

Член-корреспондент АН СССР Я. И. ФРЕНКЕЛЬ и О. А. ШПАНСКАЯ

О КАТАНИИ КАПЕЛЬ ЖИДКОСТИ, ЗАЖАТЫХ МЕЖДУ ТВЕРДЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

После ряда опытов над «скатыванием» жидких капель с наклонной твердой пластинки (1), прекрасно подтвердивших теорию одного из авторов (2), представлялось естественным распространить эту теорию на случай капли жидкости, зажатой между двумя твердыми параллельными пластинками. А именно, можно думать, что при неподвижности одной из пластинок, скажем, нижней и движении другой — верхней, отделяющая их друг от друга более или менее сильно расплющенная капля должна катиться между ними по схеме «гусеничного трактора», со средней скоростью, равной половине скорости верхней пластинки относительно нижней. Это предположение подтвердилось нашими опытами, которые дали особенно простой результат в случае капелек ртути, зажатых между плоскопараллельными стеклянными пластинками, установленными на предметном столе микроскопа. При этом верхняя пластинка нагружалась свинцовыми гирями до 100 г с продольными прорезями, через которые можно было наблюдать в микроскоп качение капли, и приводилась в движение с помощью тонкой нити, наматываемой на шкив мотора Уорена. Набор шкивов позволял менять скорость движения пластинки от 0,01 до 0,09 см/сек.

Положение центра капли регистрировалось микрометрическими винтами стола микроскопа. Вес капли был от 10^{-5} до 10^{-2} г. Опыт показал, что во всех случаях скорость перемещения центра капли (которая при своем движении принимала форму слегка вытянутого в направлении движения расплющенного эллипсоида) составляла ровно половину от скорости перемещения верхней пластинки.

Это обстоятельство представлялось бы совершенно естественным в случае круглой капли ртути, которая катилась бы между обеими пластинками, как твердый шарик без всякого трения. Тот факт, что капля вела себя подобным образом, т. е. как твердый шарик или, вернее, ролик в подшипнике и в сильно расплющенном состоянии, представляет несколько удивительным и открывает новые перспективы в теории твердого трения со смазкой.

При замене ртути вазелиновым маслом ($\eta = 0,1919$ пуаз) или авиационным маслом МС, т. е. веществами, которые хорошо смачивают стекло, явления осложнялись частичным намазыванием масла на стекло и, кроме того, капля при своем движении принимала форму расплющенного эллипсоида, большая ось которого перпендикулярна направлению движения. Однако и в этом случае, при постепенном уменьшении расплющенной капли, центр ее перемещался со скоростью, равной половине относительной скорости обеих пластинок. Капли брались различного веса от 10^{-3} до 10^{-6} г, диаметр d — от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров; высота h — от 100 до 10 μ . Во всех

случаях, как для малых капель, так и для больших (например, $S = 5,5 \text{ см}^2$; $h = 20 \text{ м}$), которые по сути дела представляли собой уже не капли, а ограниченные масляные пленки, наблюдалось качение. Качение наблюдалось также и в случае, если пленка ограничена только в направлении движения и ему противоположном и доходит до границ пластинки-движка в направлении, перпендикулярном движению.

След, который оставляла капля масла при качении (рис. 1), напоминал стоячие волны, гребни которых расположены по периметру расплющенной капли; эти гребни образовывались в момент мгновенного перехода

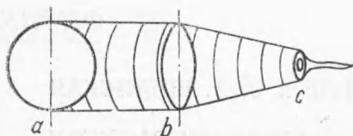


Рис. 1. *a, b, c* — последовательные состояния капли при ее качении

капли из состояния покоя в состояние движения. Средняя толщина следа имеет порядок $1-2 \text{ м}$ и зависит, главным образом, от адгезии данного вещества к поверхности, по которой происходит качение. При качении расплющенной капли масла ее малая ось уменьшалась (вследствие намазывания масла на стекло) значительно быстрее большой оси; когда длина ее достигала примерно $1/10$ длины большой оси ($\sim 0,1 \text{ мм}$ при нагрузке на каплю 7 г), то капля-эллипсоид стягивалась в каплю-шарик (этим объясняется внезапное сужение следа рис. 1) и перекачивалась в таком виде до полного своего израсходования. На одном сантиметре пути капля многократно останавливалась не дольше чем на $2-3 \text{ сек.}$ и за это время несколько округлялась (большая ось эллипса уменьшалась на сотые доли миллиметра), т. е. даже будучи нагружена, капля стремилась принять наиболее устойчивое состояние, которому соответствует минимум поверхностной энергии. Затем «рывком» капля перекачивалась в новое положение.

Таким образом, перемещение капель ртути и масла, зажатых между твердыми параллельными пластинками (стеклянными, плаксиглазовыми, кварцевыми), совершается не плавно, а «рывками», что, впрочем, наблюдалось и на машине трения при изучении трения между различными металлическими поверхностями, как при обильной и граничной смазке, так и в отсутствие смазки.

Отсюда, повидимому, следует, что так называемого «сухого» трения, подчиняющегося закону Амонтона — Кулона, не существует и что эти законы относятся к трению между «смазанными» поверхностями. В тех же случаях, когда пленка смазки не доходит до границ пластинки-движка, она играет роль ролика в подшипнике.

Всесоюзный институт
авиационных материалов

Поступило
10 XII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Я. Б. Арон и Я. И. Френкель, ЖЭТФ, 19, 807 (1949). ² Я. И. Френкель, ЖЭТФ, 18, 659 (1948).