

после утилизационной турбины турбонаддувочного агрегата, т.е. на байпасной линии уходящих газов в обход утилизационного пароводяного котла. При утилизации теплоты уходящих газов с температурой выше 350 °С и дополнительных источников, например охлаждающей двигателя воды или наддувочного воздуха, приращение КПД составляет  $\Delta\eta = 1,5...2,0\%$  и более. Для этого экономайзерную секцию генератора ЭХМ следует выносить из газовойпускного тракта двигателя, например на линию наддувочного воздуха. Образующийся при этом избыток холодопроизводительности ЭХМ (сверх ее величины, необходимой для предварительного охлаждения наружного воздуха на входе ДВС) целесообразно задействовать для глубокого охлаждения наддувочного воздуха после водяного ОНВ или же снижения температуры охлаждающей воды, подаваемой на ОНВ. Схемное решение такой ЭХМ предполагает выполнение испарителя-воздухоохладителя в виде двух секций с установкой одной – на входе турбокомпрессора, а второй – после ОНВ или на охлаждающей воде. При оценке влияния уменьшения температуры  $\Delta t_v$  циклового воздуха на эффективность

двигателя исходили из того, что каждые 10 °С снижения температуры  $\Delta t_v$  воздуха обеспечивают 0,5 % прироста КПД  $\Delta\eta$  двигателя [2].

#### Выводы

1. Комплексное использование ВЭР судовых ДВС (уходящих газов, наддувочного воздуха, охлаждающей воды) в тригенерационных системах охлаждения циклового воздуха двигателей на базе ЭХМ обеспечивает повышение их КПД на 1...2 %.
2. Предложены схемные решения тригенерационных систем охлаждения воздуха двигателей с использованием разных источников сбросной теплоты.

#### Список литературы:

1. Радченко Н.И., Сирота А.А., Коновалов Д.В. Рациональные параметры тригенерационных контуров судовых среднеоборотных дизелей // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2007. – № 2. – С. 131 – 135.
2. Influence of Ambient Temperature Conditions on Main Engine Operation: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005. - [http://www.mandiesel.com/files/news/files0762/5510-0005.00pr\\_low.pdf](http://www.mandiesel.com/files/news/files0762/5510-0005.00pr_low.pdf).

УДК 004.9

**А.В. Чигрин, инж., А.В. Белогуб, канд. техн. наук, М.А. Максимова, канд. техн. наук**

### НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРШНЕЙ

В современных условиях при проектировании новых изделий или доработке существующих конструкций поршней и узлов ДВС ставятся не только сугубо конструкторские задачи, а также и задачи наглядной демонстрации полученных при проектировании результатов, а также визуальный анализ результатов расчета.

Основными тенденциями визуализации поршней и различных процессов, происходящих в ДВС,

являются:

1. отображение внешнего вида и конструкции поршня, узла или двигателя;
2. отображение процесса работы двигателя;
3. визуализация конструктивных особенностей поршня (поля температур, статическое и динамическое нагружение и т.д.);

Основными областями использования визуализации являются:

1. визуальный анализ напряженно-деформированного или теплового состояния поршня или узла с целью нахождения экстремумов в анализируемых полях данных или сужение области их поиска.

2. использование в презентации товара;

3. использование в качестве контента сайта компании;

4. использование в качестве иллюстративного материала в публикациях и научной деятельности.

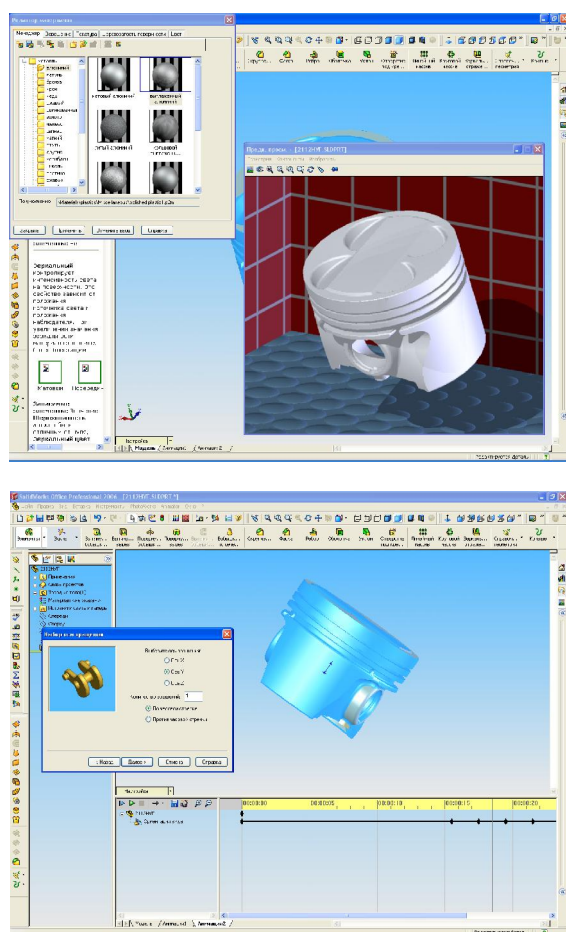


Рис.1 Программный пакет SolidWorks в режимах создания статических изображений и анимации

Практически все современные CAD-пакеты в той или иной степени обладают возможностью художественного вывода модели/сборки, а также возможностью захвата видеофрагментов, демонстрации последовательности сборки и визуализации работы

механизмов (рис 1). Однако эти функции не являются профильными для CAD-приложений, поэтому их реализация, как правило, ограничена определенным набором методов рендеринга, видов, материалов и источников освещения и их типов. К тому же задачи демонстрации последовательности сборки и визуализации работы двигателя требуют существенных вычислительных ресурсов, т.к., по сути, каждый кадр предполагает полное или частичное перестроение сборки с последующим наложением текстур и расчетом освещения.

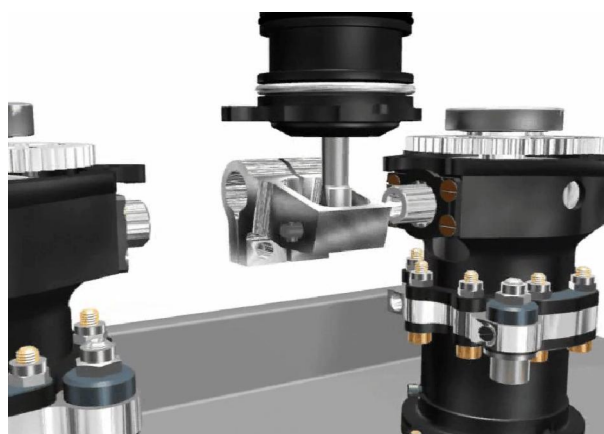


Рис.2 Анимация процесса сборки узла в 3D Studio Max

Значительно большую свободу действий предоставляют такие средства работы с 3D-графикой, как Autodesk 3D Studio Max или Maya (рис.2). Используя совершенно другие принципы рендеринга изображения, обладая возможностью подключения плагинов и утилит от сторонних производителей, широкими возможностями по наложению текстур и постановке освещения сцены такие пакеты позволяют получить фотореалистичную анимацию при значительно меньших затратах времени. Импорт деталей из CAD-приложений может быть осуществлен с использованием стандартных форматов (IGES, ParaSolid и др.) или с помощью плагинов к программам 3D-моделирования. Проблемой в данном случае является необходимость повторно выполнять при-

вязки элементов сборки ДВС и синхронизацию их движения, что не принципиально при небольшом количестве элементов, однако требует значительных затрат времени при значительном количестве анимируемых элементов или сложности траекторий перемещения.

Немаловажным моментом является также стоимость пакетов 3D-моделирования (3...8 тыс. долларов США), а также необходимость найма соответствующего специалиста, знакомого со спецификой работы в данных пакетах.

Таким образом, решение об использовании сторонних пакетов 3D-моделирования для визуализации конструкции поршня или узла, работы ДВС или последовательности его сборки требуется принимать исходя из необходимости получения высокой степени реалистичности, например, для последующего использования в телевизионной рекламе товара, имеющих вычислительных ресурсов и сложности сборки.

Для публикации в Web возможно применение как утилит от производителей ПО 3D-моделирования, так и использование анимированных gif-изображений и flash-роликов. Применение утилит из состава пакетов 3D-моделирования имеет как преимущества (возможность управления просмотром объектов: изменение положения, масштаба и др.), так и недостатки (привязка к определенному формату контента, необходимость установки на клиентском компьютере ПО для просмотра данного формата).

Помимо сугубо программных средств визуализации результатов разработки также существует задача презентации готовых изделий. Специалистами ОАО «Автрамат» данная задача была решена с использованием простых подручных технических средств (рис. 3). Поршень закреплялся на вращающемся подвесе (нить), цифровая фото-видеокамера была устанавливалась на вращающемся колесе под

различными углами к оси вращения поршня. Такое сочетание позволило создать анимационный ролик, демонстрирующий все особенности нового изделия без применения сложных программных пакетов обработки и ресурсоемких процедур рендеринга готового материала.

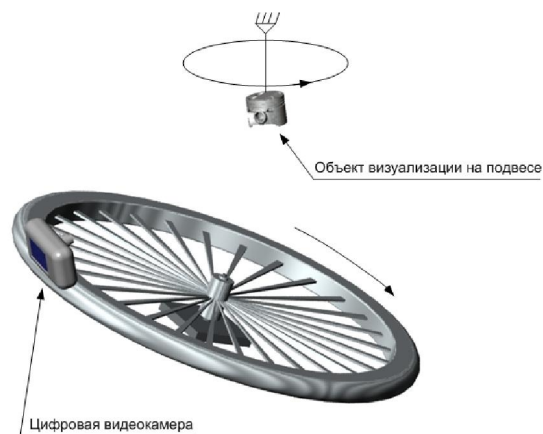


Рис. 3 Модель процесса видеосъемки поршня и фрагмент полученного видеоматериала

Визуализация изменения полей температур, нагрузений и других видов динамической информации представляет собой значительно более сложную и ресурсоемкую задачу, требующую совершенно других пакетов программного обеспечения.

Расчеты массивов динамической информации выполняются специализированными программными пакетами, такими как Ansys, Nastran, Cosmos и др., которые не поддерживают или поддерживают с су-

существенными ограничениями создание визуализаций подобного рода.

Основным средством автоматизации расчета и вывода информации при расчете динамических процессов является использование управляющих файлов и скриптов. При этом, как правило, результирующий графический результат расчета может быть получен в виде набора изображений, полученных в зависимости от изменения одного или нескольких влияющих факторов с определенным шагом (рис.4).

Полученные изображения могут быть преобразованы в анимационный ролик посредством практически любой программы для обработки и монтажа видео, к примеру Adobe Premier. Однако для получения изображения достаточного качества без применения дополнительной интерполяции необходимо произвести расчеты видеопотока со скоростью 15-25 кадров с секунду, что ведет к значительному увеличению времени просчета анимационного ролика.

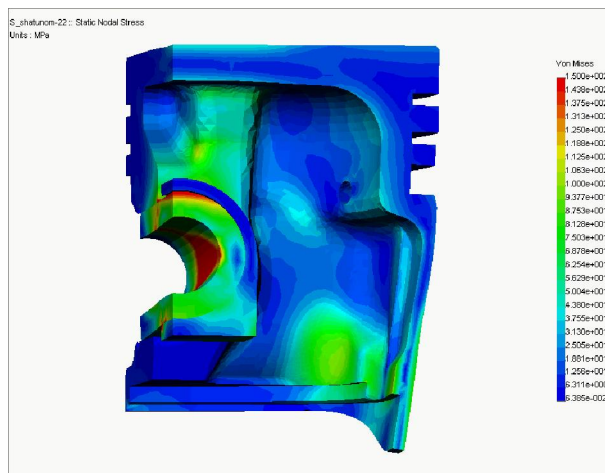


Рис.4 Визуализация динамического нагружения поршня

Для сокращения времени расчета могут быть использованы только «ключевые» кадры, несущие существенные изменения рассчитываемого поля (моменты появления или исчезновения зон, окрашенных определенным цветом, моменты пиковых значений параметров, а также моменты времени, между которыми изменения могут быть в первом приближении

признаны линейными). Полученные таким образом изображения могут быть подвергнуты интерполяции между ключевыми кадрами посредством вышеупомянутых программ для обработки и монтажа видео, или, для получения большей точности и достоверности изображения, векторизованы (к примеру, посредством утилит пакета Corel Draw) и обработаны посредством Corel Rave или Adobe Flash с возможностью задания траекторий изменения границ областей. Применение данных пакетов и способов обработки позволит также получить контент, пригодный для публикации в web (анимированные gif-изображения или Flash-ролики и др.).

Применение визуализации полученных результатов расчетов также позволяет значительно сократить время проектирования путем визуального поиска решения. К примеру, метод анализа, описанный в [1], позволил значительно сократить время поиска оптимального угла конусности путем анализа полученных графиков и сокращения зоны дальнейшего расчета (рис.5).

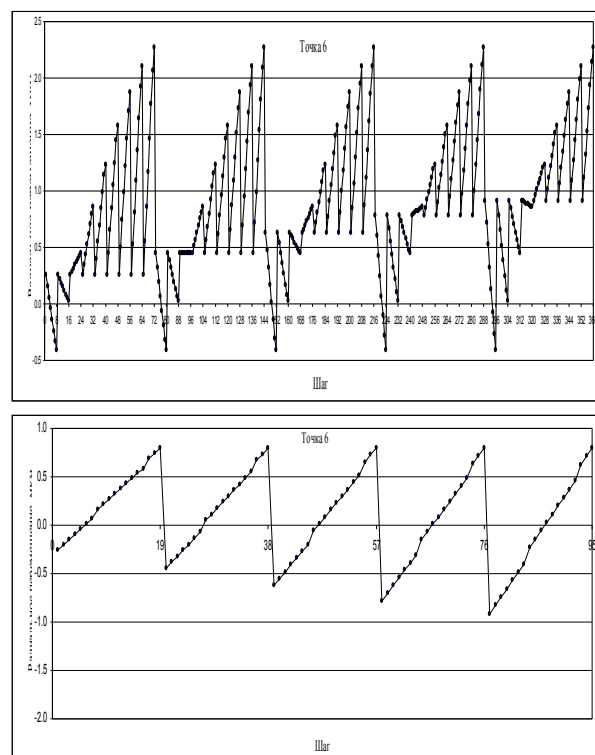


Рис.5 Предварительный и уточненный анализ радиального перемещения точки [1]

Стоит также отметить, что в связи с увеличивающимся распространением широкополосного Internet-доступа становится возможной непосредственная публикация полученных видеоматериалов, в том числе и высокого разрешения, на web-сайте, что значительно упрощает задачу создания контента и делает возможным использование единожды полученного видеоматериала как для offline, так и для online применения без дополнительного преобразования.

Таким образом, задача визуализации результатов проектирования, моделирования и расчета постоянно встает перед конструктором в процессе проектирования. Решение данной задачи позволяет не только получить качественный презентационный материал для улучшения наглядности примененных

конструкторских решений, но и в значительной мере сократить время поиска конструкторского решения, определения требуемых параметров поршня или узла ДВС, провести визуальный анализ деформаций и температур поршня с целью оптимизации конструкции. Применение описанных выше технических и программных средств и методов позволяет в значительной мере сократить процессы оптимизации на этапах проектирования и производства поршней и узлов ДВС.

**Список литературы:**

1. Гордиенко Е.К., Стрибуль А.С., Белогуб А.В. Определение параметров закрепления поршня ДВС в станочном приспособлении для его последующей механической обработки// Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. - №2. – С.51-55.