**Моделирование влияния свойств тонких поверхностных слоев на результаты индентирования**

*А.А. Яковенко*1,2*, И.Г. Горячева*1

1Институт проблем механики РАН, Москва

2Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Москва

Необходимость исследования процесса индентирования неоднородных оснований, поверхностные слои которых обладают реологическими свойствами, возникает во многих областях, например, при разработке смазочных материалов и покрытий, а также при исследовании взаимодействия медицинских инструментов с мягкими биологическими тканями.

В данной работе предложена модель для оценки влияния релаксационных свойств поверхностного слоя на характеристики контактного взаимодействия жесткого индентора с упругим основанием, имеющим на своей поверхности тонкий вязкоупругий слой.

Рассматривается осесимметричная задача о внедрении жесткого индентора с постоянной скоростью в основание, верхний слой которого проявляет вязкоупругие свойства, а нижний – упругие. Вертикальное смещение границы основания складывается из перемещений верхнего и нижнего слоев. Механическое поведение двухслойного основания описывается моделью вязкоупругого слоя (модель Максвелла) на упругом полупространстве (сплошная среда).

Для определения контактного давления, зависящего как от координаты, так и от времени, получено интегральное уравнение с положительно определенным и симметричным ядром, решение которого позволяет проанализировать характер распределения контактного давления в различные моменты времени, а также зависимость нагрузки от внедрения при разных скоростях внедрения и формах индентора.

Установлено, что при внедрении индентора в форме цилиндра с плоским основанием в начальный момент времени контактное давление возрастает при приближении к границе области контакта. В последующие моменты времени давление на площадке контакта выравнивается. Величина контактных давлений в рассматриваемый момент времени тем больше, чем выше скорость внедрения (и само внедрение).

 Проведен анализ влияния отношения модулей упругости слоя и основания, а также релаксационных свойств слоя на распределение давления под инденторами сферической и цилиндрической формы в различные моменты времени.

 Полученные зависимости могут быть использованы для определения механических свойств граничных вязкоупругих слоев при индентировании. Также построенные модели позволяют проанализировать влияние скорости внедрения индентора в слоистое основание на силу реакции основания и на распределение контактных давлений.

 Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ 19-58-52004).