

УДК 539.3

Н.Б. НЕГРОВОВА, ст. гр. ТМ-85Б, НТУ «ХПИ»

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНТАКТИРУЮЩИХ ТЕЛ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

Поставлена та розв'язана задача про вплив радіусів кривизни і величини притискаючої сили на розподіл контактних тисків та розміри контактної площадки в сполученні тіл скінченних розмірів. Отримані результати порівнюються з результатами, які дає модель Герца.

Поставлена и решена задача о влиянии радиусов кривизны и величины прижимающей силы на распределение контактных давлений и размеры контактной площадки в сопряжении тел конечных размеров. Полученные результаты сравниваются с результатами, которые дает модель Герца.

Formulated and solved the problem of the effect of the radii of curvature and the magnitude of down force on the distribution of contact pressure and contact area sizes in the conjugation of bodies of finite dimensions. The results are compared with results which gives a model of Hertz.

Введение. Во многих узлах машиностроительных конструкций применяются соединения деталей с первоначально точечным контактом. Это – подшипники, зубчатые зацепления, муфты, подвижные опоры и т.д. Преимуществом такого вида контактных пар является меньшая чувствительность к погрешностям базирования контактирующих тел, а также к деформациям остальной, удаленной от зоны контактирования, части тел. Часто для оценки контактных давлений при этом традиционно применяются соотношения Герца [1, 2]. Однако при малых отличиях радиусов кривизны соприкасающихся тел пятно контакта быстро прогрессирует, и вследствие конечности размеров деталей размеры этого пятна становятся соизмеримыми с размерами самих тел. Тем самым неприменимыми становятся гипотезы, используемые в модели Герца или в других упрощенных моделях [3].

В то же время вполне естественным является желание получить если не аналитические, то хотя бы приближенные графические зависимости для оценки контактных давлений в сопряжении деталей машиностроительных конструкций, а также провести анализ влияния отдельных факторов на тенденцию их изменения. В публикации [4] данная задача ставится в общем виде.

Целью данной работы является получение конкретных зависимостей для определения контактных давлений в сопряжении тел с первоначально точечным контактом при изменении радиусов кривизны и величины прижимающей силы.

Методика исследований. Расчетная схема модельной задачи представлена на рис. 1. Размеры тел: $a = 0.015$ м, $b = 0.025$ м, $c = 0.01$ м. Радиус кривизны в одной из плоскостей (фиксирован): 11 000 м. Величина прижимающей силы: 100 Н. Свойства материала: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$. Тела – гладкие. Напряженно-деформированное состояние симметрично относительно вертикальных плоскостей. В связи с этим рассматривается 1/4 конструкции с заданием соответствующих условий симметрии.

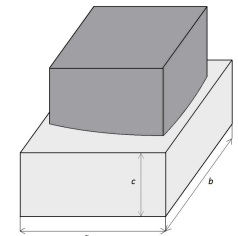


Рис. 1. Расчетная схема модельной задачи (1/4 конструкции)

Дискретизация задачи осуществляется по методу конечных элементов (МКЭ) в среде ANSYS Workbench. Варьируемыми являются радиус кривизны в одной из плоскостей, изменяемый в диапазоне $100 \div 20\,000$ м, и величина усилия прижатия в диапазоне $0.1 \div 3.5$ кН.

Результаты расчетов. Исследование проводилось в три этапа.

На первом этапе численное решение по методу конечных элементов сравнивалось с решением задачи Герца. Использовались конечно-элементные модели (КЭМ) с разным количеством конечных элементов. Усилие прижатия и размеры тел принимались такими, чтобы полуоси пятен контакта не превышали 1/20 габаритов контактирующих тел.

На рис. 2 представлены зависимости длин полуосей пятен контакта, а на рис. 3 – зависимости максимальных контактных давлений от количества узлов КЭМ. При этом сами распределения контактных давлений соот-

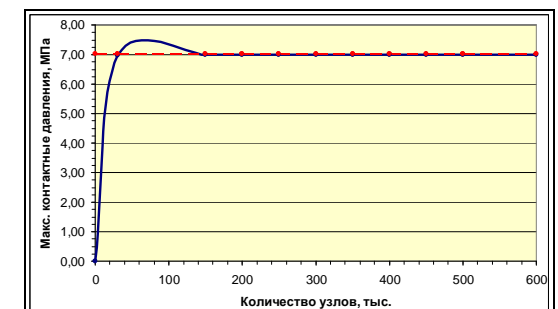


Рис. 2. Зависимость длин полуосей пятен контакта от количества узлов

ответствуют по характеру герцевским распределениям. Таким образом, можно сделать вывод, что уже при размере конечного элемента $1/8$ ширины пятна контакта отличие численных результатов по МКЭ от аналитических герцевских не превышает 0,4 %. Это дает возможность использовать данные КЭМ для последующих решений модельных задач.

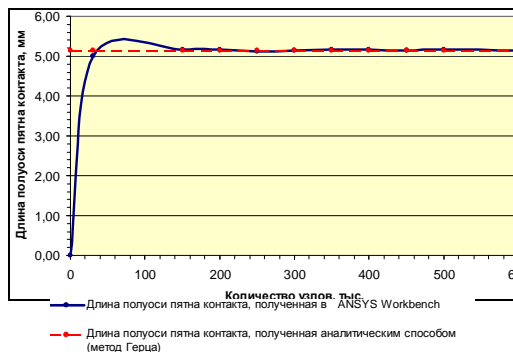


Рис. 3. Зависимость максимальных контактных давлений от количества узлов

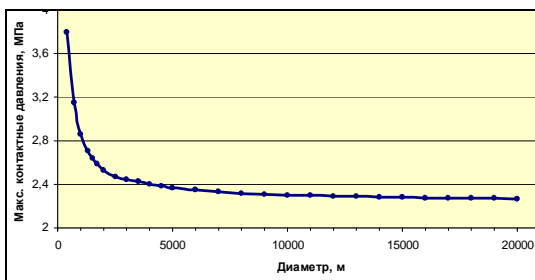


Рис. 4. Зависимость максимальных контактных давлений от изменения радиуса кривизны

На третьем этапе с использованием построенной конечно-элементной модели определялись картины контактных давлений при изменении прижимающего усилия. На рис. 6 показаны зависимости максимальных контактных давлений от изменения прижимающей силы, на рис. 7 – распределения контактных зон и контактных давлений. Видно, что величина усилия также оказывает сильное влияние на вид пятен контакта и распределение контактных давлений, приближая их с ростом силы к габаритам детали в плане и к более однородному распределению давлений по области контакта.

Заключение. Проведенные и описанные в статье результаты численных исследований дают основание для следующих выводов.

1. Ни модель Герца, ни другие упрощенные модели не дают реальной картины контактных давлений и площадок контакта для случая первоначально точечного контакта тел конечных размеров с малыми отличиями радиусов

На втором этапе с использованием построенной КЭМ определялись картины контактных давлений при изменении радиуса кривизны. На рис. 4 показаны зависимости максимальных контактных давлений от изменения радиуса кривизны, а на рис. 5 – распределения контактных зон и контактных давлений.

Видно, что с ростом радиуса кривизны пятно контакта резко возрастает, выходя на границы контактирующих тел. При этом распределения контактных давлений становятся существенно отличными от герцевских, стремясь к более равномерному по большей части пятну.

На третьем этапе с использованием построенной

кривизны сопряженных поверхностей.

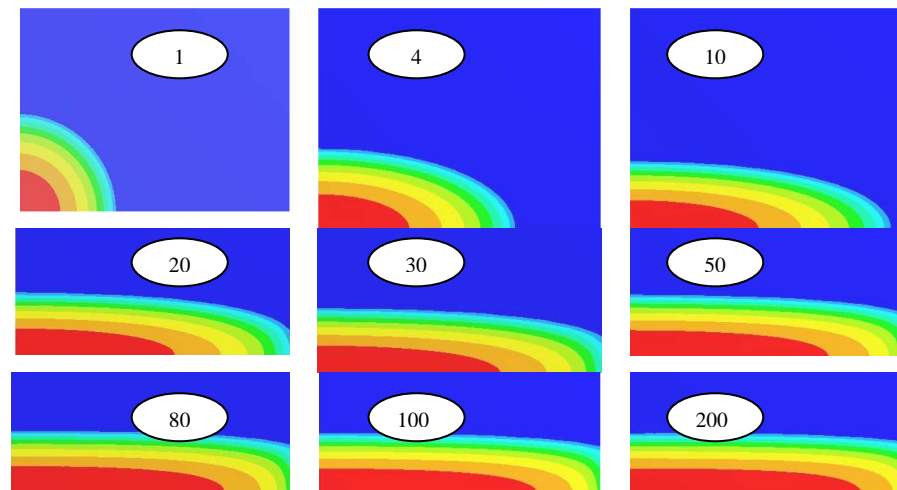


Рис. 5. Распределения контактных зон и контактных давлений при изменении отношения большего радиуса кривизны поверхности контактирующего тела к меньшему

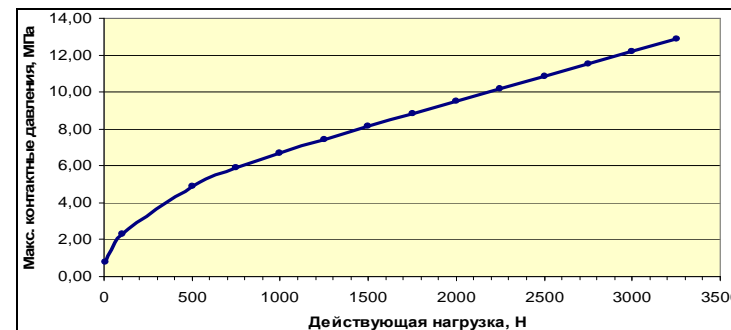


Рис. 6. Зависимость максимальных контактных давлений от изменения прижимающей силы

2. На модельных задачах проиллюстрировано, что увеличение радиуса кривизны и прижимающего усилия приводит к резкому росту контактных пятен вплоть до заполнения ими сопряженных участков поверхностей контактирующих тел.

3. Распределения контактных давлений с ростом радиуса кривизны и прижимающей силы после выхода периферии пятна на границы тел становятся более равномерными по большей части площадки контакта.

Предложенный в статье подход будет использован в дальнейшем для исследования контактного взаимодействия при варьировании размеров и формы

контактирующих тел, а также величины прижимающей силы.

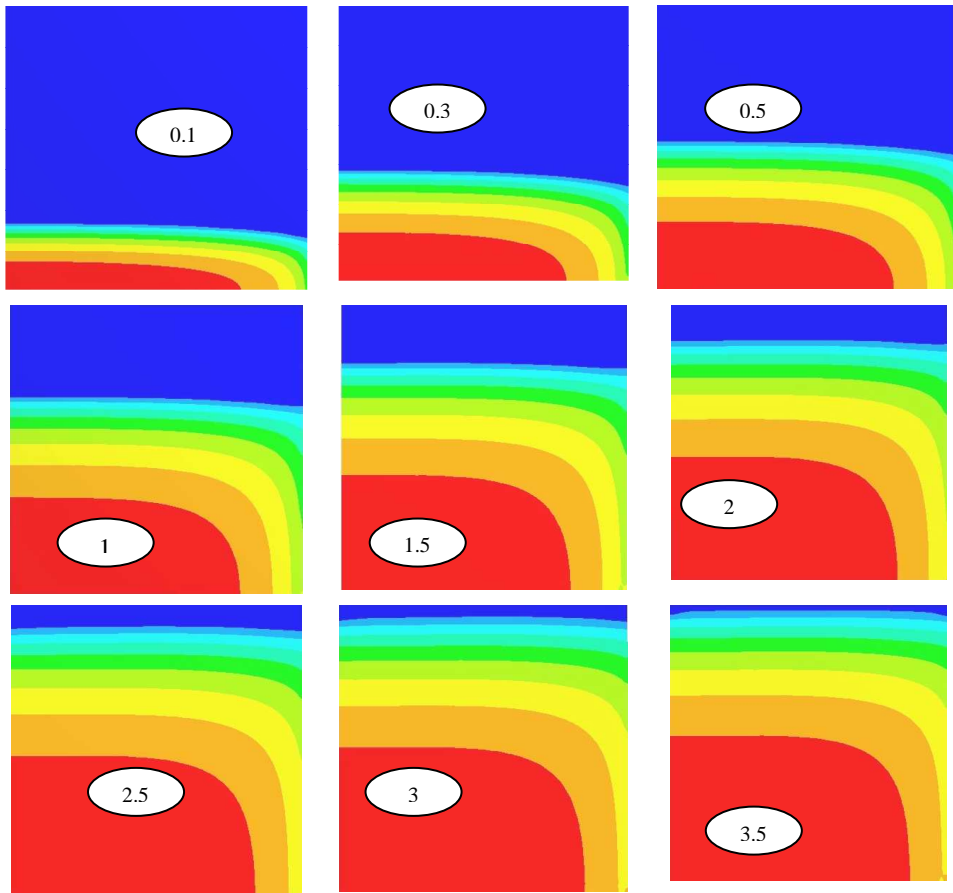


Рис. 7. Распределения контактных зон и контактных давлений при варьировании прижимающей силы, кН

Список литературы: 1. Hertz H. Über die Berührung fester elastischer Körper. Math.. – 1881. – Vol. 92. – S. 156-171. 2. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. – М.: Мир, 1989. – 509 с. 3. Попов А.П. Зубчатые механизмы с точечным контактом зубьев. – Николаев: Атолл, 2011. – 774с. 4. Негрובה Н.Б. Контактна взаємодія деталей машин з витягнутими контактними областями / Н.Б. Негрובה, М.А. Ткачук, М.М. Ткачук // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: Проблеми механічного привода. – 2011. – № 29. – С. 129-134.

Поступила в редколлегию 16.02.11