

Д.т.н., профессор Кадыров А.С., доктор PhD Жунусбекова Ж.Ж.,  
доктор PhD Ганюков А.А.

*Карагандинский технический университет, Казахстан*

## **Анализ нагружения рабочих органов бурильных и фрезерных машин при движении в глинистом растворе**

При строительстве заглубленных сооружений способом «стена в грунте», разработку грунта, как правило, производят под слоем глинистого раствора, представляющего собой дисперсную вязкопластичную среду.

Возникло предположение, что на рабочий орган машины, движущейся в глинистом растворе действует дополнительное нагружение. Сопротивление при движении твердых тел в жидкости (обтекание жидкостью) определяется силой трения, гидродинамическим лобовым сопротивлением и выталкивающей силой.

Для определения величины сопротивления движению рабочего органа в глинистом растворе в движении вязкопластичного раствора различают четыре режима:

- шведовский – режим течения с неразрушенной структурой, проходящий с очень малыми скоростями ( $10^{-2}$  м/с). При этом жидкость обладает эффективной ньютоновской вязкостью;

- бингамовский режим – течение жидкости с непрерывно разрушающейся структурой (скорость передачи 1...1,5 м/с). Описывается структурной вязкостью;

- псевдоламинарный режим (1,5 м/с); динамическая вязкость;

- турбулентный режим ( $> 2$  м/с), описывается фиктивной вязкостью.

Приведены теоретические и экспериментальные исследования, позволившие определить закономерности изменения сил при движении

раствора относительно рабочего органа в шведовском, бингамовском и псевдоламинарном режимах.

На первом этапе исследования рассмотрено движение гладкой пластиинки площадью  $F$  и бесконечно малой толщины  $\Delta$ , и гладкого цилиндра радиусом  $R$  и длиной  $L$ . Затем исследовалось нагружение рабочего органа, представляющего сменную конфигурацию тела, составленную из плоских и сферических элементов (рисунок 1) [1].

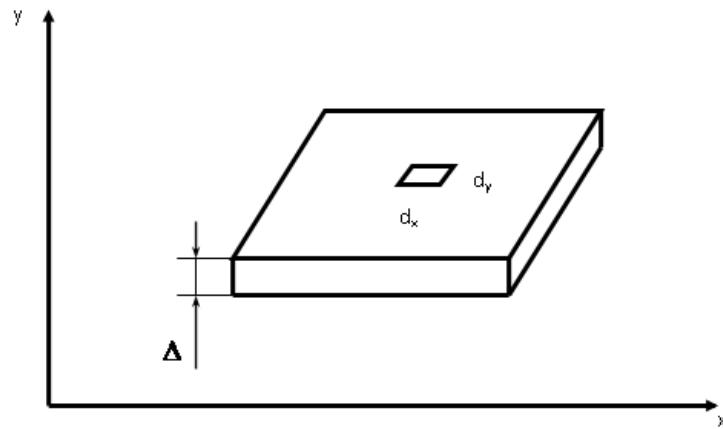


Рисунок 1 – Разбиение плоской пластиинки на множество бесконечно малых элементов

Рассмотрено поступательное, вращательное и сложное движение пластиинки. При векторе движения в плоскости пластиинки определялись силы трения  $R_c$ .

Сила трения при движении пластиинки со скоростью, вызывающей возникновение бингамовского режима течения жидкости, определялась с учетом касательного и предельного нагружения сдвигу, градиента скорости движения, структурной вязкости жидкости и толщины пограничного слоя. При псевдоламинарном режиме движения реологические свойства глинистого раствора адекватны реологии обычной вязкой жидкости и зависят от динамической вязкости и закона распределения скоростей течения вязкой жидкости.

В ядре течения турбулентного потока с развитой турбулентностью скорость течения меняется по логарифмическому закону, зависит от фиктивной вязкости, постоянным Л. Прандтля, плотности среды и размеров ядра. С учетом

этих величин течения потока получено касательное напряжение на пластиинки при турбулентном движении раствора. При определении момента сопротивления вращению пластиинки учитывается радиус и угол поворота. В сложном движении угол переносной и относительной скоростью.

Определены зависимости нагрузки в растворе гладкого цилиндра основываясь на тех же реологических моделях, что использовались для определения сил сопротивления движению пластиинки (рисунок 2) [2].

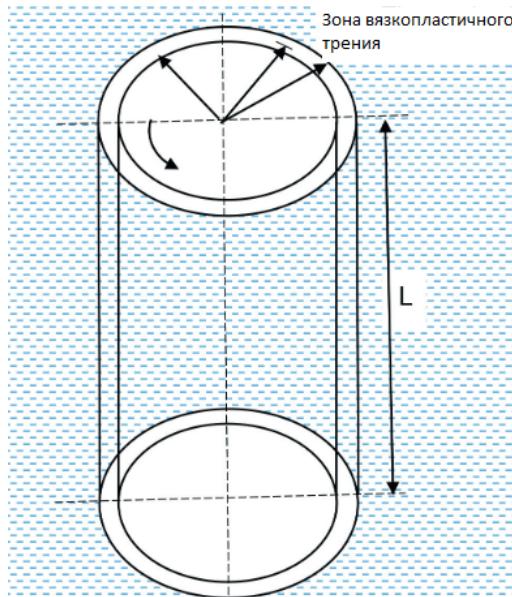


Рисунок 2 - Характер течения раствора вокруг вращающегося гладкого цилиндра

Для определения сопротивлению движению землеройного оборудования анализировалось движение гипотетического рабочего органа.

Предположили, что рабочий орган представлял собой совокупность вращающихся и движущихся поступательно элементов.

Использовалось следствие принципа декомпозиции, позволившие сложное движение одного элемента представить как движение двух элементов, совершающих поступательное и вращательное движение.

К рабочему органу приложили вертикальное усилие, соответствующее силе подачи на бурильную машину, а к сферическому элементу, движущий крутящий момент. К нагрузению отнесли выталкивающую силу, силу тяжести, сопротивление трению поступательных элементов о раствор,

гидродинамическое сопротивление вращающимся элементам, подъемную силу, момент от гидродинамической силы и силу трения на вращательных элементах.

Произведен анализ для всех режимов течения глинистого раствора.

В результате исследований получены следующие выводы:

- при шведовском режиме движения раствора сопротивление движению пластиинки происходит за счет упругих деформаций;

- при бингамовском нагружении пластиинки в основном определяется величиной предельного напряжения сдвига;

- при турбулентном режиме движения сила сопротивления зависит от размеров ядра течения потока, плотности среды и величины фиктивной вязкости;

- при шведовском режиме течения глинистого раствора, сопротивление движению цилиндра определяется упругими свойствами геля;

- при бингамовском – предельным сопротивлением среды сдвигу и размером зоны вязкопластичного течения;

- при псевдоламинарном - динамической вязкостью раствора и скоростью вращения цилиндра;

- наибольшую весомость в общем нагружении движению рабочего органа в глинистом растворе имеет крутящий момент от сил сопротивления вращению плоских элементов, реактивная сила транспортера и выталкивающая сила;

- момент от сил сопротивления движению рабочего органа в глинистом растворе необходимо подсчитывать для бингамовского режима, при котором нагружение наибольшее. Номинальную мощность двигателя необходимо вычислять по псевдоламинарному режиму, так его параметры близки к среднемаксимальным силовым параметрам бингамовского режима.

### **Список использованной литературы**

1. Кадыров А.С., Мулдагалиев З.А., Нурмаганбетов А.С., Курмашева Б.К., Жунусбекова Ж.Ж. Теоретические основы проектирования и расчета бурильных и фрезерных землеройных машин. – Караганда, 2010. – 220 с.

2. Zhunusbekova, Z. Z., Kadyrov, A. S. Study of digging machine flat element loading in clay solution. Scientific Bulletin of National Mining University in Dnipropetrovsk. 2016, 2(152), p. 30-34. ISSN 2071-2227.