

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

М. П. ВОЛАРОВИЧ и Н. В. ЛАЗОВСКАЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ТОРФА В КОНИЧЕСКИХ НАСАДКАХ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 4 XI 1950)

Течение пластичных дисперсных систем в конических насадках имеет место в ряде машин. Однако теоретическое решение дано до сих пор лишь для движения в конусе истинно-вязкой жидкости⁽¹⁾. Уравнения движения вязко-пластичных тел, к числу которых принадлежат многие дисперсные системы (торф, глины, краски и т. д.), являются настолько сложными, что их решения найдены только для некоторых наиболее простых случаев^(2, 3). Для движения в конусах их решить пока не удалось.

Поэтому представляются интересными экспериментальные исследования в этом направлении, до сих пор отсутствовавшие. В качестве объекта исследования была выбрана торфомасса, являющаяся типичным вязко-пластичным телом.

Опыты производились на специальной установке, состоящей из железного цилиндра с крышкой, в нижней части которого можно было ввинчивать конуса различных размеров. После заполнения цилиндра торфом верхняя часть его сообщалась с манометром, устанавливавшим определенное избыточное давление. Во избежание прорыва воздуха сквозь толщу торфа на поверхность загруженного торфа помещалась тонкая резиновая пленка, натянутая на металлическое кольцо. Для достижения однородности и для исключения тиксотропии торф предварительно перерабатывался и тщательно перемешивался.

В процессе опытов определялся расход торфа, т. е. объем его, протекающий через конус в единицу времени, при различных давлениях. Испытания производились для 6 конусов с диаметром входного отверстия 3 и 6 см и с углами раствора 10, 20 и 25°.

На рис. 1 изображены результаты некоторых опытов в виде зависимости расхода Q от давления P . Эти кривые имеют большое сходство с аналогичными кривыми, получаемыми в капиллярных и ротационных вискозиметрах для вязко-пластичных тел. Как видно, кривые не проходят через начало координат, и точка пересечения с осью абсцисс характеризует величину предельного напряжения сдвига (предел текучести) исследуемых образцов торфа.

При давлениях меньших, чем предельное значение P_0 , движения торфа не происходит. При больших давлениях наблюдается вначале медленное течение, а затем кривая поднимается более резко и зависимость расхода от давления при этом близка к прямолинейной.

Вязко-пластичные свойства изученных образцов торфа (пределное напряжение сдвига θ и пластическая вязкость η_{pl}) определялись при помощи ротационного вискозиметра РВ-4 по известной методике⁽⁴⁾.

В результате математической обработки опытов, проведенных с образцами торфов различной степени разложения при нескольких значениях влажности, установлена формула для зависимости расхода от давления при движении торфа в конусах:

$$Q = k\omega \left(\frac{P - P_0}{h} \right)^\alpha, \quad (1)$$

где ω — площадь выходного отверстия конуса, h — его высота, α и k — коэффициенты, одинаковые для всех торфов. При этом среднее

см³/сек.

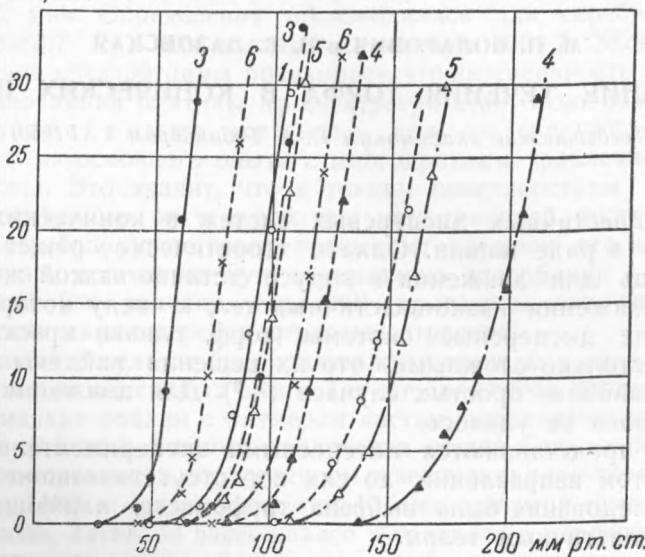


Рис. 1. Зависимость расхода Q торфа от давления P при движении через различные конусы; влажность $W_1 = 83,0\%$, $W_2 = 81,4\%$, $W_3 = 79,5\%$, 1 — конус № 1, $\beta = 25^\circ$, $h = 4$ см; 3 — конус № 3, $\beta = 10^\circ$, $h = 4$ см; 4 — конус № 4, $\beta = 25^\circ$, $h = 8$ см; 5 — конус № 5, $\beta = 20^\circ$, $h = 8$ см; 6 — конус № 6, $\beta = 10^\circ$, $h = 8$ см

значение коэффициента α , найденное из большого числа опытов, оказалось равным 2,91 для всех конусов.

Коэффициент k является линейной функцией угла раствора конуса β и может быть найден при расчетах в системе единиц см·г·сек. из следующего уравнения:

$$k = (3,51 + 0,29\beta) \cdot 10^{-12}.$$

При расчетах расхода торфа Q через конические насадки по формуле (1) величину предельного давления P_0 возможно с достаточным приближением вычислять по формуле

$$P_0 = \frac{4h\theta}{d}, \quad (2)$$

где θ — предельное напряжение сдвига торфа, найденное из опытов с ротационным вискозиметром ($\theta \approx 10^3 - 10^4$ дин/см²), а d — диаметр выходного отверстия конуса. Смысл применения формулы (2) сводится к допущению, что сдвиг развивается в основном по боковой поверхности цилиндра с диаметром d .

От пластической вязкости торфа расход при течении через конус в первом приближении не зависит. Это видно, например, из рис. 1, где наклон прямолинейных участков графиков почти одинаков для всех конусов и всех значений влажности торфа. Опыты показали, что при изменении влажности торфа его предельное напряжение сдвига θ изменяется очень сильно (например, в интервале влажности от 83 до 79%, предельное напряжение сдвига возрастает в 3 раза), а пластическая вязкость — незначительно (всего лишь на 15% для того же интервала влажности).

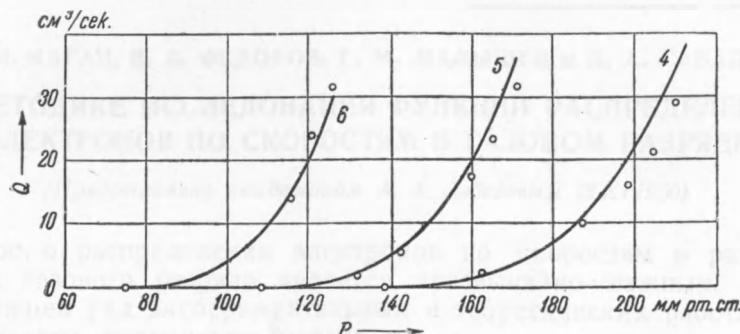


Рис. 2. Графики зависимости расхода торфа от давления, построенные по формуле (1). Точки соответствуют экспериментальным данным

Следует отметить, что полученная эмпирически формула (1) применима для расчета расхода лишь в случае достаточно больших значений предельного напряжения сдвига, указанных выше, и при условии, что изменения вязкости достаточно малы, так что экстраполяция этой формулы для малых значений предельного напряжения сдвига является недопустимой.

На рис. 2 представлены результаты сравнения формулы (1) с экспериментальными данными для трех типичных кривых из общего большого числа опытов. Как видно, кривые, построенные по формуле (1), проходят достаточно близко от экспериментальных точек.

Московский торфяной институт

Поступило
1 XI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. А. Слезкин, Матем. сборн., 42, № 1, 43 (1935). ² М. П. Воларович, Тр. Ин-та прикл. минералгии, 16, 1 (1934); М. П. Воларович и А. М. Гуткин, ЖТФ, 16, 321 (1946); А. М. Гуткин. Тр. 2-й Всесоюзн. конф. по трению и износу, 1, 31 (1947). ³ А. А. Ильюшин, Уч. зап. МГУ, № 39, 3 (1940). ⁴ М. П. Воларович, Тр. Полиграф. ин-та ОГИЗа, 5, 261 (1937).