

Гоночный КАМАЗ — теперь в КОМПАС-3D

Михаил Паньков

Впервые с САПР я познакомился в тогда еще Курском государственном техническом университете (сегодня — Юго-Западный государственный университет) на 1-м курсе дисциплины «Компьютерная графика» в 2000 году.

В 2003-м, когда я уже работал на полставки инженером-конструктором на подшипниковом заводе, мне как-то на глаза попался диск с облегченной версией КОМПАС-3D LT. Трудно было осваивать новое дело без всякой помощи, без Интернета, без книг, но грамотно написанная русифицированная справка сделала свое дело, и я понемногу стал моделировать в КОМПАС-3D.

В 2006 году я перешел в Курский НИИ инженером-технологом 3-й категории. Каково же было мое удивление, когда я узнал, что в отделении стоит лицензионная версия КОМПАС-3D V6 Plus. Специфика моей работы такова, что КОМПАС я использую как промежуточное звено между конструкторской разработкой и САМ-системой ГемМа-3D для написания управляющих программ. В основном это конвертирование разработанных моделей или эскизов через разные форматы в САМ-систему. Но меня не устраивало использование САПР на таком минимуме ее возможностей. С каждым днем я стал совершенствовать свой опыт, делая модели и сборки различной сложности. Сейчас я лишь изредка обращаюсь к справке: даже если присутствует новый функционал системы, мне хватает подсказок в строке состояния.

Когда я работал в LT-версии, мне всегда хотелось сделать какую-нибудь сложную конструкцию в 3D, чтобы в ней использовался практически весь функционал системы. Всё в том же 2003 году на диске с LT-версией была статья о Конкурсе АСов

3D-моделирования, организованном разработчиком КОМПАС-3D, где специалисты разных предприятий нашей страны соревновались в лучшем освоении САД-системы. Меня это очень заинтересовало и я решил, что в будущем обязательно отправлю на конкурс свою работу.

В 2012 году был объявлен конкурс МАСТЕР-3D среди непрофессионалов, работающих в версии КОМПАС-3D V13 Ноте. Я принял в нем участие, но моя работа не получила высоких результатов. Не опуская руки, я начал разбираться, чего мне не хватило в работе. После просмотра вебинара с участием победителей и конкурсантов, устроенного организаторами конкурса, стало понятно, на что обращают внимание судьи. Старт следующего МАСТЕР-3D был обещан на конец 2012 года. Я решил принять участие в нем и уже занялся подготовкой проекта, но вскоре узнал о заключении партнерского соглашения между компанией АСКОН и спортивной командой «КАМАЗ-мастер» и проведении внеочередного конкурса на моделирование гоночного грузовика КАМАЗ в двух номинациях: «Копия» и «Будущее».

Долго сомневался — участвовать или нет. О команде «КАМАЗ-мастер» я, конечно же, слышал, но не был ее страстным поклонником. Но я неравнодушен к мощной технике, каковым является грузовой гоночный болид в 9,5 тонн разгоном до 100 км/ч за 9,8 с и мощностью движка в 830 л.с.

Посмотрев в Интернете видео тест-драйвов, фотографии с самых известных ралли-рейдов, я поставил себе задачу-минимум — сделать пластиковый козырек на крышу. Если получится, буду участвовать и сделаю всё остальное. Почему именно козырек? Я планировал сделать его с по-

мощью появившегося в последних версиях КОМПАС-3D функционала поверхностного моделирования, которое гораздо сложнее обычных операций булевой алгебры.

Первое, что я сделал, — поковырялся в Интернете на предмет качественного фото. Масштабный поиск снимков в высоком разрешении дал положительные результаты. Скачивал также виды, где был запечатлен интерьер кабины, кузова, узлы рамы, мосты и другие детали.

Второе — провел поиск самого механизма автомобиля КАМАЗ, а именно обучающие плакаты, где какая деталь стоит и к чему пристыковывается. Затем это сравнялось с фотографией гоночного грузовика и разрабатывалось снова с учетом пропорций.

При работе использовалась информация и фото с официального сайта «КАМАЗ-мастер» www.kamazmaster.ru об интерьере кабины и технических данных грузовика, в частности: межколесное расстояние (база), габариты автомобиля, а также расположение и наличие основных узлов и механизмов. Я решил не заимствовать чужие векторные наработки, найденные в Интернете, а сделать вектор с нуля. Но для этого было необходимо найти хорошие снимки хотя бы двух проекций грузовика (фронтальной и профилейной).

Если это возможно, это уже сделано; если это невозможно, это будет сделано.

Шарль Александр Колонн

Михаил Паньков

Инженер-технолог 1-й категории отделения разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, НИЦ (г. Курск) ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ.



Потом их требовалось приблизительно сопоставить по масштабу, учитывая реальные габариты. Начался процесс мега-векторизации, который продолжался не один день (рис. 1).

Козырек получился (рис. 2), и я отложил модель, которую готовил к МАСТЕР-3D 2013, и занялся КАМАЗом, периодически наблюдая за тем, как команда выступает в Африке и на ралли «Дакар».

Работу я решил разбить на пять этапов:

- 1) моделирование кабины, включая каркас и интерьер;
- 2) моделирование кузова с каркасом и интерьером;
- 3) моделирование рамы;
- 4) моделирование механизмов;
- 5) нанесение рекламы.

Также было принято решение по возможности оптимизировать число однотипных сборок, чтобы снизить нагрузку компьютера. В некоторых случаях, чтобы снизить загрузку ОЗУ, приходилось уже вставленные в сборку детали и узлы фиксировать и исключать из расчета. Это помогало опера-

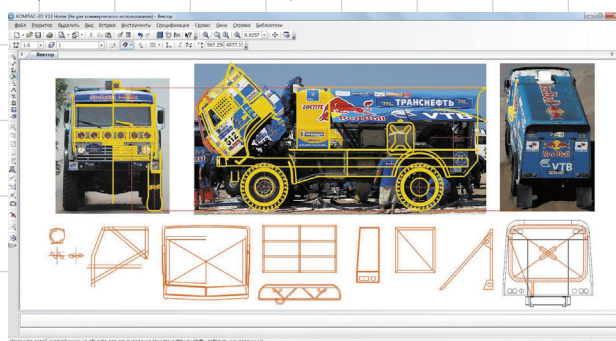
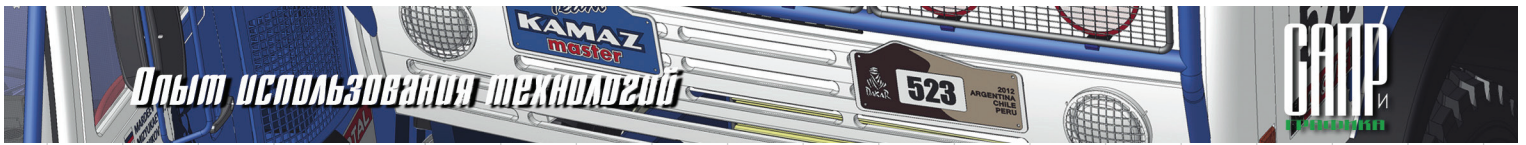


Рис. 1. Результат векторизации фотоснимков



Опыт использования технологий

САПР
ПРОЕКТИРОВАНИЕ

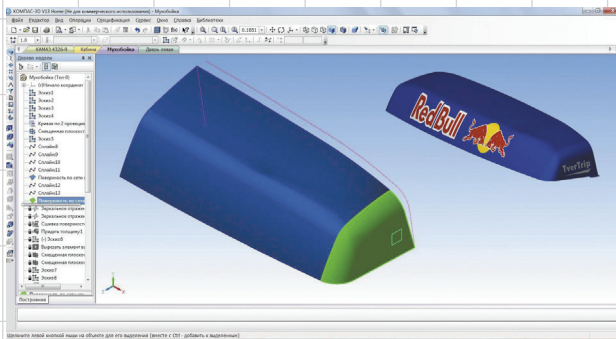


Рис. 2. Козырек

тивнее перестраивать большие сборки.

Поскольку я начал работу с пластикового козырька, дальше нужно было моделировать кабину. Но ее я оставил на следующий шаг и занялся моделированием кенгурятника с прожекторной защитой (рис. 3). Как и козырек, он тоже моделировался по-новому: в основном использовались кинематические операции, но не по 2D-, а по пространственной кривой, функционал которых также включен в последние версии КОМПАС-3D. По такому же принципу строилась подножка на ступеньке в кабине и выхлопная труба.

Для экономии времени кабину я сделал цельной, за исключением интерьера, рамы, дверей и крыши. При ее создании использовалась булева операция Пересечение в сочетании с элементом Оболочка, чтобы придать плавность внутренним поверхностям кабины и сделать ее тонкостенной. Булева операция работает, когда в модели существует более одного тела. Как видно из скриншота (рис. 4а), взаимное пересечение тел (операции вращения усеченной окружности использовались для придания плавности боковым поверхностям кабины, фронтальной и тыловой) дало нужный результат (рис. 4б).

Команда «Оболочка» часто применялась в моем проекте, потому что с ее помощью можно легко монолитный твердотельный элемент сделать тонкостенным. Помимо кабины такую операцию я применил при разработке картера мостов, канистр, государственного автомобильного номера и других деталей.

Моделировал я КАМАЗ 4326-9 со «старой» кабиной, который участвовал в ралли «ДАКАР 2012» под управлением Ильгизара Мардеева. Два лобовых стекла взаимозаменяемы, как в старой кабине, два дворника, фальш-решетка радиатора «старого» образца, большие фары, широкие боковые щитки — это лишь малая часть отличий от «новой» кабины. Было нелегко пристыковать две таблички с логотипами «КАМАЗ-мастер» и «ДАКАР» на фальш-решетку, потому что таблички плоские, а решетка имеет форму усеченной сферы. Пришлось провести много расчетов, чтобы предварительно состыковать эти детали по касательной, под углом, путем построения 12 вспомогательных плоскостей разных видов (рис. 5).

Далее в процессе сборки было сделано по четыре отверстия на каждую табличку, за счет чего сложные сопряжения были удале-

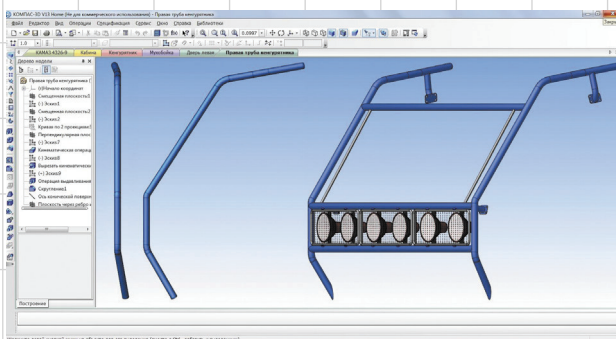


Рис. 3. Кенгурятник с прожекторами

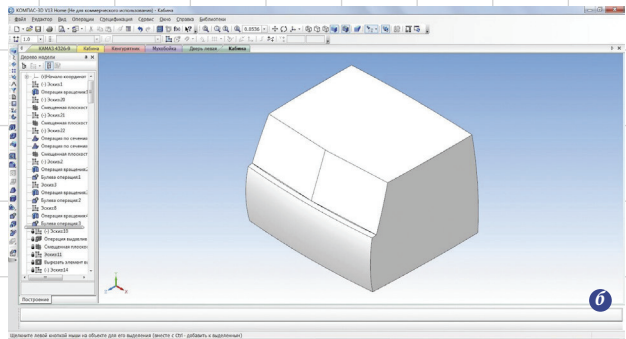
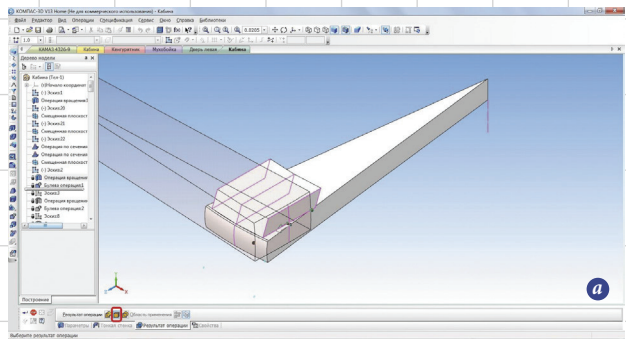


Рис. 4. Процесс построения кабины с помощью булевых операций

ны и сделаны новые по соосности элементов (заклепок).

При моделировании интерьера кабины (рис. 6) особую сложность составило соблюдение пропорций, поскольку прямых видов внутренних поверхностей кабины найти в Интернете не удалось. Чтобы не обидеть

ни одного из членов команды и правильно разместить элементы управления, пришлось моделировать «на глаз». Да что там говорить — моделировать «на глаз» пришлось практически все элементы, главное, чтобы они не вылезали за габариты того или иного узла.

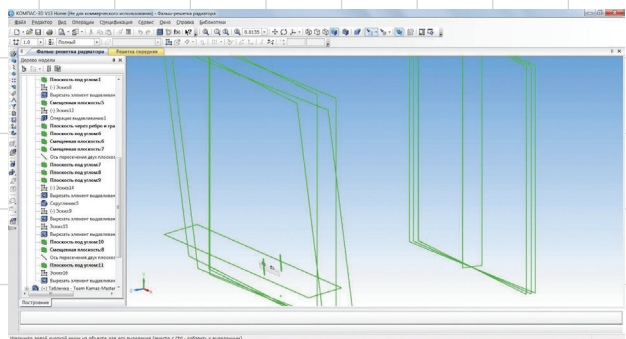


Рис. 5. Построение вспомогательных плоскостей в фальш-решетке радиатора

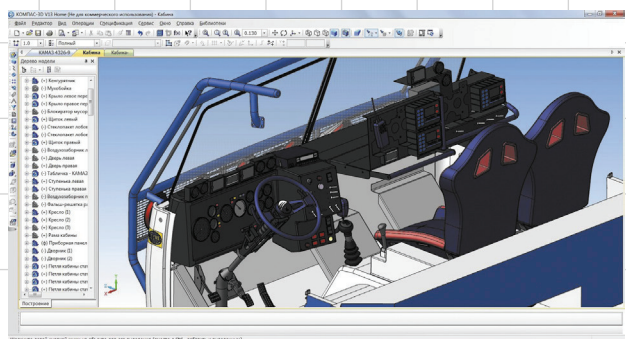


Рис. 6. Кабина: вид изнутри

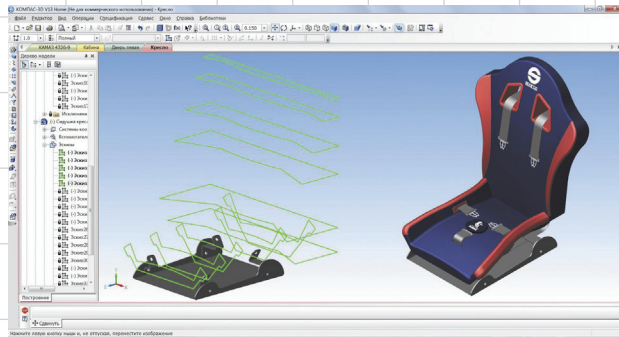


Рис. 7. Результат построения кресла с помощью операции По сечениям

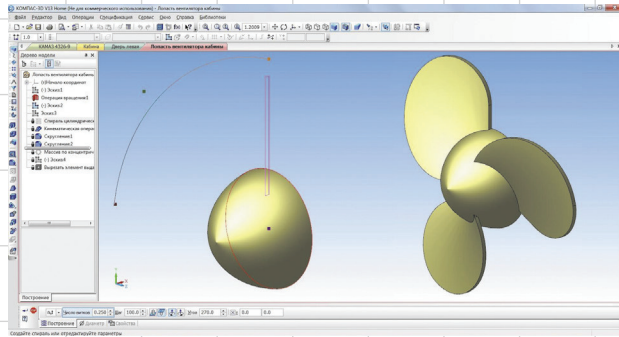


Рис. 8. Крыльчатка вентилятора

При создании рулевого колеса, кресел, тумблеров, рукояток, переключателей, вентиляторов, индикатора ограничения скорости, ламп внутреннего освещения, а также самого главного элемента кабины — приборной панели использовался практически весь функционал КОМПАС-3D и все способы построения операций. Подробнее хочу остановиться, на мой взгляд, на самых редких в использовании операций и интересных для меня (а может, и для читателя) функций, которые до этой работы я практически нигде не применял.

При построении кресел использовалась, на мой взгляд, самая капризная и ювелирная в плане построения и перестроения детали,

операция По сечениям (рис. 7) — стоило немного изменить один из эскизов, и конечный результат мог оказаться непредсказуемым.

В итоге получилось слегка угловатое, но, по-моему, симпатичное кресло с пятиточечными ремнями безопасности.

Вытягивание эскиза вдоль кривой (спираль цилиндрическая или коническая) я раньше применял при моделировании пружин, но здесь использовал этот прием при построении крыльчаток вентиляторов (рис. 8) — всего-то нужно было увеличить шаг и уменьшить количество витков.

И это еще не всё. Спираль вдоль кривой для меня была открытием, и я воспользовался этим методом построения для моделирования

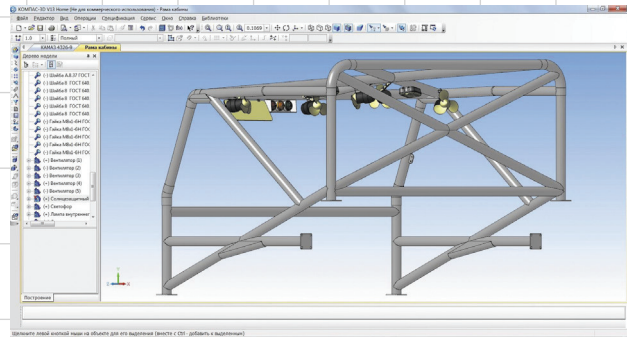


Рис. 10. Рама кабины

шнура рации (рис. 9). Пиктограмма По плоской кривой появляется при выборе одного из двух методов построения спирали, поэтому обнаружил я ее совершенно случайно.

Рама кабины (рис. 10) и каркас кузова (рис. 11) состоят из большого числа труб, сделанных в основном кинематикой или тонкостенным выдавливанием.

При моделировании таких элементов, как кузовные двери, боковые решетки воздухозаборников, кожух рулевой колонки, поддоны, подножки, топливный бак, защита переднего моста и других тонкостенных узлов, практически везде применялись операции листового тела. Когда я впервые столкнулся с моделированием листового тела,

оно показалось мне неудобным: нужно сначала построить одно тело, затем согнуть и т.д. Но потом я попробовал совершенно другой метод, когда рисуешь сразу профиль согнутого тела. Если оно сложное, то потом добавляешь, вырезаешь, сгибаешь, а в конечном счете все разгибаешь, и получается идеальная развертка. Так я поступил с проектированием кожуха рулевой колонки (рис. 12).

Режим Обечайка я попробовал на топливном баке (рис. 13). Кроме того, я опробовал новую функцию Изменение положения — потрясающая операция для специфика моей работы! Сейчас объясню почему. Я работаю с 3D-моделями, когда пишу управляющие программы для станков

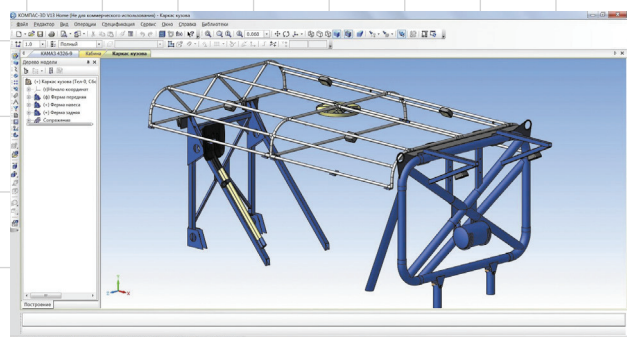


Рис. 11. Каркас кузова

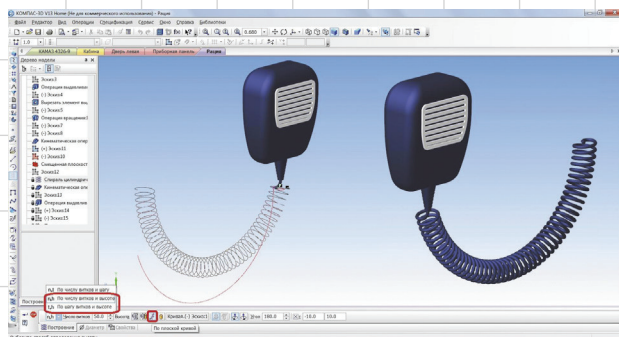


Рис. 9. «Кинематика по криволинейной спирали» на примере построения шнура рации

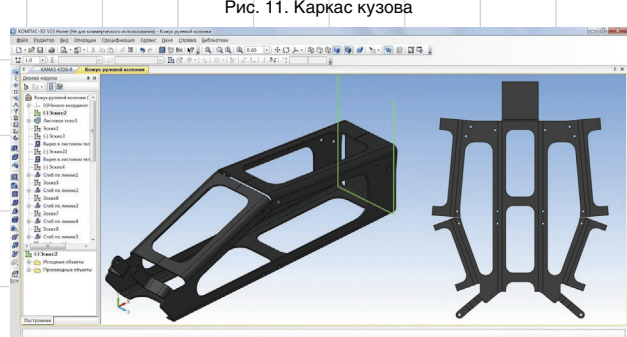


Рис. 12. Кожух рулевой колонки

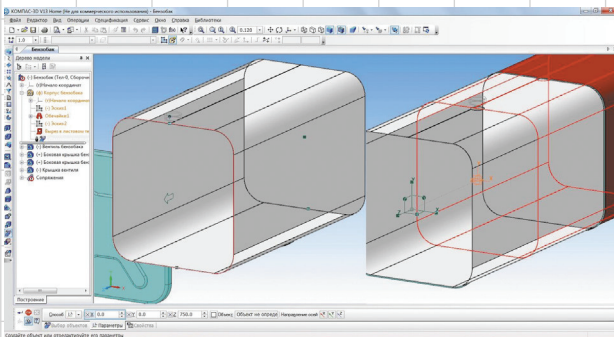


Рис. 13. Операция *Обечайка* на примере построения топливного бака

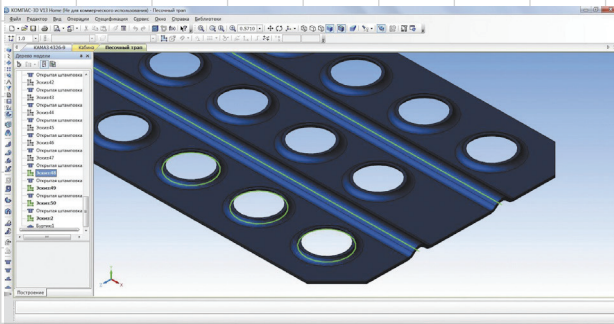


Рис. 14. Операция *Открытая штамповка* и *Буртик* на песочном трапе

с ЧПУ. И почти всегда конструктор при моделировании не привязывает деталь к какой-то определенной базе. Так вот — эта операция позволяет смещать базу, менять положение осей координат так, как захочется, что имеет существенное значение при позиционировании детали в координатах соответствующего станка.

Попробовать новые операции листового тела я решил на детали *Песочный трап* — профильный лист металла с отверстиями большого диаметра, используемый для подкладки под колеса, когда машина зарывается в песок. Так как для операции *Открытая штамповка* (рис. 14) в эскизе в листовом теле должен присутствовать только один контур (а в трапе порядка 50 отверстий),

то при его проектировании было решено воспользоваться командой *Массив по точкам*, но она не сработала. Пришлось делать 50 отверстий «вручную». А вообще операция *Массив по точкам* очень спасала при расстановке стандартных элементов в сборке того или иного узла. Порадовала команда *Буртик* — она сработала при наличии в эскизе двух элементов.

Команду *Жалюзи* я попробовал на фильтр-решетке бокового воздухозаборника (рис. 15).

При моделировании ящиков для инструмента и запасных частей я воспользовался параметризацией с использованием переменных. Раньше я не часто применял ее на практике, потому что она отнимает много времени

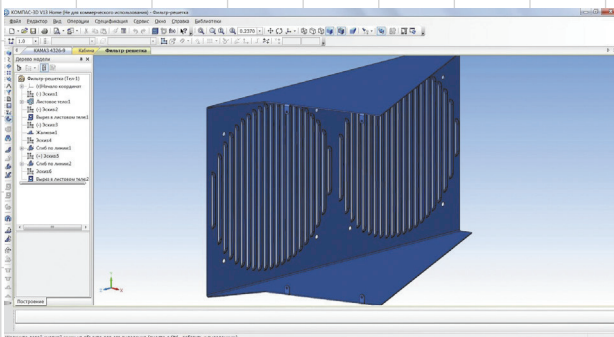


Рис. 15. Команда *Жалюзи*

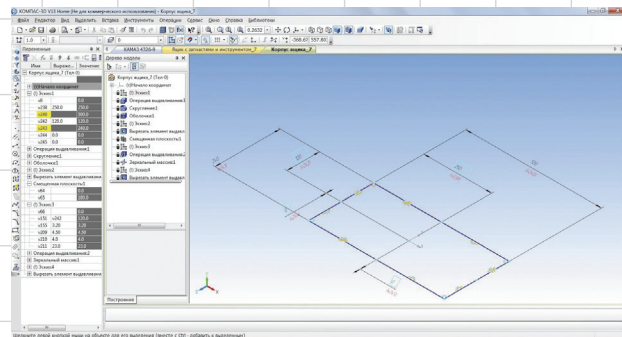


Рис. 16. Параметризация эскиза 1

на проработку всех взаимосвязей, зато потом облегчает процесс проектирования при переделке. Но здесь я решил с ней попрактиковаться. Ящики были одинаковые и различались всего по нескольким параметрам. Даже не пришлось воспользоваться справкой. При присвоении переменных пришлось вспомнить навыки программирования на Delphi. В ящике изменению подвергалась ширина, длина и высота (рис. 16). Привязку размеров я задавал от центра.

Одновременно с шириной менялось расстояние от центра ящика до петельки. Так как расстояния по условию равны, то было необходимо, чтобы при изменении размера в эскизе 1 (переменная v242)

в эскизе 3 значение переменной v151 тоже менялось. Поэтому я присвоил переменной v151 значение переменной v242 (рис. 17).

Теперь при изменении всего одного размера в одном эскизе изменения происходили сразу в двух. За короткий промежуток времени у меня были готовы семь ящиков (рис. 18).

Особой точности и проработки всех деталей по правилам конкурса никто не требовал. Но прорисовав «обертку», мне захотелось добавить в нее начинку, чтобы потом любоваться полнотой картины, и я немного порабатал с механикой. Прорисовал мосты с тормозной системой, колеса, двигатель с трансмиссией, карданы и раздаточную коробку, выхлопные тру-

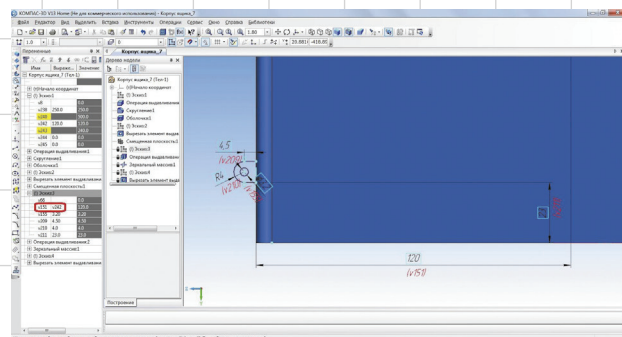


Рис. 17. Параметризация эскиза 3

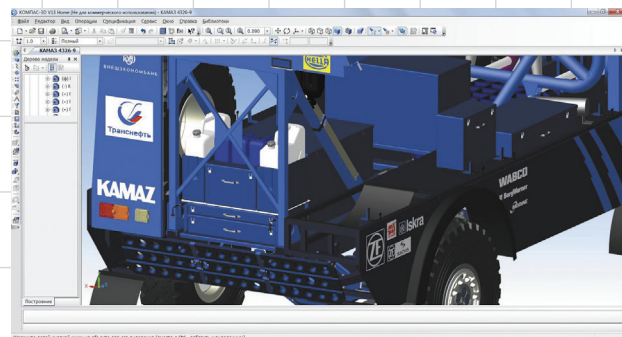


Рис. 18. Ящики для инструмента и запасных частей внутри кузова

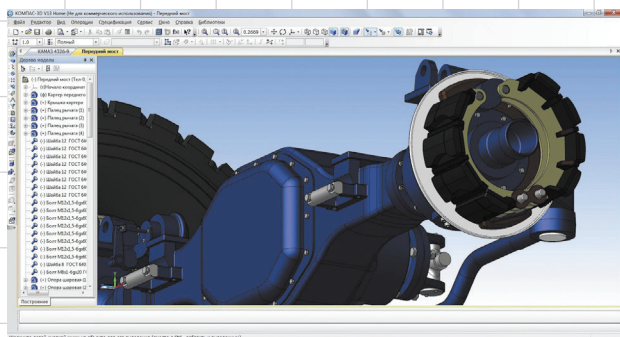


Рис. 19. Передний мост. Вид на тормозной механизм

бы и рессоры с амортизаторами. Однако из-за недостатка времени остановился на основных механизмах.

Кабина и кузов были сделаны, надо было приступать к раме и ходовой части.

Чтобы придать картине на первой стадии немного колорита, решил начать с мостов (рис. 19). Да при таком объеме и столь малых сроках разработки какие-то тонкости остаются неучтенными.

Но для наглядности я смоделировал ресиверы всех трех контуров рабочих тормозов. Тормозные камеры на каждый мост приводят разжимной кулак в движение, и тормозные колодки размыкаются. Хотел воспользоваться новым сопряжением *Кулачок-Толкатель*, но обошелся *Касанием* двух поверхностей.

Затем проработке подверглись колеса Michelin с тормозной системой. Неудобство, а может быть издержки работы видеокарт и остальных компьютерных комплектующих, отвечающих за математику построения, сказались на построении покрышки колеса (рис. 20). Четыре ячейки рисунка протектора разнес *Массивом по концентрической окружности* на 32 элемента, и компьютер надолго задумался.

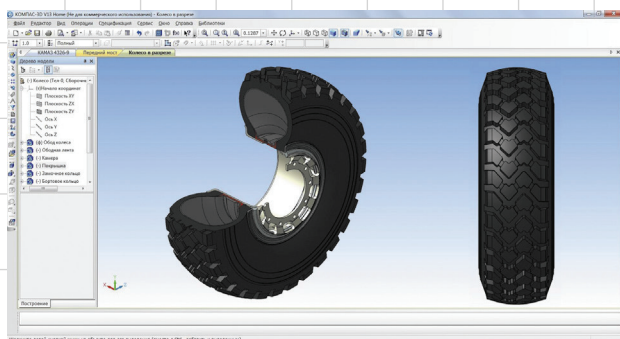


Рис. 20. Колесо в разрезе

Меня это не сильно расстроило, потому что я уже имею опыт построения массивов из большого числа элементов, просто запасая терпением и продолжил моделировать.

Мост есть, колеса есть, но как же КАМАЗ будет прыгать по дюнам без рессор и амортизаторов. Работа над рессорами не вызвала особых сложностей: прорисовал сначала передние жесткие кронштейны, а затем задние плавающие кронштейны. Теперь, когда есть мост и две точки касания, — оставалось прорисовать рессоры (рис. 21). С прорисовкой амортизаторов возникли сложности, потому что он отклонен от нормальных плоскостей проекций, для того чтобы принимать нагрузку под минимальными углами. Решил для наглядности сделать амортизаторы не сборкой, а по отдельности: шток отдельно от поршня, чтобы потом в контексте сборки совместить их сопряжением *Соосность*. Аналогичный маневр был первым применен при моделировании боковых дверок кузова, так как они открываются на петлях, а амортизаторы обеспечивают плавность открывания и способность дверки не закрыться в момент осмотра машины или

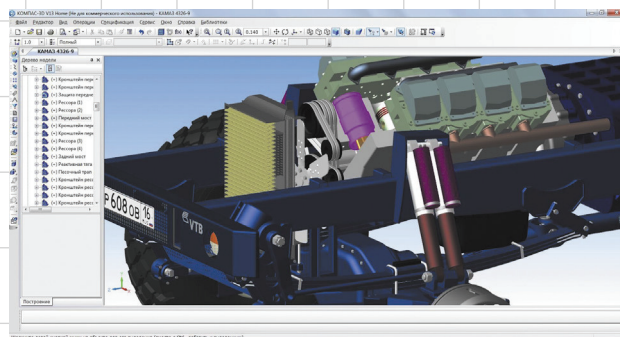


Рис. 21. Вид на двигатель, радиатор, амортизаторы и рессоры

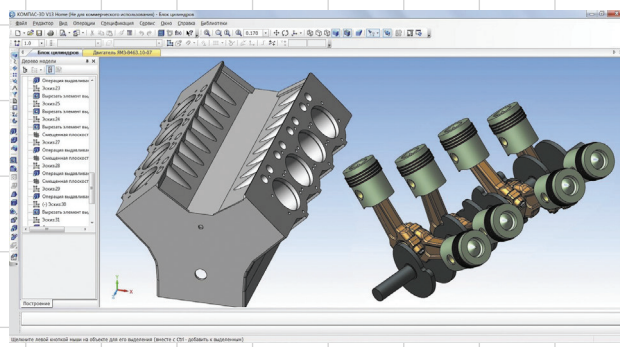


Рис. 22. Блок цилиндров и кривошипно-шатунный механизм

ремонта. Амортизаторы с рессорами были готовы, и я приступил к двигателю и остальным механическим компонентам.

Двигатель тоже рисовал не по размерам, а лишь пытался уместить его в межлонжеронное пространство, чтобы осталось спереди место под радиатор. Визуально старался придать ему облик ЯМЗ-8463.10-07 по фотографиям. Едва не отослав заявку на конкурс, обнаружил, что передней частью двигатель вписался в кабину. Пришлось сделать вырез, который в итоге не отразился на конструкции кабины.

Прорисовке, хоть и не особенно тщательной, подверглись основные части движка: блок цилиндров, гильзы, поршни с шатунами и другие узлы (рис. 22).

Решено было прорисовать сердцевину радиатора, которая состоит из более ста продольных пластин и стальных же поперечных трубок, по которым течет охлаждающая жидкость. В итоге получился самый большой по объему файл (63 Мбайт) и 15 мин на его сохранение — и это при том, что компьютер не слабой конфигурации.

Логическим завершением всей механической части была прорисовка системы карданных передач в купе с МКПП и раздаточной коробкой (рис. 23). Но времени почти не оставалось, поэтому предпочтение было отдано наружной картине.

При моделировании случались некоторые накладки: прорисовал раму кабины, а она вылезла за

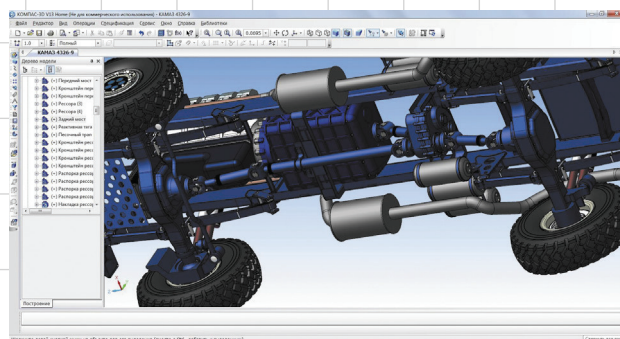


Рис. 23. Вид снизу



Рис. 24. Результат векторизации логотипов

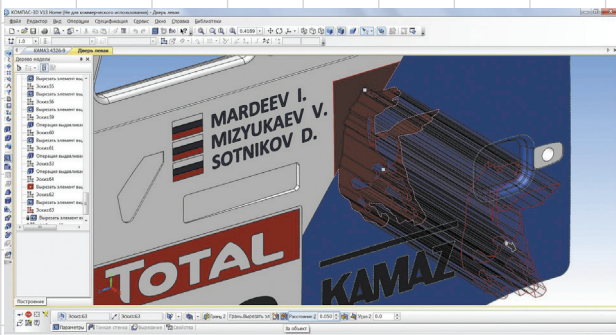


Рис. 25. Построение «лошадки» на двери методом Выдавливание до поверхности

ее пределы; повесил явочки для инструмента на дверь кабины, а они стали врезаться в раму. Конечно, при таком масштабном моделировании всего учесть невозможно, но в «бардачке» КОМПАС-3D давно предусмотрена функция *Соударение компонентов*, которая сразу подсвечивает красным соприкасающиеся детали и узлы при перемещении их друг относительно друга или вращения.

В процессе работы особых неудобств при моделировании в КОМПАС-3D не было, пока не наступил момент нанесения рекламы на борт авто.

Сказать, что функция вырезания или выдавливания до поверхности реализована плохо,

значит не сказать ничего. Просто с мелкими элементами она себя слабо проявляет. Для нанесения рекламы на борт использовались всего два вида поверхностей: на плоский объект (рис. 24), с которым не было особых трудностей, и на криволинейный объект (рис. 25).

Кабина имела форму усеченной сферы, поэтому основные трудности возникли именно с ней. Приходилось долго перебирать в голове (а потом уже на компьютере) все возможные варианты, чтобы получилось красиво, и в то же время не нарушить всю конструкцию.

Лошадь получилась без проблем, а вот значок «DAKAR» (рис. 26) так и не удался («Ошибка — Нарушена топология по-

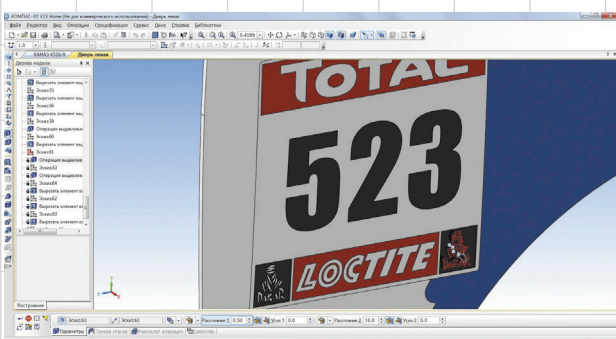


Рис. 26. Построение логотипа «DAKAR» на двери методом Выдавливание



Рис. 27. Окончательный вариант кабины



Рис. 28. КАМАЗ-4326

строения») — пришлось делать вырезом на расстоянии.

Закончив рекламу (рис. 27), надо было приступить к кульминационному моменту — главной сборке. Сборка получилась солидная для «непрофессиональной» работы: 2276 деталей плюс 1184 стандартных элемента.

Для большего соответствия реальным размерам сделал стандартные виды в КОМПАС-ЧЕРТЕЖ и замерил все основные параметры: база, длина, ширина, высота, расстояние от бампера до оси переднего моста, расстояние от оси заднего моста до задней стенки и другие совпадали с техническими данными КАМАЗа. Я удивился и обрадовался одновременно, потому что у меня получился грузовик (рис. 28) в масштабе 1:1, готовый отправиться, конечно, не на очередной «Дакар», но на

оценку экспертному жюри в составе лучших инженеров команды «КАМАЗ-мастер».

На этом истерии создания, помимо, самого красивого гоночного грузовика из всех в этом классе, участвующих в ралли-рейдах, я хочу закончить словами из статьи Андрея Чудакова: «Вот таков он, реальный и одновременно фантастический гоночный грузовик КАМАЗ-4326. Более эксклюзивный, чем Rolls-Royce, более титулованный, чем Ferrari, более загадочный, чем Bristol... Автомобиль-боец, созданный мечтами, сердцем, талантом и умением лучших людей из «КАМАЗ-мастер».

Ознакомьтесь с альбомом конкурса «КАМАЗ-мастер», а также пообщаться с авторами всех призованных проектов можно на странице фан-клуба КОМПАС-3D Home http://vk.com/kompas_home.