

УДК 621.879.3

Студ. Путрич А.Ю.

Студ. Лисовский А.Е.

Науч.рук., канд. техн. наук, доцент С.А. Голякевич  
(кафедра лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства, БГТУ),

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К АНАЛИЗУ ОПОРНОЙ ПРОХОДИМОСТИ ЛЕСНЫХ МАШИН**

Проходимость является одним из важнейших эксплуатационных свойств лесных машин и определяет их способность двигаться в условиях сложно-пересеченной местности и грунтов с низкой несущей способностью. Проходимость в условиях лесных почвогрунтов с низкой несущей способностью определяется величинами удельного давления на грунт и количеством проходов машины по одной колее. Если удельное давление превышает несущую способность грунта, колесо начинает вязнуть и погружаться в него, в результате образуется колея, глубина которой нелинейно увеличивается с ростом числа проходов.

В отечественной и зарубежной научной литературе приводится ряд расчетных методик оценки удельного давления на грунт. Результаты, полученные с их использованием, зачастую, значительно отличаются как качественно, так и количественно. Качественные отличия обуславливаются самим подходом к формированию данных методик. Это эмпирические зависимости полученные в результате экспериментальных исследований, которые учитывают следующие комбинации взаимодействующих объектов: упругое колесо с жестким основанием, жесткое колесо с деформируемым основанием и упругое колесо с деформируемым основанием. Для реализации последней необходимы значительные вычислительные мощности с большим количеством повторяющихся итераций по деформации движителя и отклика в виде деформации поверхности. При этом, наряду с высокой точностью получаемых результатов, данный метод имеет существенные недостатки в виде длительного времени вычисления и получения лишь усредненного значения удельного давления. Усреднение возникает ввиду невозможности точного установления величин давления на участках протектора и межпротекторных углублений.

Решением данной научной проблемы является применение методов теории конечно элементного анализа, который получил широкое распространение в проблемах распределения деформаций в сложных динамических системах.

Суть предлагаемого нами подхода состоит в трехмерном геометрическом моделировании конструкции колеса: обода и покрышки, а также почвогрунта с заданными механическими свойствами, в системах автоматизированного проектирования (к примеру Siemens PLM NX).

Указанная модель импортируется в среду автоматизации инженерных расчетов ANSYS для дальнейшего расчета в модуле статического анализа (Static Structural).

Для обеспечения высокой адекватности и точности модели изолируются встроенные в ANSYS средства прямого задания физических и механических свойств контактирующих материалов и параметров контактного взаимодействия.

Так в разделе Engineering Data задаются свойства грунта, покрышки и колёсного диска через различные параметры, в частности Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, плотности материалов и др. Ряд исследований [1] указывает на значительное присутствие вязкоупругих свойств грунтов, в особенности имеющих низкую несущую способность. Тем не менее в данной работе, на начальном этапе наших исследований, сделано допущение об упругом характере взаимодействующих грунта и покрышки. Это позволило существенно сократить время последующего расчета и использовать большее количество открытых данных о физико-механических свойствах различных грунтов.

Построение сетки конечных элементов модели также имеет ряд существенных особенностей. Так сетка формируется отдельно для обода, покрышки и силовой пластины покрышки колеса. Объединение сеток выполнено с использованием встроенного принципа контактного взаимодействия конечных элементов в виде неподвижных соединений (Bonded).

Для наилучшего построения сетки конечных элементов геометрическая модель отредактирована в подпрограмме ANSYS DesingModeler с помощью инструментов Repair и Analysis Tools, что позволило получить более точную по геометрии сетку на основе гексагональных элементов. В месте предполагаемого контактного взаимодействия колеса с опорной поверхностью сетка измельчалась до 10 раз. Начальные значения размера грани конечного элемента 0,01 см. Контакт в местах соприкосновения колеса с поверхностью являлся не постоянным, контроль за возникновением контакта задан в настройках ANSYS с использованием опции Pin Ball Control равной 0,001 см.

Результатом произведенного расчета явились графики распределения давлений движителя на грунт по всей контактной поверхности в зависимости от начальных нагрузок, давлении воздуха в колесе и механических свойств почвогрунтов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы проектирования лесных машин и системы автоматизированного проектирования. В 2ч. Ч.2 / С.А. Голякевич, А.Р. Гороновский. – Минск БГТУ, 2016. - 122