

4. Надутый В.П. Модельное представление зависимости эффективности виброгрохочения при мелкой классификации от регулируемых параметров / В.П. Надутый, Е.З. Маланчук, А.М. Эрперт // Вібрації в техніці та технологіях : Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця, 2011. – Вип. 4(64). – С. 21-27.

УДК 622.7:741.6:532.5:536.2

Канд. физ-мат. наук В. И. Елисеев,  
инж. А. В. Кривокорытов,  
канд. техн. наук В. И. Луценко  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОСТАТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ В КАПИЛЛЯРЕ С ПОДСТИЛАЮЩЕЙ СЕТКОЙ**

Приведені результати експериментального визначення величині залишкової маси рідини в капілярних трубках і впливу замикаючих сіток. Встановлено, що наявність замикаючої сітки приводить до зменшення висоти рівноважного стовпа рідини, при цьому розмір вічка сітки не впливає на об'єм залишкової маси рідини у капілярі

### **EXPERIMENTAL DETERMINATION OF RESIDUAL LIQUID IN THE CAPILLARIES WITH THE GRID OF THE BOUNDING**

The results of experimental determination of the residual mass of liquid in capillary tubes and the impact of shorting nets. Established that the presence of closing nets leads to reduce the height of the equilibrium liquid column, and the grid cell size does not affect on the volume of the residual mass of liquid in the capillary.

Влажность породы после обезвоживания связанная с остаточным объемом жидкости в пористой структуре, является важнейшим параметром процесса обезвоживания. Учитывая тот фактор, что при обезвоживании поровые каналы играют основную роль, актуальными являются вопросы опускания жидкости и определения ее остаточной массы в капиллярах.

В [1] представлено математическое описание опускания жидкости в поровых каналах, а так же приведены результаты теоретических исследований влияния колебаний на процесс обезвоживания. В работе [2] приведена математическая модель опускания жидкости в поровом канале переменного сечения. Решаемая в работе задача направлена на установление зависимости величины остаточной жидкости от закона изменения проходного сечения порового канала. В работе [3] исследовалось сопротивление сеток под слоем сыпучего влажного материала и их влияние на процесс обезвоживания, представлены результаты теоретических расчетов и экспериментов по движению жидкости в капилляре, на концах которого закреплялись образцы сеток, используемые в грохотах. Показано, что сопротивление сеток, оказывает значительное влияние на динамику процесса обезвоживания.

Целью исследований данной работы являлось экспериментальное определение величины остаточной массы жидкости в капиллярах при обезвоживании и влияния замыкающих сеток на эту величину. В экспериментах использовались сетки из нержавеющей стали 50, 70, 100, 120 и 160 микрон, которые прикреплялись к нижним торцам стеклянных трубок с внутренним диаметром  $5,5 \cdot 10^{-3}$  м.

Так же как и в [3] весь процесс истечения жидкости из трубок фиксировался на видеокамеру стандарта PAL с разрешением 720x576 и частотой 25 кадров в секунду. Отличие описываемых ниже экспериментов состояло в том, что объектив видеокамеры фокусировался только на нижней части капилляра. Это позволило достичь большего увеличения и, соответственно, получить более качественные снимки.

На рис. 1 показаны кадры наиболее характерных экспериментов без сеток, а на рисунке 2 с сетками. За нулевой момент времени, принималось время, соответствующее началу движения жидкости, максимальная ошибка при этом могла быть 0,04 с. Приблизненно, стационарный уровень остаточной жидкости в капилляре теоретически можно определить по известной формуле (без учета динамических эффектов и наличия гистерезисов)

$$h = 2 \frac{\sigma}{\rho g a} \cos \alpha \quad (1),$$

где  $h$  - высота слоя, м;  $\sigma$  коэффициент поверхностного натяжения,  $\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  - ускорение свободно падающего тела, м/с<sup>2</sup>;  $a$  - радиус капилляра, м;  $\alpha$  - угол смачивания, град.

Из формулы следует, что для воды при  $2a=5,5 \cdot 10^{-3}$  м максимальная высота поднятия составляет 0,0054 м при угле смачивания 0 градусов и 0,0041 м при угле 40°.

Из фотографии, приведенной на рисунке 1, можно определить уровень остаточной жидкости - примерно 0,008 м, что почти в два раза превышает расчетные указанные величины. При этом в процессе слива жидкости ее уровень опускается почти до среза трубки и даже ниже ( $t=0,24$  с), но после разрыва струи мениск начинает двигаться вверх и засасывает назад в трубку некоторый объем жидкости, находящийся уже вне капилляра ( $t=0,4$  с). После этого происходит несколько затухающих колебаний столба жидкости и на срезе трубки начинает формироваться капля, которая постепенно увеличивается и тянет мениск вниз ( $t=1,16$  с). Уровень жидкости в трубке снижается за счет перехода ее в каплю.

Частично капля может формироваться из пленки жидкости стекающей по стенкам. Сформировавшись полностью, капля отрывается ( $t=1,32$  с) и вышеописанный процесс повторяется. При этом отрыв капли всегда происходит при высоте мениска  $5 \cdot 10^{-3}$  м от среза капилляра. Следует отметить, что фотографии при  $t=0,68$  с,  $t=1,84$  с,  $t=14,04$  с практически идентичны. Повышенные уровни остатка жидкости в капилляре, можно объяснить наличием двух менисков, поскольку формула (1) определяет высоту поднятия жидкости в капилляре, опущенном в объём жидкости со свободной поверхностью, капиллярными свойствами, которой можно пренебречь. На рис. 2, приведены фотографии отображающие процесс слива из капилляра с сеткой  $70 \cdot 10^{-6}$  м, Следует отметить отсутствие колебаний мениска жидкости. После отрыва капли мениск плавно поднимается в исходное состояние (примерно  $6 \cdot 10^{-3}$  м от среза капилляра).

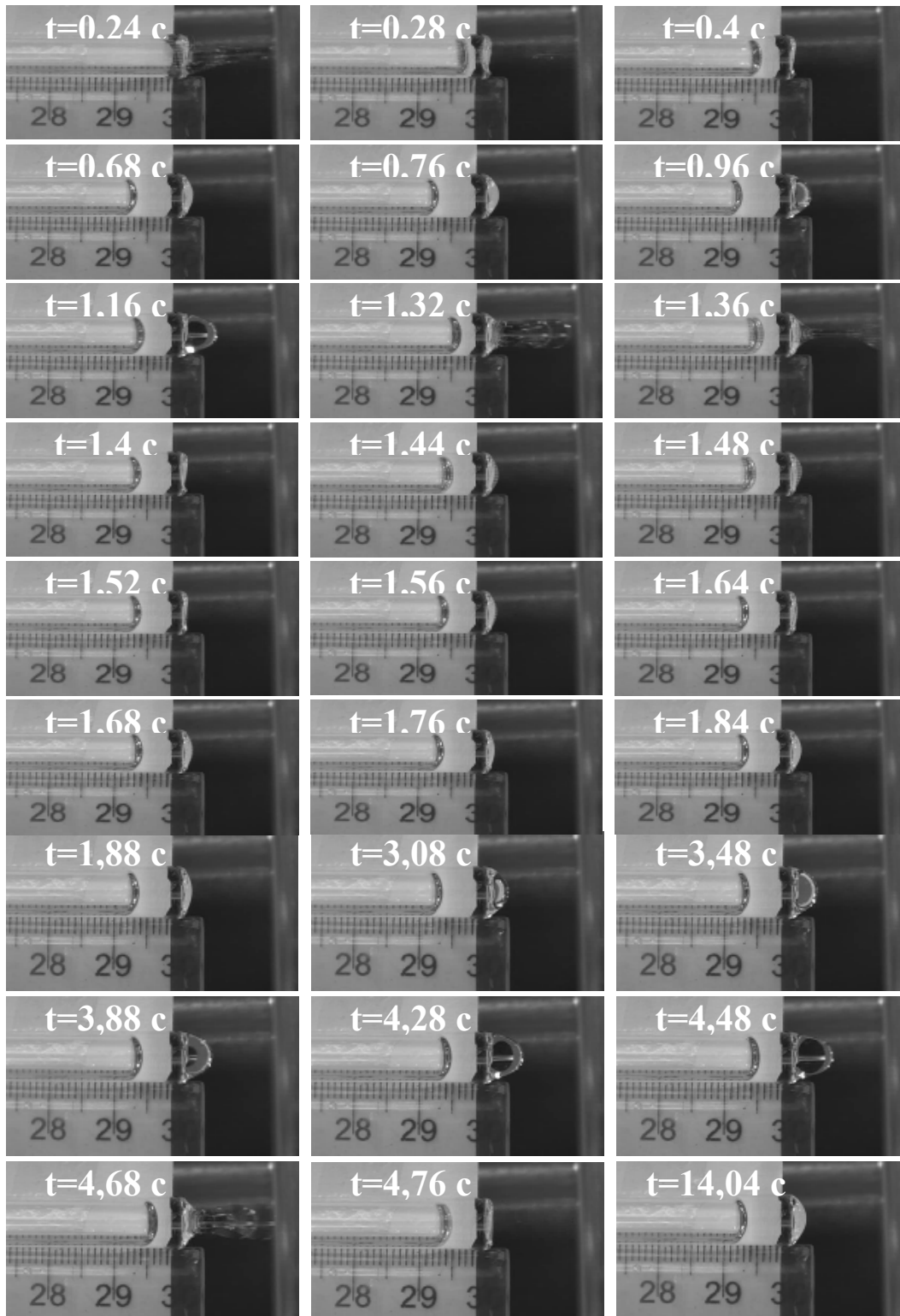


Рис. 1 – Остаточный объем жидкости в капилляре без сетки.

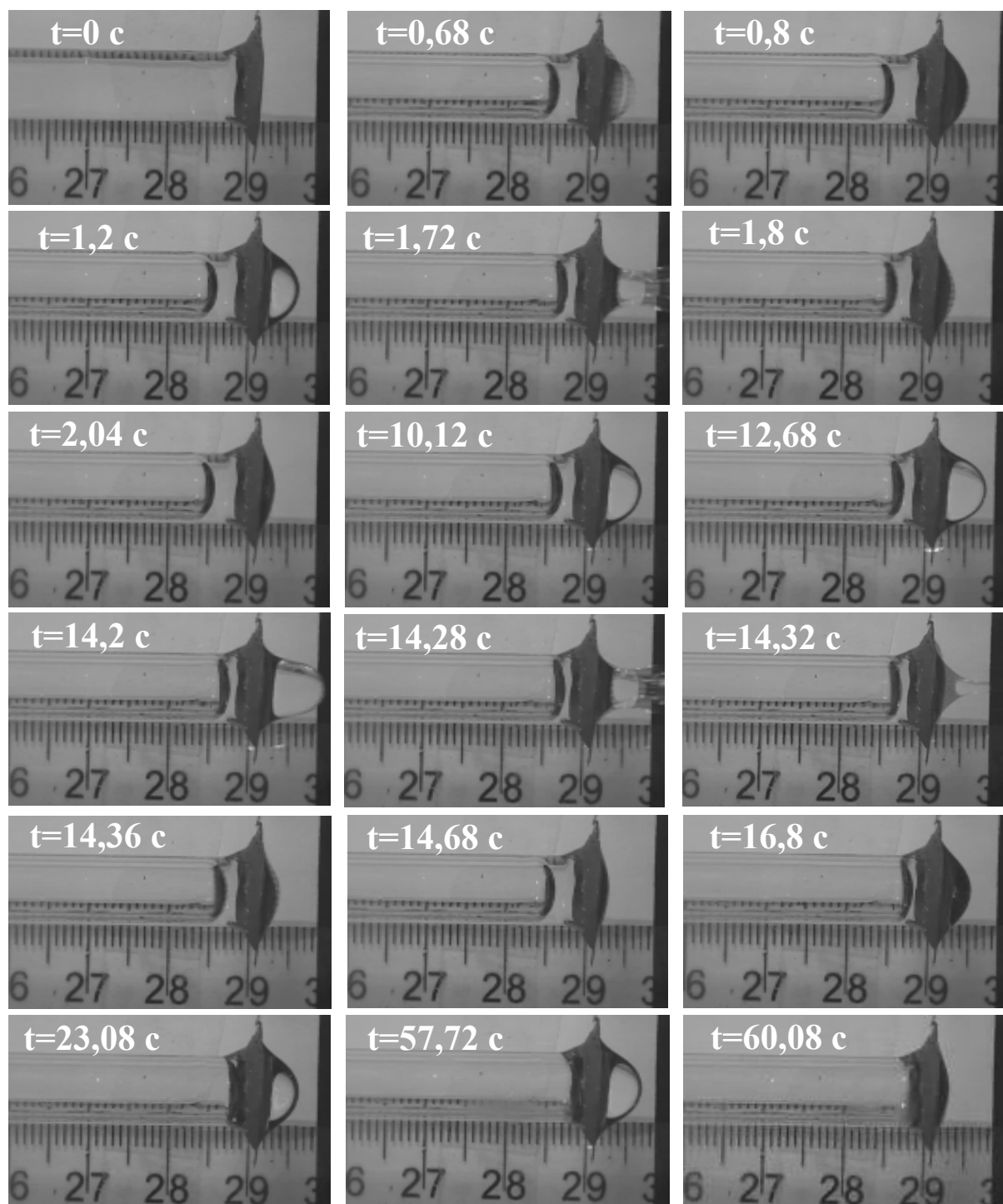


Рис. 2 – Остаточный объем жидкости в капилляре с сеткой  $70 \cdot 10^{-6}$  м.

Из сравнения рисунков также видно, что, как и в [3] процесс струйного слива жидкости из капилляра с сеткой  $70 \cdot 10^{-6}$  м заканчивается через 0,6 с. Это почти в три раза превышает время струйного истечения из капилляра без сетки (0,24 – 0,248 с). Далее начинается процесс капельного обезвоживания. Капельное обезвоживание занимает намного больше времени, при этом объем, уходящей из капилляра жидкости, незначителен по сравнению со струйным режимом. На этом этапе обезвоживания капли формируются не только за счет опус-

кания уровня мениска в капилляре, но также и за счет стекания пленок жидкости по его стенкам.

Следует отметить одну неожиданную особенность, обнаруженную на этапе экспериментов. Несмотря на то, что сетки оказывали тормозящее действие на жидкость и уровень жидкости в процессе струйного режима слива не понижался так низко, как в экспериментах без сеток, после полного окончания процесса обезвоживания уровень жидкости в экспериментах с сетками оказывался всегда заметно ниже, чем в экспериментах без сеток (рис. 2,  $t=60,08$  с и рис. 1,  $t=14,04$  с). Возможно, это связано с тем, что капли, образующиеся под сеткой, имеют поперечный размер, превышающий наружный диаметр капилляра и, поэтому, превышающий поперечный размер капель, образующихся под капилляром без сетки. Это хорошо заметно из сравнения фотографий на рисунках 1 и 2. Получается, что размер ячеек сетки, в данном случае не имеет никакого значения для равновесного состояния столба жидкости в капилляре, поскольку на них не образуются мениски. В предельном случае получается аналог капилляра, погруженного в жидкость, когда имеется только один верхний мениск. Однако последняя фотография на рисунке 2 не вписывается в эти рассуждения. На этой фотографии уровень жидкости еще ниже, чем можно было ожидать.

В целом из экспериментов можно сделать вывод, что остающийся после окончания процесса обезвоживания объем жидкости в капилляре не является постоянной величиной, колеблется от опыта к опыту и зависит от многих, в том числе, и случайных факторов. При этом наличие замыкающей сетки, несмотря на появление дополнительного сопротивления истечению жидкости, всегда приводит к уменьшению уровня остаточной жидкости в капилляре.

Наконец, в заключение отметим, что поскольку масса жидкости, удерживаемая в капилляре в идеальных условиях, определяется по формуле

$$m = \pi a^2 h \rho, \quad (2)$$

то, с учетом (1), остаточная масса жидкости будет связана с радиусом соотношением

$$m = \frac{2\pi\sigma \cos \alpha}{g} \cdot a. \quad (3)$$

Из (3) следует, что масса жидкости, удерживаемая в капилляре, прямо пропорционально зависит от его радиуса. То есть, несмотря на то, что высота столба жидкости в капилляре большего радиуса будет меньше, чем в капилляре меньшего радиуса, масса и объем, удерживаемой этим капилляром жидкости будут больше.

Следовательно, при изучении процессов обезвоживания нельзя исключать из рассмотрения капилляры большого радиуса, поскольку в них остаются значительные объемы жидкости. Другое дело, что устойчивость менисков в таких

капиллярах намного хуже, чем в капиллярах с меньшими радиусами, и они должны разрушаться при более низких уровнях внешних воздействий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение закономерностей опускания жидкости в поровых каналах влажной горной массы, лежащей на сетке / В. П. Надутый, В. И. Елисеев, В. И. Луценко, И. П. Хмеленко // Науковий вісник НГУ – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 2 – С. 71-74.

2. Разработка модели опускания жидкости в поровом канале переменного сечения при обезвоживании слоя горной массы / В. П. Надутый, В. И. Елисеев, В. И. Луценко, И. П. Хмеленко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. № 85. – С. 196-201.

3 Экспериментальные исследования и моделирование процесса обезвоживания горной массы на грохоте с подстигающей сеткой / В. П. Надутый, В. И. Елисеев, В. И. Луценко, И. П. Хмеленко // Вісник Націон. техніч. ун-ту “ХПІ”: зб. наук. праць / ХПІ. – Харків, 2009. – № 25 – С. 151-156.

**УДК 622. 742:621. 926:621.3. 06**

Канд. техн. наук А.И. Шевченко  
(ІГТМ НАН України)

### **ВЛИЯНИЕ УДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ, КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ГРОХОЧЕНИИ**

Выполнены экспериментальные исследования процесса обезвоживания материала крупностью +0-10,0 мм при различных режимах. Установлено влияние на влажность удельной нагрузки, жесткости упругих элементов и продолжительности обезвоживания.

### **INFLUENCE OF SPECIFIC LOADING, DESIGN AND REGIME DATA ON INTENSITY OF DEHYDRATION OF MINERAL RAW MATERIALS AT VIBRATING SCREENING**

Pilot studies of process of dehydration of a material are executed by a size of particles of +0-10,0 mm at various modes. Influence on humidity of specific loading, rigidity of elastic elements and duration of dehydration is established.

Вибрационное грохочение широко применяется для обезвоживания минерального сырья. Эффективность и производительность этого процесса в существенной мере определяет качество и себестоимость конечной продукции, поэтому не случайно внимание многих исследователей направлено на его совершенствование. Интенсивность обезвоживания зависит от грансостава, формы частиц, физико-механических свойств сырья, конструктивных и динамических параметров грохота. Производительность грохотов составляет от сотен килограмм до тысячи тонн в час. Они отличаются по конструктивному исполнению и по особенностям вибровозбуждения [1]. Предусмотрено регулирование по амплитуде и частоте колебаний просеивающей поверхности. Все это связано с необходимостью обеспечения возможности выбора грохота для определенного вида сырья. Отсюда следует задача – выбор грохота для конкретных условий из номенклатуры существующих. Если они не удовлетворяют требованиям производства, то необходима разработка нового грохота.

При создании грохота, чтобы обеспечить заданные эффективность разделения конкретного сырья и производительность, необходимо знать, как они зави-