

$$q = \frac{d}{u_7} = \frac{55}{0,6471} \approx 85;$$

$$v = \frac{b}{u_8} = \frac{61}{0,772} \approx 79.$$

Если применить смещение инструмента при изготовлении шестерен, то радиальные габариты сократятся, и данная трехсвязная коробка скоростей может найти практическое применение. Механизмы *б* и *в* (рис. 2) не могут быть рекомендованы для практического применения из-за больших радиальных габаритов.

Данная работа доказывает, что построение трехсвязной коробки с геометрическим рядом частот вращения возможно, что ранее в литературе отрицалось.

#### Список литературы

1. Муллабаев, А. А. О возможности построения равнопрочных двухсвязных коробок передач / А. А. Муллабаев, А. П. Фот, В. Н. Романцов // СТИН-2002. – № 3. – С. 16–18.
2. Муллабаев, А. А. Исследование механизмов с двумя связанными шестернями / А. А. Муллабаев // Известия вузов. Машиностроение. – 1968. – № 6. – С. 10–14.
3. Ачеркан, Н. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков / Н. С. Ачеркан. – М. : ОНТИ, 1936. – 480 с. : ил. – (В пер.).
4. Александров, П. С. Комбинаторная топология / П. С. Александров. – ОГИЗ : Гостехиздат, 1947. – 458 с.
5. Понтрягин, Л. С. Основы комбинаторной топологии / Л. С. Понтрягин. – М. ; Л., – 1947. – 428 с.
6. Муллабаев, А. А. Исследование механизмов со сменными и связанными шестернями : дис. ... канд. техн. наук : 11.02.06. – Защищена 16.03.1968; Утв. 8.04.1968; Куйбышев, 1968. – 156 с. : ил. – Библиогр. : С. 70–98.

УДК 902:550.3

А. В. Коробейников, соискатель

Удмуртский государственный университет

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ГРУНТА В АРХЕОЛОГИИ

*В статье рассматриваются основные принципы неразрушающего исследования грунта, образующего культурный слой археологического памятника. Автор предлагает устройство и метод для трехмерного моделирования культурного слоя.*

Историк, поставивший перед собой задачу реконструировать доисторическое грунтовое сооружение, может делать обоснованные предположения о его устройстве и габаритах исходя из того, что свойства грунтовых строительных материалов неизменны в исторической ретроспективе. (Так, если угол естественного откоса для песка определенной крупности и влажности равен 35 градусам, то штабель примет такой угол откоса вне зависимости от того, в каком веке его насыпали). Для реконструкции надо лишь обладать базой данных о свойствах материалов и базой правил для умозаключений. Но как получить нужные данные?

Для того чтобы прояснить специфику археологического исследования, обозначим круг задач реконструктора, обрисовав доступный ему объем источников.

Как правило, археологическая публикация о раскопках древнего городища сопровождается изображением разреза вала. На таких изображениях видно:

- раскопанная насыпь имеет многослойную структуру;
- габариты слоев (их проекции на горизонталь) могут быть определены измерением по чертежу;
- толщина слоев может быть определена измерением по масштабу;
- углы откоса слоев могут быть обозначены приблизительно как касательные от горизонтали к их поверхности;
- состав слоев в соответствии с некоторой номенклатурой (например: песок, супесь, глина, пестроцвет и т. п.) может быть установлен по легенде к плану;
- гребень вала в массе случаев разрушен, и слои, составляющие вал, разрываются в гребневой части;
- в некоторых случаях гребневая часть и откосы имеют следы деревянных конструкций или каменных выкладок;
- в теле вала может быть каркас из дерева или камня.

Конечно, такое изображение историк имеет после того, как археологи в ходе раскопок получили непосредственный доступ к грунту, который служил строительным материалом для доисторических сооружений. Они идентифицируют грунты (по цвету) и изображают их на вертикальных и горизонтальных разрезах раскопа для визуальной оценки состава грунтовой толщи. При этом аномалии грунтовой толщи (органические и иные включения) видны на разрезе и отражаются на планах в виде контрастных пятен. Однако этот способ исследования и фиксации имеет свой недостаток: археолог изображает слои грунта в соответствии с цветовой (или иной, зачастую произвольной или, во всяком случае, не универсальной) номенклатурой, и такой разрез не несет информации о строительных (или в широком смысле физических) свойствах использованного древним строителем материала. Видимо, такое положение обусловлено прежде всего тем, что в соответствии с общепринятой практикой ни у зарубежного [1], ни у российского археолога нет пока ни задачи [2], ни метода [3] для изучения строительных (физических) свойств грунтового материала. Но можно ли повысить информативность полевых отчетов исходя из потребностей реконструкции грунтовых сооружений?

Понятно, что если историк поставил перед собой задачу восстановить первоначальный облик оборонительных сооружений, первое, что он должен сделать, это восстановить вал, ибо он служил основанием для построек. С другой стороны, реконструированные параметры вала несут информацию об оружии, которое преимущественно применяли его защитники, и позволяют оценивать оборонительные качества фортификации [4]. Вследствие разрушения первоначальная высота вала часто не фиксируется. Иногда она может быть вычислена как высота трапеции или треугольника, у которого известно основание, и могут быть известны углы при основании, т. е. откосы. Однако что делать, если насыпь имеет слоистую структуру, и слои почти горизонтальны, то есть касательная к ним не даст линии откоса? Или откосы не видны вследствие оплывания или распаивания? Тогда за исходное значение полагаем принять угол естественного откоса для грунта насыпи, если рассматривать ее в качестве многослойного штабеля. Как его определить? Проще всего это сделать опытным путем на натуре, когда археологи разрезают вал раскопом. Грунт каждого из слоев (разумеется, не весь, но отдельно песок, отдельно пестро-

цвет и т. д.) можно свалить в штабель конической или призматической формы. Откос такого штабеля по отношению к горизонту может быть измерен в простейшем случае рейкой и транспортиром. Для чистоты опыта грунт, видимо, следует взять в его наихудшем, сыпучем (то есть сухом) состоянии и уплотнить его ударами лопаты плашмя по поверхности откоса.

Известно, что «при напластовании различных видов грунтов крутизну откоса для всех пластов надлежит назначать по наиболее слабому виду грунта» [5, с. 163]. Следовательно, если для песка получено значение  $30^\circ$ , а для пестроцвета  $40^\circ$ , то откос всей насыпи в то время, когда она стояла, был близок к  $30^\circ$ . Такой вывод может быть перепроверен через исследование грунта, обнаженного вертикальным разрезом. В соответствии с разработанными у строителей методиками в грунт каждого слоя следует вдавить конический наконечник, к которому присоединен динамометр. Установлено [6, с. 49] что между сопротивлением проникновению конуса в грунт и углом естественного откоса этого грунта существует почти линейная зависимость; чем больше грунт сопротивляется проникновению, тем круче угол его откоса. Причем показатели сопротивления песка и глины, например, отличаются в разы, и перепутать эти грунты по данному параметру невозможно.

А можно ли получить данные о строительных свойствах грунтов древних сооружений без масштабных раскопок?

Конечно, в соответствии с применяемыми сегодня методиками археологи используют в своей практике некоторые известные свойства грунтов, которые позволяют применять методы неразрушающего исследования.

Существует целая гамма геофизических методов [7]. Они дают информацию о физических свойствах слоев грунта (электропроводности, плотности и т. д.) и позволяют обнаруживать крупноразмерные артефакты, не имеющие следов на поверхности. Однако все геофизические способы требуют применения дорогостоящей аппаратуры, исследования в поле привязаны к источникам электроэнергии, требуют значительных финансовых вложений и трудозатрат, что ограничивает сферу и частоту их применения. Кроме того и эти способы не нацелены на получения данных о строительных свойствах грунтов.

Более простой способ исследования земли с помощью щупа позволяет в некоторых случаях выявить неоднородность грунтовой толщи и сделать предположения об антропогенном характере такой неоднородности. Таким способом определяют приблизительное расположение жилищных, хозяйственных и иных ям, следы которых не видны на современной дневной поверхности [8, с. 86; 99; 117]. Однако этот способ имеет существенный недостаток: оценивая качества грунта исследователь руководствуется собственными ощущениями, оперируя критерием «тверже-мягче». Градации признака тут хотя и возможны, но они субъективны, поэтому невозможна и фиксация значений сопротивления проникновению щупа в зависимости от глубины его погружения. Следовательно, невозможна и формализация результата для создания базы данных об исследованной площади. (Тверже-мягче – это качественный параметр, а на плане раскопа следует указать, на какой глубине и на сколько тверже). Кроме того глубина зондирования здесь ограничивается физической силой конкретного индивида, и в соответствии с принятой методикой [8] прощупывание не решает задачу исследования физических свойств грунтовых строительных материалов. Тем не менее прощупывание грунта вследствие его простоты и дешевизны можно принять в качестве прототипа метода, описанного ниже.

Отмеченные недостатки существующих методов ставят на повестку дня вопрос о разработке простой и эффективной методики получения и интерпретации цифровых данных о строительных свойствах грунтов.

Разумеется, строительные и иные (прочностные, деформационные и пр.) свойства грунтов изучаются строителями [9]. Однако строители решают свои задачи. К примеру, для выделения инженерно-геологических элементов, исследования несущей способности сваи или основания под фундаментом они изучают слои грунта на глубине до двадцати метров, куда археолог, как правило, не попадает и объектов своего интереса там не имеет. Кроме того строителей интересуют сильные взаимодействия и громадные величины нагрузок от современных сооружений, которых просто нельзя ожидать от рукотворных насыпей и деревянных построек древности. И если для археолога слой инородного грунта в насыпи вала в 5...10 см может многое сказать, то современный строитель, изучая стройплощадку, такой слой или линзу просто не заметит, а заметив, не станет изучать их свойства, ибо на общий расчет прочности грунтового основания влияние свойств этого элемента ничтожно.

Кроме того существующие способы исследования свойств грунтов в лабораториях строительных организаций [10], во-первых, весьма затратны, а во-вторых, вряд ли могут быть конвертированы для реконструкции древних технологий и сооружений. Например, для того чтобы опытным путем определить угол естественного откоса сыпучего грунта, лаборант-строитель помещает образец (например, поднятый буром) в коробочку с прозрачной стенкой, либо высыпает пригоршню грунта на стол и производит измерения. При этом инструкция к проведению опыта особо подчеркивает, что грунт не должен иметь комочков и посторонних включений. Разумеется, древние насыпи не строились из стерильных и просеянных грунтов, укладываемый грунт уплотнялся (трамбованием? проливался водой?), поэтому историк, следуя принципу достоверности, должен искать иные методы. Кроме того строитель везет грунты в лабораторию, а не исследует на месте в силу тотальной механизации работ на стройплощадке, а также потому, что ошибка лаборанта может привести к фатальным последствиям (просадкам фундамента и т. п.). В нашем случае ошибка реконструктора может быть исправлена его коллегами в ходе научной дискуссии, а исследование в поле не намного увеличит трудоемкость раскопок, ведь труд археолога пока остается ручным.

Тем не менее чтобы не изобретать велосипеда, полагаем обратиться к использованию давно апробированных строителями принципов полевых испытаний, приняв в качестве ближайшего аналога предлагаемому методу и устройству метод и устройство для динамического зондирования по ГОСТ 19912-81 [9].

#### **Описание метода**

Отмеченная зависимость между сопротивляемостью проникновению и углом откоса и составом грунта позволяет исследовать насыпи (валы) простейшим неразрушающим методом. Для того чтобы установить эту зависимость для грунтов конкретного археологического памятника, например для насыпи вала, эта насыпь, разрезанная раскопом и изображенная в произвольной номенклатуре грунтов, зондируется штангой (с коническим наконечником). По штанге наносят стандартные удары молотом, сбрасывая его каждый раз с постоянной высоты. При этом фиксируют количество ударов, необходимых для заглубления зонда на величину 5 см. Результаты заносят в таблицу, на основании которой строят график зависимости сопротивляемости грунта от глубины погружения зонда (рис. 1). Такой график в соответствующем масштабе может быть наложен на вертикальный разрез вала,

для того чтобы исследователь сразу видел характеристики сопротивляемости каждого из слоев насыпи.

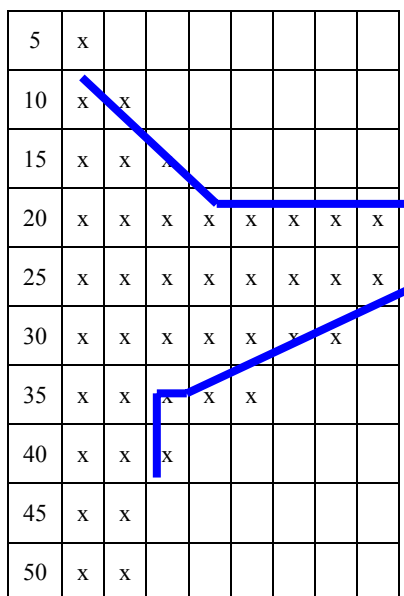


Рис. 1. Таблица и график зондирования.

Символ «х» означает один удар, а цифры – глубину погружения зонда

Приведенный пример позволяет дешифровать график зондирования приблизительно так:

- на глубине до 15 см – рыхлая сыпучая почва (например, темная супесь);
- на глубине от 20 до 35 см – слой прочного грунта (например, глина);
- под ним снова сыпучий грунт (например, песок).

На рис. 2 видно, что перегибы линий графика зондирования совпадают с границами слоев. Резкое увеличение сопротивления проникновению наблюдается при вхождении зонда в глину, а резкое падение сопротивления происходит, когда зонд входит в песок.

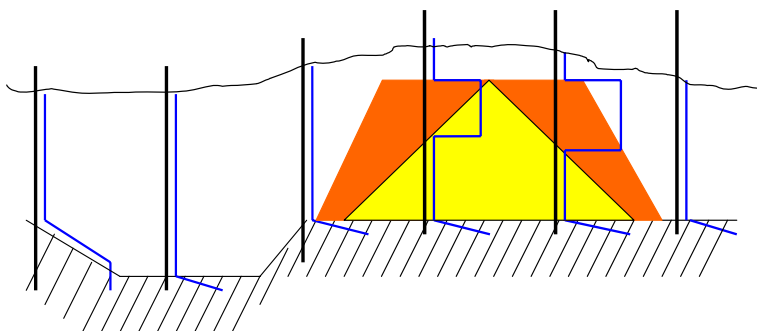


Рис. 2. Дешифровка графиков зондирования. Ров и вал (внутри вала песок, наружные откосы из прочного грунта)

Полученные при пробном зондировании цифровые значения сопротивляемости для разных грунтов могут быть приняты в качестве эталонных для данного раскопа. С их помощью можно дешифровать результаты остальных зондирований.

От применения предлагаемого метода можно ожидать следующего технического результата.

1. Имеющийся разрез вала и полученный график зондирования дают возможность для аналоговой оценочной стратиграфии и в окрестностях исследованного вала, например, для уточнения его конфигурации и выявления валов, рвов, и западений материкового слоя (жилищных и хозяйственных ям), не видных на современной дневной поверхности. Конечно, любая выявленная аномалия поверхности материка или линза в составе насыпи могут быть обрисована более точно при уменьшении интервала между точками исследования.

2. Цепочка зондирований и дешифровка множества их графиков может давать информацию о стратиграфии и приблизительной консистенции грунтовой толщи, например в теле вала.

3. Если известны углы откоса и сопротивление проникновению для слоев, вскрытых раскопом, и сопротивление для слоев пока не раскопанных сооружений, то можно обоснованно оценивать и углы откосов последних.

4. Получаемые при этом способе зондирования значения сопротивляемости грунта имеют привязку в пространстве. Следовательно, их можно использовать для создания трехмерных изображений объемов, скрытых современной дневной поверхностью.

5. Кроме того, ставшие таким образом известными данные о составе грунта вала уменьшают погрешность вычисления трудоемкости земляных работ, произведенных фортификатором, т. к. этот показатель различен для разных грунтов.

#### **Расчетные параметры ударного зонда**

На наш взгляд, применение существующего строительного оборудования для зондирования неприемлемо в условиях археологического раскопа. Судите сами: стандартная штанга зонда имеет диаметр 42 мм. Следовательно, она массивна и требует применения молота с наименьшим весом 30 кг [9]. То есть энергозатраты этого способа весьма значительны, и применение такого зонда требует специальной установки с двигателем. Диаметр основания конуса на конце зонда 74 мм, следовательно, он произведет весьма ощутимые разрушения культурного слоя и артефактов.

Каковы расчетные параметры оптимального зонда?

Для прочных глинистых грунтов величина сопротивления погружению зонда с конусом 30° достигает 2,5–5 кг/см<sup>2</sup>, а для песков – от 0,3 до 1,5 кг/см<sup>2</sup> [6, с. 29].

По стандарту условное динамическое сопротивление грунта при ударном зондировании надлежит вычислять по формуле [9]. Коэффициент для учета потерь энергии на трение штанги о песчаный и глинистый грунт для глубины до полутора метров равен единице [9]. При неизменной длине штанг коэффициент потерь энергии на упругую деформацию и трение молота является постоянным. Следовательно, для простоты расчетов величинами потерь энергии здесь можно пренебречь и после исключения коэффициентов потерь записать формулу:

$$R = An / s,$$

где  $R$  – сопротивление грунта, кг/см<sup>2</sup>;  $A$  – удельная энергия зондирования, кг/см;  $n$  – количество ударов молота в залоге (в цикле зондирования);  $s$  – глубина погружения зонда за залог, см.

Тогда для  $R \leq 2,5 \text{ кг/см}^2$   $s = 5 \text{ см}$ ,  $n \geq 1$

$$A \leq R s / n.$$

Получаем:

$$A \leq 2,5 \text{ кг/см}^2 \cdot 5 \text{ см} / 1,$$

или

$$A \leq 12,5 \text{ кг/см}.$$

Следовательно, для проникновения в прочный грунт устройство должно передавать на грунт энергию до двенадцати с половиной килограммов силы за один удар.

Для того чтобы зонд погружался в грунт, надо чтобы энергия зондирования превышала величину сопротивления и преодолевала инертность самого зонда. Источником энергии является молот, который падает под действием силы тяжести и в момент удара передает кинетическую энергию зонду. Величина этой энергии для молота определяется по формуле

$$E = M_m g h_m,$$

где  $M_m$  – масса молота, кг;  $g$  – ускорение свободного падения  $= 9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $h_m$  – высота подъема молота, м.

Тогда процесс зондирования можно описать неравенством

$$A + M_z < M_m g h_m,$$

где  $M_z$  – масса зонда, кг.

Представляется очевидным, что зондировочный прибор, удовлетворяющий требованиям портативности, должен иметь небольшие габариты и массу, например:

- диаметр штанги 0,8 см;
- площадь поперечного сечения наконечника зонда (основание конуса) 1 см;
- длина погружаемой части (штанги зонда) 1,5 м;
- масса зонда  $\approx 1,2 \text{ кг}$ ;
- высота подъема молота  $h_m = 0,5 \text{ м}$ .

Тогда массу молота можно определить по формуле

$$M_m > (A + M_z) / g h_m,$$

$$M_m > (12,5 + 1,2) / 9,8 \cdot 0,5 = 2,8.$$

При массе цилиндрического молота равной 2,8 кг при плотности материала (сталь)  $\approx 7,8 \text{ г/см}^3$  и диаметре 6 см высота цилиндра  $\approx 12,8 \text{ см}$ .

Иными словами, такой зонд пробьет песок любой прочности (или другой грунт), но даст отказы в прочной глине (то есть в материковой глине ненарушенной структуры).

#### Устройство зонда

Ударный зонд (рис. 3) представляет из себя штангу из стального прутка диаметром 0,8 см, длиной 200–210 см. Штанга разъемная; она состоит из двух отрезков – 150 и 50–60 см, которые соединяются между собой резьбовой муфтой. На короткий отрезок штанги надет молот, представляющий из себя стальной цилиндр 6×12 см со сквозным вертикальным отверстием, диаметр которого несколько превышает

диаметр штанги. На свободный конец короткого отрезка накручена гайка, ограничивающая движение молота.

Длинная штанга имеет кольцевые проточки через 5 см. В случае если площадь поперечного сечения штанги менее 1 см, для упрощения расчетов сопротивления грунта на свободный конец длинного отрезка штанги можно накручивать наконечник в форме конуса с углом при вершине  $30^\circ$  с площадью поперечного сечения 1 см (рис. 4).

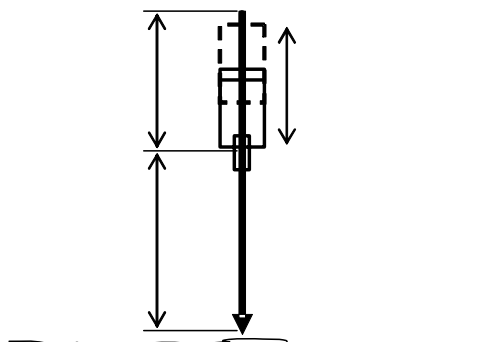


Рис. 3. Ударный зонд

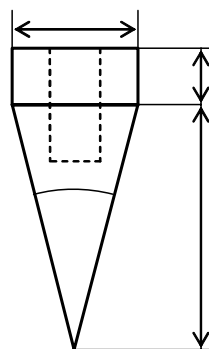


Рис. 4. Конический наконечник

Для зондирования отмечают на плане раскопа (местности) расположение точки зондирования. Описанное устройство ставят на грунт вертикально острием вниз, удерживая его в этом положении за муфту. Поднимают молот на высоту 50 см и отпускают, позволяя ему свободно падать. Падая, молот наносит удар по соединительной муфте, передавая свою энергию штанге. Визуально оценивают величину заглубления зонда и повторяют удары, считая их до тех пор, пока зонд не углубится в грунт на 5 см, то есть до кольцевой проточки. Записывают полученный результат. Затем цикл повторяют, фиксируя количество произведенных ударов, для заглубления зонда до следующей проточки. Зондирование производят до резкого увеличения сопротивления проникновению (до отказа). Извлекают устройство и переставляют его на следующую точку зондирования.

#### Вычисления по результатам зондирования

Справочные пособия [11, с. 179] предлагают вычислять среднее сопротивление грунта  $R$  по формуле, которая с использованием вышепринятых обозначений переменных может быть записана в виде

$$R = \frac{nM_m^2}{(M_m + M_\varphi)s} \left( h + \frac{s}{2} \right),$$

где  $s$  – глубина погружения зонда за залог, см;  $h$  – высота подъема молота, см.

Или по теореме кинетической энергии для зонда:

$$E = R \frac{s}{n},$$

откуда

$$R = \frac{En}{s} \quad \text{или} \quad n = \frac{Rs}{E}.$$

Подставив в эту формулу параметры нашего зонда, получаем, что если  $R = 5$ ;  $s = 5$ ;  $E = 12,5$ , то  $n = 2$ . Иными словами, если пренебречь собственной массой зонда и силами упругости, то теоретически в прочный глинистый грунт с показателем сопротивляемости  $R = 5$  зонд заглубится на 5 см после двух ударов, а менее прочный грунт он пробьет на величину одной риски за один удар. Разумеется, реальные показатели могут отличаться от расчетных, и устройство должно быть проградуировано опытным зондированием на каждом раскопе, как было указано выше.

Разными исследователями могут быть использованы зонды разного диаметра. Для того чтобы получать сравнимые результаты, в идеальном случае следует использовать наконечник зонда с поперечным сечением  $1 \text{ см}^2$ . При его отсутствии можно пересчитать результат с использованием поправочного коэффициента  $K$  (см. табл.). Так, например, если при зондировании был использован щуп диаметром 0,7 см, площадью сечения  $0,38 \text{ см}^2$ , то полученный результат  $R$  следует умножить на 2,63 и т. д.

**Переводной коэффициент  $K$  для приведения вычисленного сопротивления зонда  $R$  к нормальному сечению в  $1 \text{ см}^2$**

| Ø зонда, см | $S = \pi r^2, \text{ см}^2$ | $K$  |
|-------------|-----------------------------|------|
| 0,5         | 0,19                        | 5,26 |
| 0,7         | 0,38                        | 2,63 |
| 0,8         | 0,5                         | 2    |
| 1           | 0,79                        | 1,27 |
| 1,13        | 1                           | 1    |

По результатам работ составляют график зондирования, который позволяет оценивать пространственную изменчивость состава и свойств грунтов на обследуемой площади.

Устройство и метод были осуществлены и испытаны в ходе раскопок (рис. 5) в полевом сезоне 2005 г., о чем получены соответствующие акты внедрения.



Рис. 5. Испытания зонда в полевых условиях  
(фото В. В. Мингалева)

Таким образом, предлагаемый метод и устройство для динамического зондирования отвечают потребностям археологии, и их применение позволит получить качественно новую информацию о параметрах сооружений древности.

#### Список литературы

1. *Thomas, D. H.* Archaeology. – Orlando : Harcourt College Publishers, 1998. – 730 p.; *Bahn, P. G.* Archeologie. – Paris, 2002. – 432 p.
2. *Мартынов, А. И.* Археология : учебник. – М., 2002. – 439 с.
3. *Мартынов, А. И.* Методы археологического исследования / А. И. Мартынов, Я. А. Шер. – М., 2002. – 240 с.
4. *Коробейников, А. В.* Об оценке уровня защиты древних городищ // Режим доступа: [<http://v3.udsu.ru/item-ipspub/meth-v/obj-08499.htm>].
5. *Коробейников, А. В.* Ментальная основа деятельности фортификатора-создателя городища Иднакар // Режим доступа: [[mhtml: http://sib-subethnos.narod.ru/p2005/korobeinikov.mht](http://sib-subethnos.narod.ru/p2005/korobeinikov.mht)].
6. *Коробейников, А. В.* Городище Кучино I : эволюция фортификации // Вопросы истории и культуры Пермского Прикамья: «Строгановские чтения» : матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Березники, 2004. – С. 53–59.
7. Справочник строителя. – Киев, 1979. – 536 с. СНИП.
8. *Ельцов, Ю. А.* Грунтоэкология Удмуртии / Ю. А. Ельцов, А. Ю. Ельцов. – Ижевск, 2003. – 86 с.
7. *Журбин, И. В.* Геофизика в археологии: методы, технологии и результаты применения. – Ижевск, 2004. – 152 с.
8. *Авдусин, Д. А.* Полевая археология СССР. – М., 1980. – 316 с.
9. ГОСТ 19912-81. Грунты. Метод полевого испытания динамическим зондированием.
10. *Ельцов, Ю. А.* Методы определения механических свойств грунтов малогабаритными устройствами : дис. ... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Ижевск, 1975. – 199 с.
11. *Ельцов, Ю. А.* Исследование грунтов на стройке и в лаборатории. – Ижевск, 1979. – 62 с.
12. *Ельцов, Ю. А.* Воздействие наконечников на грунт и определение его механических свойств : дис. ... на соискание ученой степени д-а техн. наук. – Ижевск, 1987. – 280 с.
13. *Ельцов, Ю. А.* Исследование грунтов наконечниками (экспериментально-теоретические положения). – Ижевск, 1991. – 112 с.
14. Справочник металлиста. – М., 1957. – Т. 1. – 604 с.

УДК 330.4:519.86

*Л. А. Дедов*, доктор экономических наук, профессор;

*Е. Ф. Плеханова*, аспирант

Ижевский государственный технический университет

#### О ФОРМАЛЬНЫХ И СОДЕРЖАТЕЛЬНЫХ АСПЕКТАХ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКИ

*Рассматриваются методы сопряжения показателей роста и структурных сдвигов в экономике, и на этой основе осуществляется классификация характерных режимов структурной динамики.*

#### Введение

Рост (спад) экономики в его принятом понимании оценивается, как правило, путем исчисления соответствующего индекса. Данный показатель принято рассчиты-