

тальных участках длиной 2,2 м, шириной 1,2 м и глубиной 0,5 м, почвогрунт – суглинок. Участок без георешетки выкладывался послойно, каждому слою придавались определенные плотность и влажность. Верхний слой представлял собой покрытие из песчано-гравийной смеси толщиной 0,1 м. Устройство участка с георешеткой осуществлялось точно таким же образом с разницей в том, что песчано-гравийная смесь укладывалась на армированное георешеткой Комета основание дорожной одежды из почвогрунта.

Нагрузка, передаваемая колесной парой самоходной тележки на покрытие исследуемой дорожной конструкции, составляла 3200 кг, давление воздуха в шинах – 0,3 МПа, число проходов по одному следу – 100. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость глубины колеи от числа проходов тележки

Число проходов	8	12	20	30	40	50	60	70	80*
Глубина колеи, см	2,60**	2,95	3,15	3,35	3,45	3,55	3,60	3,63	3,65
	3,80	4,08	4,28	4,50	4,60	4,70	4,80	4,88	4,95

Примечание: \* – после 80 проходов глубина колеи уже не возрастала; \*\* – в верхнем ряду приведены значения для конструкции, армированной георешеткой.

Как видно из таблицы 2, на участке с георешеткой глубина колеи на 35% меньше, чем на участке без георешетки.

Очевидно, что использование георешеток позволяет существенно повысить прочность грунтогравийной дороги. За счет снижения степени накопления остаточных деформаций (колееобразования) и увеличения межремонтных сроков можно достичь ощутимого снижения затрат материальных и трудовых ресурсов при эксплуатации лесных дорог.

\*УДК 621.831

Н.П. Вырко, проф., д-р техн. наук; А.М. Лось, ассист. (БГТУ, г. Минск)

### ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ

Проектирование новых лесных машин и конструкций связано с большим количеством расчетных исследований, направленных на получение оптимального варианта при снижении материальных затрат и повышении надежности.

Наиболее трудоемким этапом проводимых расчетов является исследование статической и динамической прочности несущих эле-

ментов лесных машин. В настоящее время наиболее мощным численным методом решения многих инженерных задач является метод конечных элементов (МКЭ), реализованный в программах NASTRAN, ANSYS и др. Программы такого типа предлагают широкий спектр возможностей конечно-элементного анализа, начиная от простого линейного стационарного анализа и заканчивая комплексным нелинейным анализом переходных процессов. Расчеты несущих конструкций с использованием МКЭ в основном выполняются в интегрированной системе прочностного анализа (ИСПА).

Решение типичной задачи по МКЭ включает следующие три этапа: 1 – построение модели; 2 – задание нагрузок и получение решения; 3 – обзор результатов.

Построение модели включает моделирование функциональной схемы проектируемой конструкции с установлением требуемых показателей надежности и трехмерное геометрическое моделирование значимых элементов проектируемой машины с установлением их динамических и кинематических связей.

После задания свойств материалов следующим этапом анализа является создание конечно элементной модели (узлов и элементов), которая адекватно описывает геометрическую модель.

На создание сложных пространственных конечно-элементных моделей затрачивается значительное количество времени. Все современные системы конечно-элементного (КЭ) анализа предусматривают автоматическую генерацию конечно-элементной сетки по твердотельной модели.

Существует два метода создания конечно элементной модели: сплошное моделирование и прямая генерация. При сплошном моделировании описывается геометрический вид модели, затем программа позволяет «заполнить» геометрическую модель узлами и элементами (накладывается конечно-элементная сетка). В таком случае проектировщик имеет возможность контролировать размер и форму создаваемых программой элементов. В случае прямой генерации «вручную» определяется расположение каждого узла и связь каждого элемента. При такой генерации доступно копирование существующих узлов и элементов, симметричное отражение и так далее. Наиболее полно во всех КЭ системах автоматизирован процесс создания КЭ сетки, состоящей из 4х-узловых объемных КЭ (тетраэдров).

Далее по созданной КЭ сетке проводится комплекс расчетов. С начала в зависимости от условий нагружения и вычисляемых параметров выбирается тип анализа. Современные программы предлагают

следующие типы КЭ анализа: статический или стационарный, нестационарный, гармонический, модальный, спектр и продольный изгиб.

Следующим шагом после задания типа и опций анализа является задание нагрузок. Некоторые типы структурного анализа требуют строгой очередности задания некоторых параметров, таких как основная степень свободы и условия лагунарности. Все нагрузки, используемые в системах КЭ анализа можно разбить на шесть категорий: ограничивающие условия (степень свободы), силы, поверхностные нагрузки, объемные нагрузки, инерционные нагрузки и сопряженные нагрузки.

Затем устанавливают опции шага нагружения (количество шагов приращения, время окончания шага нагружения и выходные параметры) от одного шага нагружения к другому. От выполняемого типа анализа зависит задавать опции шага нагружения или нет. Далее запускается программа решения.

После получения решения используют постпроцессоры для обзора результатов. Предусмотрена также возможность построения графиков зависимости расчетных данных от времени (или частоты), а также результаты расчета в табличном виде и другие возможности.

При необходимости внесения изменений в конструкцию для обеспечения требуемых параметров прочности, жесткости, виброустойчивости, и т.д. выполняется корректировка модели, после чего она повторно передается на расчет.

Таким образом, системы КЭ анализа позволяют выполнять расчеты прочности элементов конструкций, определять собственные частоты и формы колебаний узлов, оценивать напряженно-деформированное состояние модели при движении по виртуальной дороге. Это значительно снижает срок проектирования новых машин и конструкций.

УДК 630:377

М.Т. Насковец, доц., канд. техн. наук; А.А. Ермалицкий, асп.  
(БГТУ, г. Минск)

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОГРУЗКИ ДРЕВЕСИНЫ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРАМИ**

В общем комплексе технологических процессов лесозаготовительного производства одной из наиболее энергоемких и дорогостоящих операций является погрузка древесины. На сегодняшний день внедрение более совершенных процессов, при которых роль рабочего сводится только к управлению машиной без непосредственного при-