

Подставляя $\sigma_{\text{экв}}$ вместо $\sigma_{\text{вр}}$ получим выражение для $\sigma_{\text{экв}}$, соответствующего предлагаемому критерию.

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{1-v}{2}V + \sqrt{\left(\frac{1-v}{2}V\right)^2 + \frac{v}{v_{\tau}^2}((v-3v_{\tau}^2)(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + \frac{1}{2}(4v_{\tau}^2 - v)U)} \quad (10)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Новожилов В.В. Прикладная математика и механика. — 1964. — Вып. 28. — С.3. 2. Дудяк А.И. Теоретические основы конструирования пресс-форм высокого давления и технология получения порошков кубического нитрида бора. Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. Минск, 1992. — 34 с.

УДК 621.81:621-192

П.П. Капуста, Д.В. Рыбаков,
Д.В. Вихренко, И.В. Швец, В.А. Мазоль

ОЦЕНКА НАРУЖЕННОСТИ ВЕДУЩЕГО МОСТА АВТОМОБИЛЯ: КОМПЛЕКСНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

*Белорусский национальный технический университет,
Минский автомобильный завод
Минск, Беларусь*

1. Вводные положения, предварительный анализ проблемы и основные гипотезы для решения

Ведущий мост автомобиля является одним из наиболее ответственных узлов, одновременно сочетающий в себе все типичные особенности несущих конструкций и элементов трансмиссий. Результатами многочисленных экспериментальных исследований показано, что в процессе циклического нагружения мостов и их деталей происходят разрушения как несущих деталей (картера моста, полуосей и т.д.), так и зубчатых передач и колес (главных конических, как правило, — с криволинейными зубьями; прямозубых конических колесных дифференциалов; планетарных цилиндрических колесных передач) [1-3]. Имеют место разрушения шлицевых соединений, в т.ч. — полуосей, и других деталей. Анализ проведенных экспериментальных и теоретических исследований нагруженности, характеристик шумоизлучения работающих ведущих мостов и их ресурса показывает их взаимосвязь. Оче-

видно, что нагруженность и долговечность также связаны с нагруженностью и жесткостью всего моста, а последняя зависит от жесткости его деталей (картера, крышек, цапф и т.д.) и сборочных единиц (подшипников и их узлов). Естественно отметить наличие указанной взаимосвязи и с характеристиками точности изготовления (допусков отклонений формы и размеров) деталей и сборки мостов (посадок). Весьма значительное влияние на нагруженность и ресурс практически всех деталей оказывают создаваемые сборочные нагрузки и напряжения. Особенно важно отсутствие послесварочных деформаций механически обработанных несущего картера моста и редуктора. Указанные условия обеспечиваются технологическими мерами, что формирует уровень соответствующих требований нормирования точности.

Комплексный экспериментальный анализ нагруженности, к.п.д. и шумоизлучения работающих ведущих мостов автомобилей, в т.ч. — Минского автозавода, позволил сделать следующие выводы: картеры, цапфы мостов имеют удовлетворительные вертикальную жесткость, статическую и циклическую прочность (отметим, что стендовые доводочные испытания картеров проводят циклическим нагружением в вертикальной плоскости); к.п.д. и шумоизлучение значительно зависят от точности изготовления деталей и сборки мостов, а также — от нагрузочных режимов (от включенных передач КПП, скорости движения, массы перевозимого груза, характеристик макро- и микропрофиля дорог).

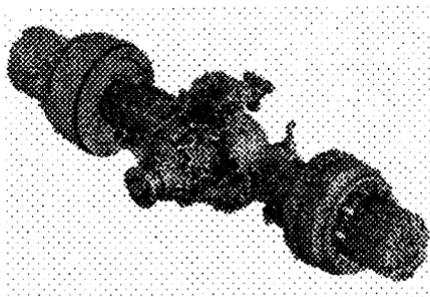
Подводя итог проведенному анализу, можно сформулировать гипотезу о значительной зависимости нагруженности, статической, циклической усталостной и износоусталостной прочности деталей ведущих мостов (несущих картерных, зубчатых колес, шлицевых соединений, подшипников и т.д.) от эксплуатационной нагруженности, которая в свою очередь связана с величиной к.п.д. и шумоизлучения работающих мостов автомобилей. Указанные связи обеспечиваются в первую очередь конструкторскими мерами, что формирует уровень соответствующих требований нормирования конструкций по характеристикам их нагруженности. Для реализации учета указанных выше связей нагруженности ведущих мостов автомобилей с технологическими, конструктивными и эксплуатационными характеристиками необходимы комплексный подход и методика оценки их нагруженности на ранних стадиях проектирования [4–8].

2. Разработка подхода о методике оценки нагруженности ведущих мостов на ранних стадиях проектирования

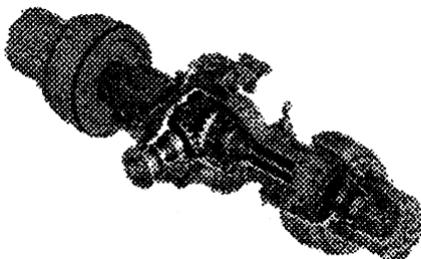
Сборка ведущего моста грузового автомобиля выполнена в системе трехмерного моделирования Unigraphics фирмы EDS, занимающей лидирующие позиции на рынке систем трехмерного моделирования. Выполнение моде-

лей деталей и всей сборки в системе Unigraphics позволяет проверить собираемость узла, возможные пересечения и контакты деталей, при необходимости параметрически изменять входящие детали и под сборки.

Ведущий мост грузового автомобиля содержит свыше 1000 деталей.

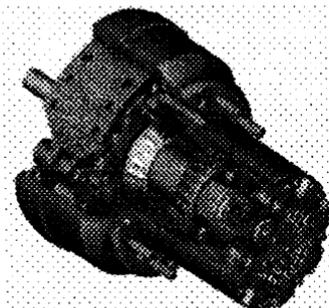


С вырезом сборка выглядит таким образом

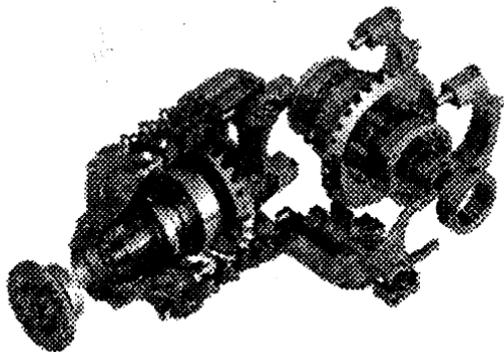


Здесь можно выделить несколько подборок:

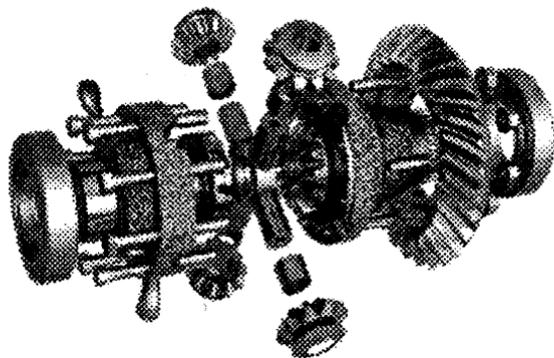
— колесная передача



— редуктор главной передачи



— дифференциал



Можно выделить следующие виды зубчатых колес: цилиндрические и конические прямозубые, конические с круговым зубом.

На основе трехмерной модели можно выполнить расчеты моста на прочность и жесткость, а также собственные колебания в системе конечноэлементного анализа MSC/Patran-Nastran.

Общий алгоритм методики расчета представлен на рисунке.



Процесс решения задачи методом конечных элементов состоит из трех этапов:

- 1) подготовка модели (фаза препроцессорной обработки);
- 2) анализ модели;
- 3) оценка результатов (фаза постпроцессорной обработки).

На этапе препроцессорной обработки созданную с помощью пакетов трехмерного моделирования модель передают в препроцессор MSC/PATRAN для создания на ее основе конечноэлементной сетки. В препроцессоре ее подготавливают для разбиения на конечные элементы и вводят следующие данные:

- геометрические параметры (тип элемента, координаты узлов, частота сетки). Могут быть введены непосредственно в программе МКЭ или получены через интерфейс из других САПР или пакетов геометрического проектирования;

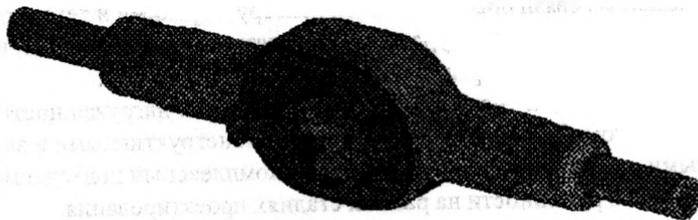
- характеристики нагрузки (величины, точки приложения и направления векторов нагрузки, давления, возмущающие силы и т.д.);
- граничные условия (ограничения на узлы, на перемещения, максимальные значения сил трения, оси вращения);
- свойства материала (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, плотность, коэффициенты трения, расширения и т.д.).

После ввода всех данных создается текстовый расчетный файл, который передается в MSC/NASTRAN для расчета.

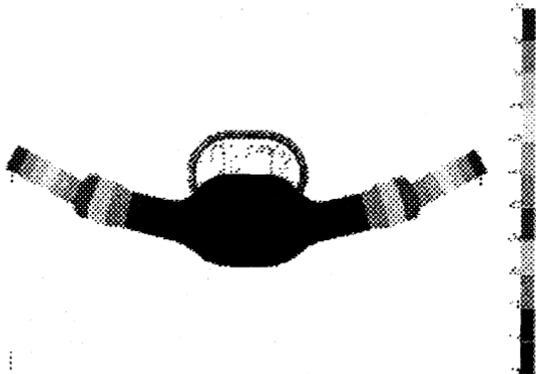
Обработка результатов расчета производится с помощью постпроцессора. Результаты расчета могут выводиться либо в виде числовых данных, либо в графической форме. На этапе постпроцессорной обработки используют следующие способы представления данных:

- Распечатка значений перемещений узлов.
- Распечатка величин нагрузок на элемент.
- Графическое представление сетки, деформированной под воздействием нагрузки.
- Графическое изображение границ напряжений (построение изолиний).
- Выделение отдельных областей с помощью цвета или тона в зависимости от величины напряжений или приложенной к элементу нагрузки.
- Анимация (динамическое изображение изменения формы элемента под действием динамических нагрузок).

Так, конечноэлементная модель моста выглядит следующим образом:



Как результат расчета приведем деформацию картера под действием статической нагрузки в 115 кН, действующей со стороны опорных площадок колес при закреплении картера по рессорным площадкам:



Как видно из рисунка, общая вертикальная деформация картера (без внутренних деталей) составляет 1,9 мм, что может дать перекося осей зацепления до $0,1^\circ$ (при предположении, что полная деформация приводит к повороту полуосей и далее ведомой шестерни), что подтверждает предложенные основные гипотезы.

3. Основные результаты и выводы

1. Сформулирована гипотеза о значительной зависимости нагруженности, статической, циклической усталостной и износоусталостной прочности деталей ведущих мостов (несущих картерных, зубчатых колес, шлицевых соединений, подшипников и т.д.) от эксплуатационной нагруженности, которая в свою очередь связана с величиной к.п.д. и шумоизлучения работающих мостов автомобилей.

2. Указанные связи обеспечиваются конструкторскими и технологическими мерами, что формирует уровень соответствующих требований нормирования конструкций по характеристикам их нагруженности.

3. Для реализации учета указанных выше связей нагруженности ведущих мостов автомобилей с технологическими, конструктивными и эксплуатационными характеристиками разработаны комплексный подход и методика оценки их нагруженности на ранних стадиях проектирования.

4. Разработаны общие алгоритм и структурная схема оценки нагруженности ведущих мостов на стадии проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированная система ускоренных испытаний автомобильных конструкций / М.С. Высоцкий, А.А. Ракицкий, М.И. Горбачевич, В.И. Петько и др. — Минск: Наука и техника, 1989. — 168 с. 2. Яценко Н.Н. Колебания, прочность и форсированные испытания гру-

зовых автомобилей. — М.: Машиностроение, 1972. — 308 с. 3. Лукинский В.С., Зайцев Е.И. Прогнозирование надежности автомобилей. — Ленинград: Политехника, 1991. — 224 с. 4. Капуста П.П. Надежность и ресурсное проектирование несущих систем и элементов машин// В кн. Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления. Сборник научных трудов. Вып. 1. В 3-х т. — Т. 1// Под общ. ред. П.А. Витязя. — Мн., 1992. — С. 97–108. 5. Капуста П.П. Ресурсное проектирование несущих деталей АТС// Автомобильная промышленность. — 2000. — № 2. — С. 24–26. 6. Капуста П.П. Математическая модель как инструмент ресурсного проектирования АТС// Автомобильная промышленность. — 2001. — № 11. — С. 15–18. 7. Почтенный Е.К., Капуста П.П. Прогнозирование случайного нагружения и построение нагрузочных блоков// В кн. Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления. Сборник научных трудов. Вып. 1. В 3-х т. — Т. 2// Под общ. ред. П.А. Витязя. — Мн., 1992. — С. 334–343. 8. Капуста П.П. Учет технологий изготовления и упрочнения деталей при ресурсном проектировании машин заданной надежности// Технология, оборудование, автоматизация, неразрушающий контроль процессов нагрева и упрочнения деталей на машиностроительных предприятиях: Сб. научн. трудов под. ред. П.С. Гурченко. — Мн.: УП «Технопринт», 2002. — 163 с.

УДК 656.225.073.4

О.С. Коломникова

КОЛЕБАНИЯ ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ГРУЗА С УЧЕТОМ ДЕФОРМАЦИИ УПАКОВКИ

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

С целью обеспечения сохранности грузов при транспортировке к потребителю их помещают в упаковку. По технологическим причинам часто невозможно осуществить жесткое крепление упаковочной тары к платформе или полу вагона, а также грузов к упаковке. Сама упаковка также зачастую имеет высокую деформативность. При соударении вагонов вследствие возникновения больших сил инерции грузов упаковка деформируется, а в неко-