает, но позволяет обойти эту проблему, мы уже использовали при описании сосудов (Николаенко, 2006: 39), его же собираемся использовать и в дальнейшем. Этот способ предполагает продолжение дуги контура транзистора до пересечения ее с линией, проходящей через крайние верхние точки контура (супремально). Выступ в этом случае как бы «срезается», а недостающая часть поверхности восполняется. Этим действием мы отграничиваем венчики для специального рассмотрения их конфигураций, а себе оставляем «чистую» форму поверхности элемента.

В процессе реконструкции это происходит следующим образом. Нижнюю дугу горизонтального сечения фрагмента мы снимаем как обычно, у его нижнего края. Линию верхней дуги снимаем у самой границы венчика, отделяя его (фрагмент № 3, рис.1, 3а). Дугу вертикального сечения, заключенную между ними, на дополнительном рис. 7а обозначаем АВ. Как и в работе с радикалом, переносим дуги на бумагу, производим измерения и вычисления, словом, совершаем все необходимые предварительные действия, устанавливая позицию фрагмента относительно вертикальной оси и горловины. Также определяем положение центра O_3 , расположенного на линии горловины OV , после чего восстанавливаем пояс фрагмента (половину его) и неопределенную часть контура самого транзистора.

Однако у нас остается еще не учтенная, скрытая венчиком часть высоты и контура элемента, иногда довольно значительная по размерам. Чтобы внести ее в чертеж и дальнейшие расчеты, существуют два варианта действий (рис. 7, увеличен вдвое).

Вариант А. Фиксирование крайних точек. Форма собственно венчика в этом случае не учитывается.

Измерительным циркулем делаем два замера на фрагменте: от линии нижней дуги до произвольной, максимально удаленной от нее в вертикальной плоскости точки D на кромке фрагмента, и от линии верхней дуги до той же точки D (рис. 7а). Сделать это удобнее всего на линии излома фрагмента. Отложив обычным циркулем полученные величины от точек A и B на восстановленном по фрагменту контуре пояса, делаем засечки, указывающие положение этой экстремальной точки сосуда, и проводим через нее условную линию его верхней границы, параллельную горловине (супремаль). После этого продолжаем дугу поверхности АВ радиусом R из центра O₃ до ее пересечения с супремалью в точке С, которая и будет в наших построениях условно крайней (исчисленной) точкой недеформированной поверхности элемента (рис. 7б). Никаких повторных расчетов не требуется, необходимо только измерить надгорловинную высоту восстановленной части контура h₃ (отрезок o₃o_с на рисунке) и верхний, исчисленный радиус элемента г (расстояние от центральной оси до точки С).

Повторив эту процедуру с другой точкой венчика, максимально удаленной от точек А и В в горизонтальной плоскости (на рисунке не приводится), мы отметим границы венчика, восстановив затем его очертания, что называется, от руки. А подняв от горловины перпендикуляр, проходящий через эту точку до пересечения его с супремалью, мы получим внешний радиус устья, близкий к реальному.

Вариант Б. Копирование и перенос формы. Перенос на бумагу дугу вертикального сечения, можно сделать слепок всей поверхности фрагмента, включая контур венчика. После этого на рисунке зону венчика нужно условно отделить по намеченной нами линии верхнего сечения фрагмента о₃В, зафиксировав тем самым ее высоту и форму. По окончании восстановительной работы с нижним, измеренным участком фрагмента граница о₃В уничтожается, и надгорловинная часть транзитора приобретает законченный вид.

Второй способ удобнее, поскольку операции совершаются только на бумаге. Супремаль проводится через верхнюю точку контура венчика, максимально удаленную от горловины. Как и в предыдущем варианте, точка С находится на пересечении супремали с продолжением выделенной дуги поверхности фрагмента АВ. Измеряются величины г_с (исчисленного или реального) и h₃, после чего мы переходим к завершающему этапу реконструкции контура сосуда.

Скажем прямо, что на практике все происходит гораздо проще, а формализацией этих мало-заметных действий мы занимаемся с расчетом на перспективу, о которой упомянем ниже.

Завершение реконструкции контура (рис. 8).

Графическое решение иллюстрируется на рис. 8а. Как и прежде, переносим на общий лист контур восстановленной половины пояса транзитора (или ее опорные точки A^C', O₃') и совмещаем его центральную ось с осью радикала.

1. Расстояние между центрами соприкасающихся окружностей равно сумме их радиусов. Из центра O₃' опускаем перпендикуляр в сторону экватора радикала. После этого из центра O₃ цир-

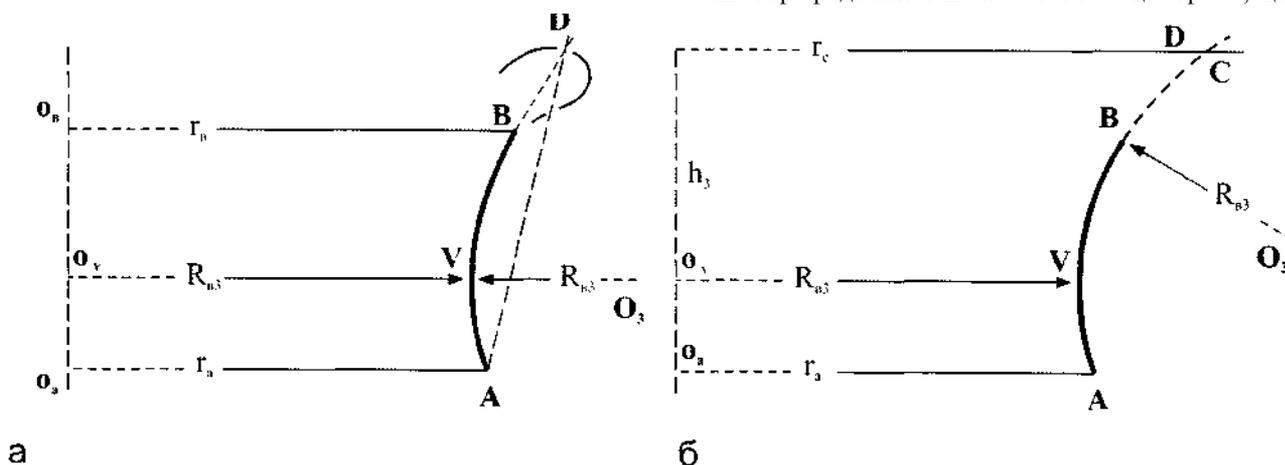


Рис. 7. Восстановление транзитора: дополнительные измерения и графические операции

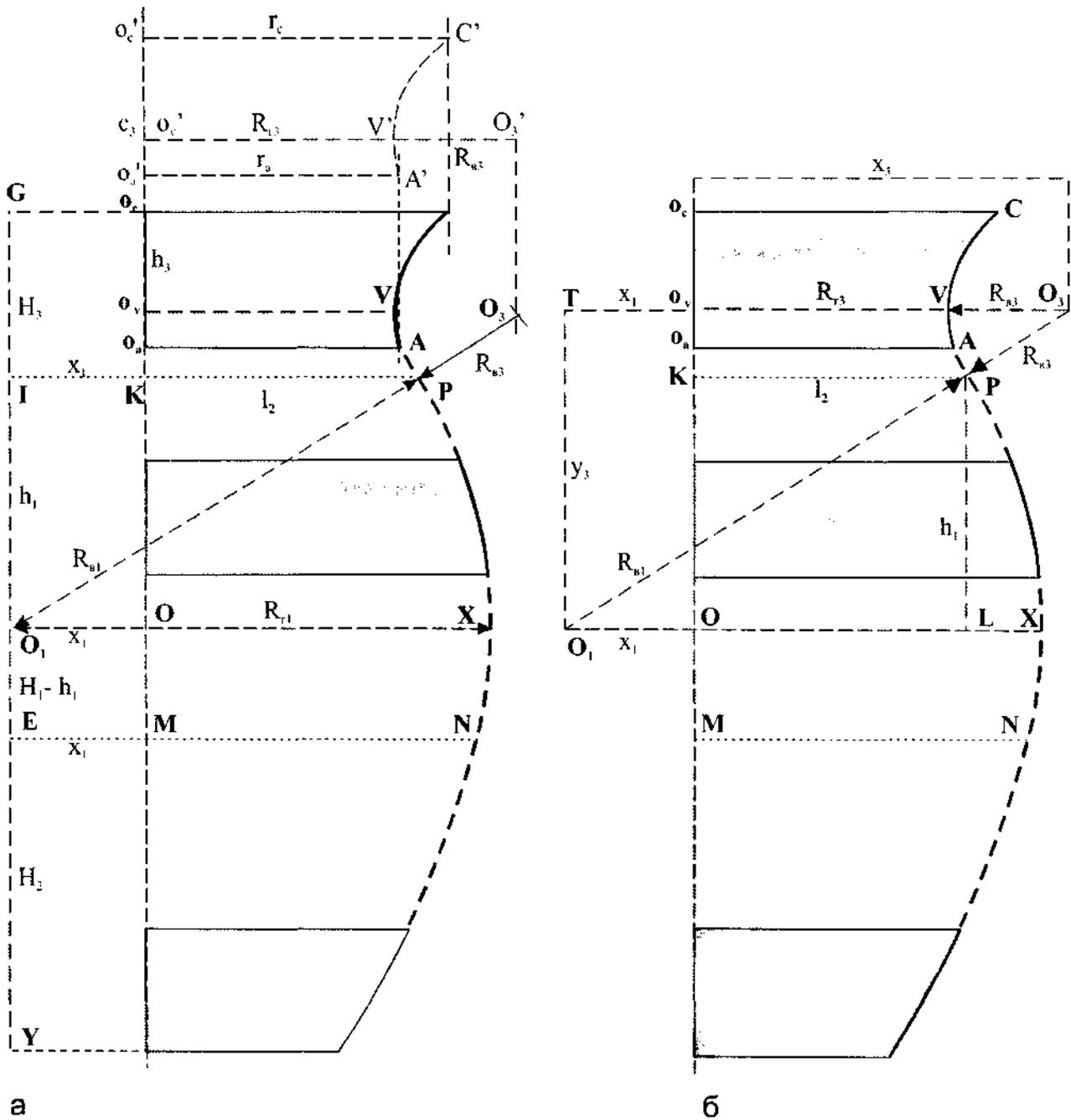


Рис. 8. Восстановление транзистора и завершение реконструкции контура сосуда: а) графическое решение; б) решение расчетом.

$r_1, r_2, R_{st}, R_{23}, h_3$ - измерения фрагмента. $R_{st}, x_1, (H_1 - h_1)$ - характеристики радикала.
 $h_1 = (y_3 \cdot R_{st}) : (R_{st} + R_{23})$, где $y_3 = \sqrt{[(R_{st} + R_{23})^2 - (R_{23} + R_{23} + x_1)^2]}$. $H_3 = (y_3 - h_1) + h_3$
 $H_1 = (H_1 - h_1) + h_1$, $l_2 = \sqrt{[(R_{st}^2 - h_1^2)]} - x_1$, $2l_2 = d_1 = d_3$, $D_3 = 2r_c$

кулем с раствором, равным сумме двух радиусов ($R + R_{B3}$), делаем засечку на перпендикуляре. Пересечение линий укажет нам истинное положение центра O_3 . Для проверки: расстояние между центром O_3 и центральной осью должно равняться $x = R_{B1} + R_{B3}$.

2. Центры сопряженных окружностей находятся на одной линии с точкой их сопряжения. Соединяем центры O_1 и O_3 , а затем из центра O_1 раствором циркуля, равным R_{B1} , описываем поверхность радикала, продолжая дугу поверхности его фрагмента. Точка P пересечения дуги и линии O_1O_3 является точкой сопряжения поверхностей радикала и транзистора.

Проводим линию KP , параллельную экватору и горловине, обозначающую границу между элементами.

3. Из центра O_3 циркулем с раствором, равным R_{B3} , описываем поверхность транзистора, начиная дугу от точки P .

4. Из точек A, C опускаем перпендикуляры до их пересечения с дугой поверхности транзистора. Точки A и C укажут границы фрагмента и предел вертикального контура сосуда (на рисунке 8а возможна опечатка - отсутствие обозначения C).

Восстановление контура, точнее, его половины, закончено.

5. Теперь остается только провести измерения и получить недостающие характеристики радикала и транзистора.

Величина радиуса $r_1 = O_1C = O_1C_1$. $2r_1 = D_1$ (верхний диаметр транзистора, устье).

Полная высота транзистора $H = GI = O_1K$, а высота h ее надгорловинной части нам уже известна.

Диаметр горловины равен $2R_{B3}$.

Измеряем границу между элементами $KP = 1$ и удваиваем ее. $2l_1$ равняется верхнему, меньшему диаметру радикала d_1 и одновременно нижнему, меньшему диаметру транзистора d_3 .

Расстояния $Ю$ или $КО$ представляют надэкваториальную высоту радикала h_1 .

Суммируя ее с уже известной нам величиной $(H, -h_1)$, получаем полную высоту радикала H_1 .

Характеристики можно занести в метрику.

Решение расчетом представлено на рис. 8б. Для расчетов нам потребуются величины R_{B1} , x , R_{B3} , R_{T3} и полученная измерением h_3 .

1. Рассмотрим треугольник O_1O_3T . Его гипотенуза O_1O_3 равна сумме двух радиусов в вер-

тикальной плоскости - радикала и транзистора. $O_1O_3 = R_{B1} + R_{B3}$. Горизонтальный катет TO_3 складывается из отрезков VO_3 , OV и TO_3 , являющихся, соответственно, радиусами R_{B3} , R_{T3} и абсциссой центра $O_3 = x$. Высота треугольника $TO_3 = y_3$ (ордината центра O_3). Она является расстоянием от экватора до горловины и вычисляется по классической формуле: $TO_3 = \sqrt{(R_{B3} + R_{T3})^2 - x^2}$, то есть $y_3 = \sqrt{(R_{B1} + R_{B3})^2 - (R_{B1} + R_{B3} + x)^2}$.

2. Треугольник O_1PL подобен треугольнику O_1OT по одной общей и двум параллельным сторонам. Из соотношения их сторон $O_1O_3/TO_3 = O_1P/PL$ следует, что сторона $PL = (TO_3 \cdot O_1P) : O_1O_3$. Поскольку $TO_3 = y_3$, $O_1P = R_{B3}$, а $O_1O_3 = R_{B1} + R_{B3}$, то надэкваториальная высота радикала h_1 , равная PL , вычисляется по формуле $h_1 = (y_3 \cdot R_{B3}) : (R_{B1} + R_{B3})$, $r_{fley_3} = \sqrt{(R_{B1} + R_{B3})^2 - (R_{B3} + R_{B3} + x_1)^2}$.

3. $TO_3 - PL = OK$, то есть разность y_3 и h_1 дает нам подгорловинную часть высоты транзистора $(H - h_1)$. Сложив ее с известной нам по измерениям h_3 , мы получаем полную высоту восстановленного транзистора H_3 . $H_3 = (y_3 - h_1) + h_3$.

4. Сложив h_1 с известной нам величиной $H - h_1$, мы получаем полную высоту радикала $H_1 = (H - h_1) + h_1$.

5. Чтобы вычислить величину $KP = 1$ (граница между элементами), вернемся к треугольнику O_1PL . Его сторона $O_1L = \sqrt{(O_1P)^2 - PL^2}$, то есть $O_1L = \sqrt{(R_{B3})^2 - h_1^2}$. Однако линия O_1L складывается из расстояния между центрами $O_1O_3 = x$, и отрезка $OL = KP$. Таким образом, $KP = OL = O_1L - O_1O_3$. Соответственно $1 = \sqrt{(R_{B3})^2 - h_1^2} - x$.

Нам известно, что $2l_2$ представляет собой d_1 (верхний, меньший диаметр радикала) и d_3 (нижний, меньший диаметр транзистора). $2l_1 = d_1 + d_3$.

6. Верхний, больший диаметр транзистора (устье) $D_3 = 2r_3$.

Заносим расчетные характеристики в метрику и сравниваем их с измерениями, сделанными в процессе графического решения задачи.

Теперь остается только воссоздать недостающую половину контура, зеркально отразив ее по другую сторону центральной оси сосуда.

Заключение

На рис. 9 представлены два контура, говоря точнее, два варианта контура сосуда, полученные описанным методом. При одинаковой высоте и экваторе (отмечен штрихом), будучи совершенно идентичными в верхней части, изображения,

тем не менее, имеют ряд различий в диаметрах и высотах элементов ниже экватора, соотношениях этих величин, а также в уклонах и конфигурациях линий контуров самих элементов. Причиной расхождений является изменение свойств поверхности фрагмента нижнего свода (для примера, № 2, рис. 1). Представив ее, в качестве допущения, как прямую, устранив и без того слабую ее кривизну, мы вызвали тем самым цепную реакцию изменения характеристик и самого нижнего свода, и граничащего с ним радикала (для сравнения - рис. 6,4 и 8а,8б). Если принять наше допущение за ошибку в исходных данных, то следствием ее будет, как это видно по изображениям, искажение реальных очертаний сосуда.

Первое, что следует из приведенного примера и на что мы уже обращали внимание в начале работы, это необходимость тщательной фиксации морфологических свойств фрагментов, используемых для реконструкции контура.

Второе обязательное условие - максимально возможная точность в измерениях этих свойств и получении первичных, исходных данных каждого из фрагментов (а, в, с, г, г), от которых зависит реалистичность **основных** характеристик форм элементов R , R и вспомогательных величин x , y .

И, наконец, третье, желательное условие - дублирование, при наличии достаточного количества материала, предварительных операций по установлению основных характеристик форм для получения их усредненных величин.

При внимательном чтении не составляет труда заметить, что именно на этих характеристиках геометрических фигур преимущественно строятся и графические и расчетные решения, величины же свойств их фрагментов, выполнив свою задачу в начале работы, впоследствии используются выборочно, в отдельных случаях (вариант с конусом на рис. 4). Каждая из вычисляемых высот и границ элементов (H , h , l) участвует, по мере своего появления, в дальнейших расчетах и выведении

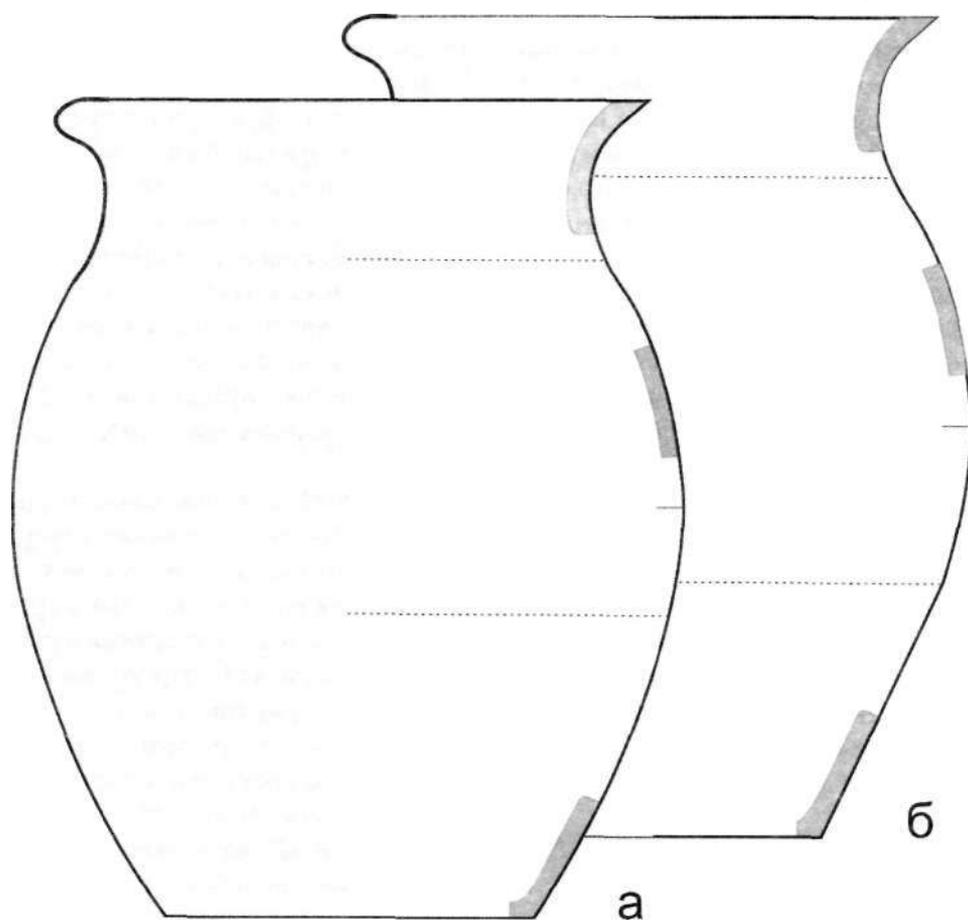


Рис. 9. Результаты реконструкции: а) контур сосуда со сфероидальным нижним сводом; б) контур сосуда с конусообразным нижним сводом

следующего показателя, что хорошо заметно по содержанию конечных формул.

Графический способ решения задачи прост и удобен. После восстановления малых поясов поверхности сосуда процесс его реконструкции напоминает нанизывание на ось колечек детской игрушки согласно установленным правилам. И сами колечки, и правила игры, разумеется, сложнее, но и дитя уже знакомо с началами евклидовой геометрии. Однако для убедительности результатов этого способа, помимо их теоретического обоснования, необходимо также практическое подтверждение достоверности характеристик восстановленных форм.

Возможность такого подтверждения дает расчетный способ, который, несмотря на кажущуюся, быть может, сложность, требует только упорядоченности исходных данных и определенной последовательности их использования в формулах. Как говорил в таких случаях Эркюль Пуаро, нужны всего лишь порядок и метод, приведенные в соответствие друг другу.

Не опробовав методику на более сложных формах, считаем преждевременным говорить о ее универсальности, но уверены, что она применима ко многим ситуациям если не в полном объеме, то отдельными процедурами, например, для восстановления элементов или недостающих их поясов в контурах частично утраченных сосудов.

Совершенно уместно вспомнить строку из песни суворовских времен, вошедшую в поговорку: гладко было на бумаге.... Но есть и более оптимистичные утверждения, например, не так страшен черт... (в нашем случае горшок), попытка не пытка и многое другое, поэтому эксперименты на тему реконструкции сосудов никому не противопоказаны, а возможные при этом затруднения могут быть выявлены и устранены только в практической деятельности. Во всяком случае, такие опыты предпочтительнее интуитивных дорисовок и намного продуктивнее их. Мы, со своей стороны, заняты поиском реального археологического материала, позволяющего сравнить результат восстановительных операций с оригиналом.

Овладение методом не требует ни особых условий, ни специального оборудования. Как и для всякого исследования, для реконструкции сосудов необходимо время, терпение и конечная цель. Нам эта цель видится в поднятии пластов

накопленных в запасниках материалов, введении, по мере возможности, в научный оборот омертвленных находок и пополнении базы морфологических данных в области изучения керамики.

Первые опыты всегда производятся с карандашом и линейкой, что называется, на колене, и представляют собой довольно длительное занятие. При более же основательной постановке дела, в наше время, «когда космические корабли бороздят...» и т.д., не существует принципиальных препятствий для создания компьютерных программ сегментации, измерений, математического описания и сравнения сосудов. Аналогичная программа может быть создана и для реконструкции контуров сосудов по отдельным фрагментам. В конечном счете, эти процедуры неизмеримо проще и гораздо менее специфичны, чем, например, краниометрические операции, а применение их к массовому материалу могло бы привести к достаточно интересным выводам.

Масштабные изыскания в этой области могли бы заложить основы вазологии как одного из археологических направлений. Однако для работы в широком спектре форм с соответствующим охватом территорий потребовались бы объединенные усилия большого количества людей заинтересованных, располагающих временем, возможностями и необходимым материалом. К сожалению, подобное сочетание условий и факторов не часто встречалось и в лучшие времена.

В качестве приложения мы приводим способ реконструкции сосудов с округлой, сферической донной частью, представляющих более ранний период гончарного производства.

Восстановление донного сегмента

Нет смысла останавливаться на операциях с фрагментом радикала и способах получения характеристик его исходной геометрической фигуры ($R_{в1}$, $R_{г1}$, X_j и h_j), описанных в разделе «Восстановление радикала». Предполагаем, что первая часть работы уже проделана.

Что касается фрагмента сферической донной части сосуда, проекцию которого мы обозначаем как малый сегмент, то в этом случае нашей непосредственной целью является восстановление из него полного, большого донного сегмента, представляющего собой законченный нижний свод. Соответственно, мы должны найти его высоту, высоту подэкваториальной части радикала, а так-

же определить границу между двумя восстановленными элементами.

Имея дело с донным сегментом, удобнее работать с полным контуром сосуда, а не с его половиной, как в других ситуациях (рис. 10).

Предварительная работа. После того как мы убедились в сферичности поверхности фрагмента, то есть в том, что радиусы дуг ее сечений в различных плоскостях равны (или, скорее, близки к этому), фиксируем несколько вариантов дуг, отмечая точки их окончаний. Проводим хорды, определяем радиусы и получаем усредненную величину R_{B2} (радиус исходной окружности сег-

мента). Начертив произвольный отрезок дуги данного радиуса в горизонтальной плоскости, отсекаем часть ее хордой AC , приблизительно равной по своей длине одной из тех, что мы получили в реальности. Значимой роли этот показатель не играет, главной для нас является величина радиуса полученной нами графической модели малого сегмента

Позиционирование малого сегмента по отношению к радикалу начинается, как и в предыдущих случаях, с совмещения их центральных осей, при этом центральная точка N' (N) дуги малого

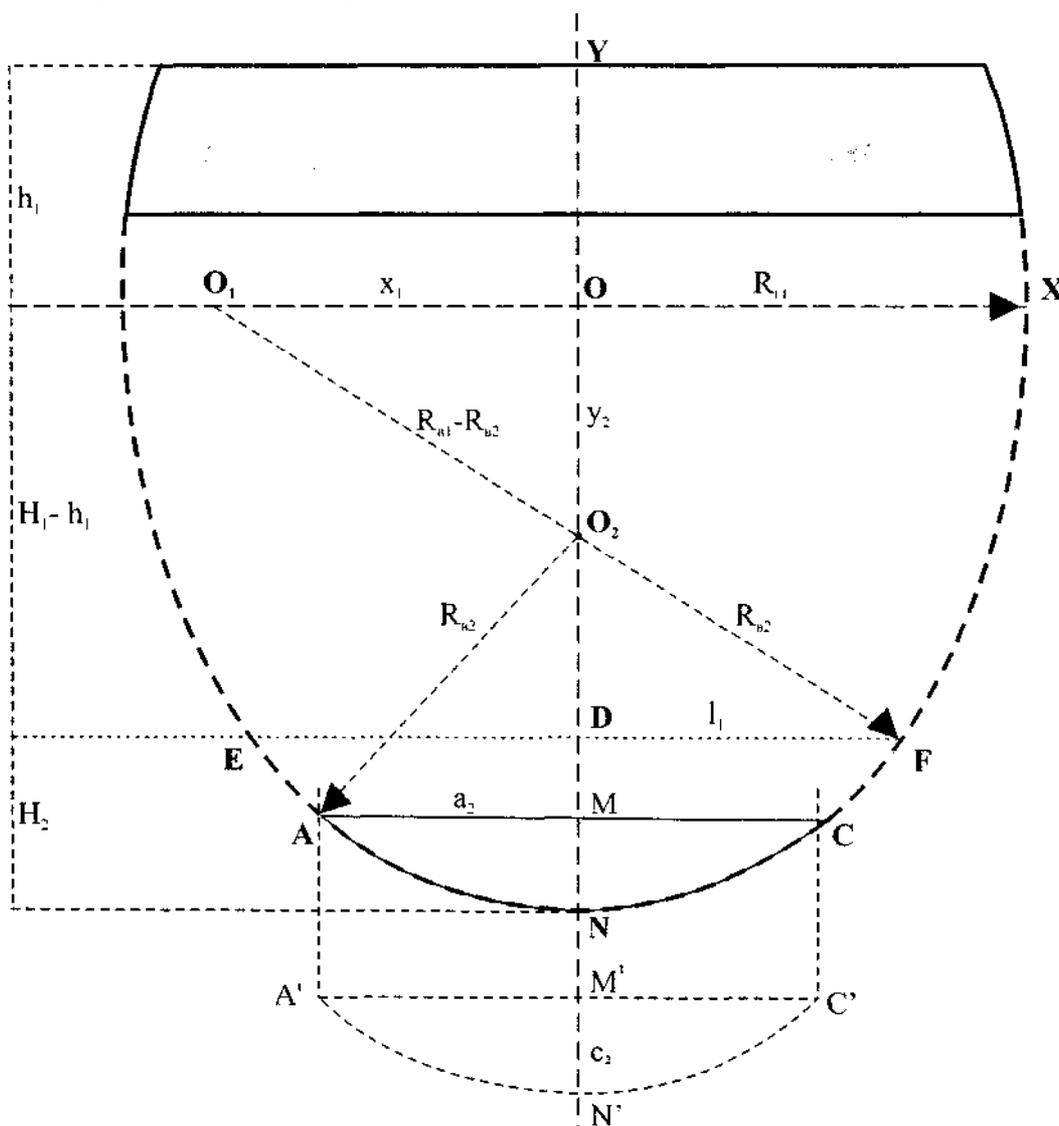


Рис. 10. Восстановление донного сегмента: графическое и расчетное решения.

R_{B2}, a_2, c_2 – измерения фрагмента. R_{r1}, R_{r2}, x_1, h_1 – характеристики радикала.

$$H_1 = [(y_2 \cdot R_{B2}) : (R_{r1} - R_{B2})] + y_2 + h_1, \text{ где } y_2 = \sqrt{[(R_{r1} - R_{B2})^2 - x_1^2]}.$$

$$H_2 = R_{B2} - [(y_2 \cdot R_{B2}) : (R_{r1} - R_{B2})]. \quad l_1 = (R_{B2} \cdot x_1) : (R_{r1} - R_{B2}). \quad 2l_1 = d_1 = D_2$$

сегмента принимается за точку дна независимо от того, является ли она ей в действительности.

Окончательное установление его местоположения (относительно экватора радикала) должно стать результатом дальнейших операций.

Графическое решение. Переносим контур малого сегмента А'С'N' (внизу, пунктир) на общий лист и совмещаем центральные оси его и радикала. Центральной осью малого сегмента в данном случае является линия, проходящая через центральные точки его дуги и хорды N' и M'.

1. Аксиома, из которой мы исходим, как исходили и в предыдущих случаях: центры сопряженных дуг окружностей и точка их сопряжения находятся на одной линии. Следовательно, радиусы этих окружностей ($R_{B1} = O_1F$, $R_{B2} = O_2F$) накладываются друг на друга и расстояние между центрами окружностей O_1 и O_2 должно равняться разности их радиусов ($R_{B1} - R_{B2}$).

Местоположение центра O на экваторе радикала нам известно, а центр O , должен находиться на центральной оси сосуда, по которой проходит максимальный диаметр окружности, включающей в себя дугу малого сегмента. Поэтому раствором циркуля, равным ($R_{B1} - R_{B2}$), из точки O делаем засечку на центральной оси, которая и укажет нам местоположение центра O .

Проводим через точки O и O , линию, выходящую за пределы предполагаемого контура сосуда. Далее, из центра O циркулем очерчиваем линию поверхности радикала радиусом R , от точки X на экваторе до ее пересечения с продолжением линии O_1O . Точка их пересечения F является точкой сопряжения поверхностей радикала и донного сегмента.

2. Через точку F проводим линию, параллельную экватору, которая указывает границу между элементами. Из центра O_2 циркулем описываем дугу поверхности донного сегмента радиусом R от точки F до пересечения ее с границей в точке E . Измеряем длину отрезка $EF = 2l$, который равен d_1 (нижнему, меньшему диаметру радикала) и D , (единственному диаметру донного сегмента). Теперь можно восстановить вторую, левую часть контура радикала.

3. Измеряем отрезок OD , определяющий высоту подэкваториальной части радикала. $OD = H_1 - h_1$. Суммируя OD с известной нам величиной $Ц$, мы получим высоту радикала H .

4. Измеряем отрезок DN , равный высоте восстановленного донного сегмента H_2 .

Подняв перпендикуляры из точек А'С' дополнительного чертежа до их пересечения с контуром донного сегмента, мы обозначим приближительную границу его фрагмента точками А и С.

Заносим полученные измерениями характеристики в метрику.

Решение расчетом. Для работы нам необходимы величины R , x , h , полученные при восстановлении радикала, и R_{B2} (см. рис. 10).

1. В прямоугольном треугольнике O_1O_2O сторона $OO = \sqrt{COJO^2 - OJO^2}$. При этом нам известны гипотенуза $OO = R - R_{B2}$ и сторона $O_1O = x$. Сторона OO представляет собой расстояние y , от центра O экватора до центра O_2 исходной окружности сегмента. Следовательно, $OO = y = \sqrt{[(R - R_{B2})^2 - x^2]}$.

2. Смежные треугольники O_1OO , и DO_2F подобны по двум общим и двум параллельным сторонам. Отсюда $O_1OO/O_2FO = OO/DO_2$.

Стороны O_1O , и OO нам известны (см. выше), также мы знаем, что $O_2F = RB_2$. Расстояние OD есть расстояние от центра O_2 до линии EF , являющейся границей между радикалом и донным сегментом. Из соотношения сторон треугольников получаем $OD = (OO \cdot O_2F) / O_1O$, или, раскрыв содержание формулы, $OD = (y \cdot RB_2) / (R - R_{B2})$.

Практически в этот момент мы уже можем восстановить контур сосуда, очертив циркулем линии поверхностей радикала и сегмента из центров O , и O_2 соответствующими радиусами и проведя затем линию границы между ними через точку D .

3. Полученные величины OD и OO , вместе взятые, равняются подэкваториальной высоте радикала ($H - h$), а в сумме с YO , известной нам как h_1 , дают полную высоту радикала $YD = H$. Таким образом, $YD = OD + OO + YO$, а в развернутом виде $H = [(y \cdot RB_2) / (R - R_{B2})] + y + h_1$, где $y = \sqrt{[(R - R_{B2})^2 - x^2]}$.

4. Из подобия треугольников O_1OO и DO_2F (см. выше) выводим: $OO/DO_2 = O_1O/O_2O$. Отрезок $DF = l$ есть половина линии EF , представляющей границу между элементами. $DF = (OO \cdot O_2F) / O_1O$, то есть $l = (y \cdot RB_2) / (R - R_{B2})$. Удваиваем эту величину и получаем $2l = d = D$.

5. Отрезок O_2N есть расстояние от центра окружности, которой принадлежит сегмент, до его крайней точки (точки дна сосуда), извест-

ное нам, как ее радиус. Следовательно, $0, N = R$. Расстояние от того же центра до границы между элементами $0_2 D$ нам тоже известно. Отсюда, высота донного сегмента $H, = DN$ является разностью этих величин. $DN = 0_2 N - 0_2 D$, или $H, = R$

- КУЛЖг^R=Л

Остается только внести полученные данные в метрику и вычертить контур сосуда в соответствии с исчисленными его точками.

Примечание 1

Строго говоря, термин сегментация, в математической интерпретации понятия сегмент, не совсем соответствует процедуре анализа сложной геометрической формы, поскольку поверхности составляющих фигуру сосуда геометрических тел правильнее было бы определить как пояса его поверхности, а их проекции, выделяемые после рассечения контура по границам поясов - как его секции.

Тем не менее, термин уже давно находится в обращении, употребляемый в широком смысле как разделение объекта на ряд участков. В то же время, анализ контура округлой поверхности сосуда (анализ его графического состава) в процессе описания или реконструкции в любом случае начинается с операций выделения некоторой дуги поверхности и стягивающей ее хорды, то есть все того же сегмента. Поэтому в целом термин в достаточной мере отражает суть аналитической работы с формой сосуда.

Содержание наших публикаций в большей степени представляет собой текущее описание ряда экспериментов в области методических разработок морфологических процедур, со всеми возможными ошибками, тупиковыми моментами и всплывающими неожиданно проблемами. Отсюда неизбежные повторения, многословие, а также избыточность и неустойчивость терминологии, вызываемые неокончателю определённостью многих понятий во время проведения опытов, отсутствием специальных обозначений и многозначностью существующих. Так, например, в описательном словаре термин модель употребляется в значении аналога (макета) объекта, отображающего его основные морфологические качества, в словаре же классификации этот термин используется для обозначения морфологически однородной, одно-образной совокупности объектов. Значения отдельных терминов меня-

лись в процессе их «примерки» к различным ситуациям (вариант, вариация, версия), а другие потребовались нам только для последовательного изложения содержания тех или иных процедур и, по всей вероятности, не понадобятся в практической работе (ассоциации, популяции и др.).

Примечание 2

В предыдущей статье (Николаенко, 2006) на странице 40, во втором снизу абзаце второй колонки была допущена опечатка: соотношения величин свойств элементов названы количественными признаками, тогда как они являются числовым (математическим) выражением качеств элемента геометрической формы, то есть его качественными признаками. Правильное их истолкование приведено на странице 36, абзац «Спецификация...». Приносим свои извинения и надеемся, что несоответствие определения контексту не исказило его общий смысл.

Литература

- Гордон В.О. Семенцов-Огиевский М.А.** Курс начертательной геометрии.- М.: Наука,1973.- С.170-178, 206-215.
- Геометрия (часть II)/ Под ред. Г.Н. Яковлева.- М.: Наука, 1978. - С. 93-111.
- Калинина И.В.** Гребенчатая и другие группы неолитической керамики Прикамья // Археологический сборник.- Л.: Искусство,1979.- Вып.20.- С.5-27.
- Николаенко С.Н.** Опыт морфологического анализа и математического описания форм сосудов // Известия Лаборатории древних технологий. - Иркутск: Изд-во ИрГТХ 2004.- Вып.2.- С.32-48.
- Николаенко С.Н.** Метод геометрической сегментации в морфологическом анализе сосудов // Известия Лаборатории древних технологий. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ 2005.- Вып.3.- С.15-26.
- Николаенко С.Н.** Описание, сравнение и дифференциация керамических сосудов западного Прибайкалья // Известия Лаборатории древних технологий. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.- Вып.4.- С.34-64.
- Посвянский А.Д.** Краткий курс начертательной геометрии. М.: Высшая школа, 1970.- С.127-135.
- Часова В.В.** Техническое черчение в школе (пособие для учителей).- М.: Просвещение, 1976.- С.75-83.

Юрченко А. За вратами мистического града // «Вокруг света».- М.: Молодая гвардия, 1991.- №10.-С.15.

Summary

Author publishes in the article the method of graphic reconstruction of vessels by the discrete fragments preserved the part of morphological features on their surface. This method is the prolongation of experiments with geometric segmentation, mathematic description and morpho-structural correlation of forms of vessels started few years earlier and described in previous papers.

In order to reconstruct the contour of vessels author propose two decisions: the graphic one based on geometric axioms and theoretic decision based on delineated formulas.

The subject of this research is the input into archaeological research of vessels which morphological characteristics were previously thought to be lost. In future this method suppose the ability to develop the computer programs for reconstruction the forms of vessels represented by single fragments.