

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.3+620.178.15

Л.П. ВОВК, Б.В. СОБОЛЬ**ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТАКТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Рассмотрены математические аспекты решения пространственной динамической задачи контактирования цилиндрических деталей машин. Приведена модификация метода суперпозиции, позволяющая провести аналитическое исследование напряженно-деформированного состояния и дать практические рекомендации по оценке интенсивности локальной концентрации напряжений в нерегулярных зонах контакта, что определяет прочностные параметры контактной пары. В качестве численного эксперимента рассмотрены механические характеристики взаимодействия поршневых пальцев двигателей внутреннего сгорания с головкой шатуна и бобышками поршня.

Ключевые слова: контактные напряжения, метод суперпозиции, локальная концентрация напряжений, система интегральных уравнений.

Введение. Детали, воспринимающие контактные нагрузки, как правило, являются одними из наиболее ответственных, и от их прочности зависит работоспособность и надежность всего механизма в целом. Однако при рассмотрении систем контактирующих тел механическими явлениями в зоне контакта зачастую пренебрегают, проводя упрощение и схематизацию усилий, действующих на детали механизма. Такие упрощения могут приводить к неверным результатам, так как в большинстве реальных механизмов закон распределения контактных давлений оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние (НДС) механизма или конструкции в целом. В связи с этим возникает необходимость исследования НДС деталей механизма в местах их контактного взаимодействия при произвольной площадке контакта, размеры которой зависят от приложенных нагрузок.

Теоретические исследования в этой области связаны с решением краевых задач нестационарной динамики со смешанными граничными условиями. Одним из наиболее эффективных является аналитический подход, предложенный в [1] и развитый в работе [2]. В соответствии с этим подходом решение упругопластической задачи получают на основе комбинации решений упругой и жесткопластической задач. Такой подход базируется на принципе Герстнера, при котором общее перемещение можно представить в виде суммы упругой и пластической составляющих, рассматриваемых независимо.

Упругое поведение большинства конструкционных материалов играет важную роль в деформационном процессе, особенно когда зона пластических деформаций мала. Решение контактных задач при упругопластическом деформировании в основном проводится на основе численных схем. Разработка аналитических подходов возможна при введении ряда гипотез [1,2] или эмпирических коэффициентов [3]. В последние годы широкое распространение при решении упругопластических задач получили численные методы, среди которых наиболее универсальным является метод конечного элемента.

Несмотря на большое количество работ, посвященных данной тематике, исследователи вынуждены повсеместно моделировать одно из контактирующих тел бесконечной или полубесконечной областью, что дает возможность применения при аналитическом решении методики интегральных преобразований [4], понижающей размерность задачи. Кроме того, существенным упрощением следует признать тот факт, что неограниченное тело моделируется областью с прямолинейной границей (полупространство, слой). Такой подход, хотя и дает возможность математи-