

Рис. 2. Частота вращения верхнего переднего (сплошная линия) и верхнего заднего (пунктирная линия) валцов:  
а – без дополнительного демпфера; б- с дополнительным демпфером.

УДК 629.11.012.8

А.В. Шмелёв<sup>1</sup>, А.А. Ракицкий<sup>2</sup>

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕССОР ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

<sup>1</sup>Институт механики машин НАН Беларуси, Минск, Беларусь

<sup>2</sup>НИРУП «Белавтотракторостроение» НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Параметры подвески автомобиля определяют характер и величину внешних воздействий, передаваемых на раму автомобиля, а, следовательно, и на перевозимый груз и на водителя, что напрямую связано с эксплуатационными характеристиками автомобиля. Расчет и уточнение этих параметров на стадии проектирования имеет очень важное значение. Некоторые из них достаточно сложно, а иной раз и невозможно определить на стадии проектирования, используя существующие методы расчета.

Данная работа представляет развитие подхода компьютерного моделирования для определения кинематических и динамических параметров подвески грузового автомобиля, оборудованной листовыми рессорами. Разрабатываемые методы предусматривают создание в программном пакете ADAMS/VIEW трехмерных динамико-кинематических моделей узлов подвески, описание всех кинематических связей, шарниров и соединений с учетом возможных ограничений и граничных условий. Это по-

зволяет учитывать межлистовое взаимодействие, податливость рессор и других несущих систем, которые оказывают значительное влияние на показатели плавности хода автомобиля, а так же оцениваются условия нагружения каждого листа и силы, действующие в точках крепления рессоры к раме автомобиля. Появляется возможность определить стрелу прогиба собранного рессорного пакета по величине радиусов отдельных листов в свободном состоянии, производить оценку любых кинематических параметров, в том числе и для согласования устойчивости и управляемости, получить силовую характеристику с учетом установки рессоры на автомобиль, распределение реакций по местам крепления рессоры и др.

Для моделирования рессоры [1] достаточно иметь в наличии данные по геометрии каждого листа (толщина, ширина и длина листа, а также величины участков, на которые делится лист относительно оси центрального болта, радиус кривизны листа в свободном состоянии по внешней поверхности листа), расстояние между стремянками (для учета части рессоры, находящейся в заделке), характеристики материала (модуль Юнга, модуль сдвига и плотность материала), типы креплений рессоры к раме автомобиля. Пространственная ориентация самого рессорного пакета и несущих элементов конструкции берется из установочного чертежа подвески.

При наличии в конструкции прокладок, сайлент-блоков и других элементов, изготовленных из материалов с большой податливостью, имеется возможность смоделировать и их влияние, но для этого необходимо знать значения коэффициентов жесткости по трем координатным осям, а также значения крутильной жесткости относительно этих же осей. Учет этих элементов позволяет наиболее детально моделировать работу подвески, установленной на автомобиль.

После того, как все данные собраны, производится формирование структуры моделей листов рессоры. Каждый лист разбивается на определенное количество элементов, между которыми устанавливаются связи, в которых задаются свойства материала, характеристики сечения листа (значение момента инерции сечения при кручении и значения главных центральных моментов инерции сечения). На первом этапе модель имеет геометрию листа в свободном состоянии, т.е. имеет кривизну определенного радиуса, как показано на рисунке 1. Затем модель листа распрямляется, что имитирует сборку в рессорный пакет, при этом в листе создается предварительное напряженное состояние. В месте стяжки листов рессоры гибкие связи не моделируются, так как считается, что в этом месте рессора заблокирована.

Очевидно, что, чем большим числом элементов моделируется лист рессоры, тем более точно отражаются геометрические параметры, а следовательно будут получены более точные результаты. Однако количество элементов влияет на суммарное число степеней свободы всей модели, что при большом количестве элементов и детальном моделировании других деталей подвески может привести к расчетным сложностям.

При наличии моделей всех листов рессорного пакета производится воспроизведение контакта между листами. Моделируется точечный контакт, поэтому на длине листа распределяется несколько зон контакта. В одной зоне устанавливаются две точки по граням соприкасающихся листов. Это делается для того, чтобы модель "воспринимала" боковые нагрузки и могла обеспечить кручение рессорного пакета под действием этих сил. В условиях, когда нет необходимости моделировать воздействие боковых сил, можно ограничиться только одной точкой контакта в зоне, что значительно упрощает модель и не повлияет существенно на результаты расчета. Зоны контакта располагаются от концов нижележащих листов в направлении заделки, причем концентрацию контактных зон следует делать большей по концам листов в отличие от места заделки, так как в средней части взаимное перемещение листов практически отсутствует [2].

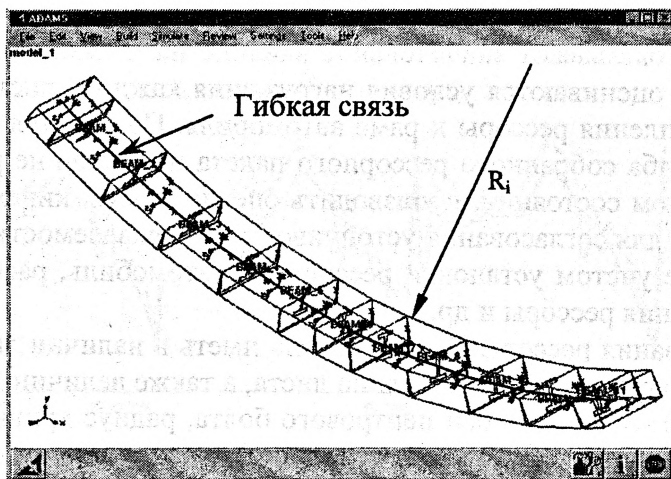


Рис.1. Модель листа рессоры с гибкими связями

После того, как смоделирован межлистовой контакт, определяется стрела прогиба в ненагруженном состоянии и можно оценить характеристику и значение сил в точках контакта (рис.2).

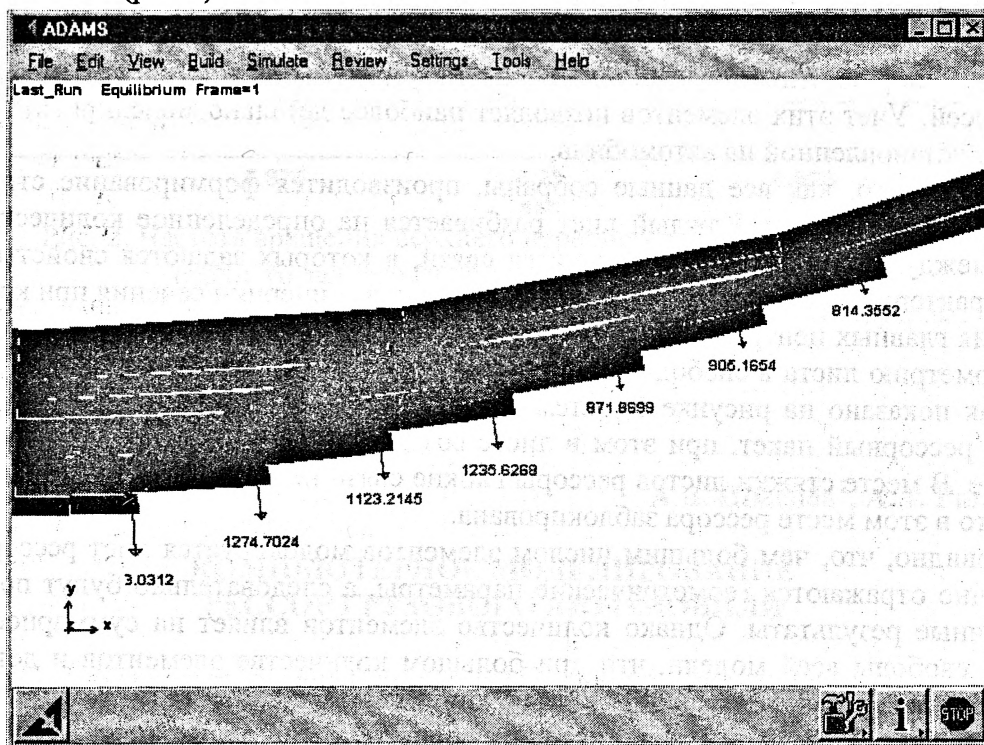


Рис.2. Контактные силы по концам листов

Для определения других параметров модель рессорного пакета располагается в пространстве, исходя из установочного чертежа подвески. На данном этапе моделируются крепления обоих концов рессоры в кронштейнах. При этом можно определить вышеперечисленные параметры реальной конструкции, а так же рассчитать траекторию движения любой точки, кинематически связанной с площадкой закрепления рессоры, т.е. можно производить анализ совместной работы рулевого механизма с подвеской, величину и направление сил в точках опоры.

Полученную модель рессоры можно использовать для изучения совместной работы подвески и стабилизатора поперечной устойчивости. Стабилизатор представляется также состоящим из определенного количества элементов, между которыми также устанавливаются гибкие связи. Имеется возможность моделировать демпфирующие

свойства амортизаторов и демпфирующие свойств самой листовой рессоры, что позволит в дальнейшем проводить оценку параметров плавности хода.

Важным свойством данной модели является возможность определения силового взаимодействия элементов подвески с учетом их упругих свойств. Значения сил и реакций, полученные в результате моделирования, используются для расчета напряженно-деформированного состояния с помощью конечно-элементных комплексов. За счет этого еще на стадии проектирования можно получить представление о нагруженности и выявить "слабые" места конструкции.

С помощью вышеописанных методов создана модель передней рессорной многолистовой подвески перспективного полноприводного грузового автомобиля, прототипом которого послужила подвеска автомобиля МАЗ-6501. Были определены следующие параметры: стрела прогиба собранного рессорного пакета (по значениям радиусов листов в свободном состоянии); снята силовая характеристика, определена траектория движения точки, расположенной в месте заделки рессоры, для согласования рулевого управления; определены реакции в точках крепления рессоры к раме автомобиля; определены силы взаимодействия листов в точках контакта. Результаты расчета показали высокую сходимость с данными экспериментов. Относительная погрешность по основному параметру - стреле прогиба в собранном состоянии - не превысила 5%.

**Литература.** 1. Using ADAMS / Solver Version 9 Part Number 91 SOLVUG-01. 2. Пакицкий А.А., Бернацкий А.К. Обеспечение ресурса рессорных подвесок. – Минск: Наука и техника, 1988. - 166 с.

УДК 629.114:681.3

Д.С. Трубашевский

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ: РЕВОЛЮЦИЯ В ДИЗАЙНЕ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*НИРУП "Белавтотракторостроение"  
Национальная академия наук Беларуси  
Минск, Беларусь*

Компьютерные технологии в настоящее время развиваются с необыкновенно высокими скоростями. Во времена зарождения электронно-вычислительной техники человек ощутил неоспоримые преимущества компьютеров и их обеспечения и возложил максимум усилий для их изучения. Сейчас ЭВМ распространены настолько широко, что многие и не мыслят себе будущее и тем более настоящее без электронных помощников. И это касается не только высоких скоростей работы с данными, сокращением времени решения задач и получения результатов, но и дает неоспоримое преимущество в реализации творческих замыслов. Безусловно, это и нашло свое отражение в проектировании автотракторной техники.

В настоящее время существует множество компьютерных пакетов, которые решают проблемы, связанные с конструированием техники, отмечая при этом такой архаизм, как кульман (хотя есть и некоторые преимущества у метода построения геометрии "от руки" при помощи линейки, карандаша и лекала. Это позволяет инженеру слиться с конструкцией и почувствовать размеры). Однако преимуществ, касающихся использования для этих же целей компьютеров гораздо больше.