

# Применение технологий виртуализации при разработке ремонтной документации

А.В. Воронцов, к.т.н., В.С. Силкин (ООО "Иторум")

## Введение

Давайте зададимся вопросом: что такое ремонтная документация и из чего она состоит?

Согласно ГОСТ 2.602, ремонтные документы (РД) – это документы, предназначенные для подготовки ремонтного производства, ремонта и контроля отремонтированных изделий и их составных частей.

Данный стандарт определяет требования к видам, комплектности, содержанию и ряду других аспектов документации на средний и капитальный ремонт. Однако большинство разрабатываемых в настоящее время ремонтных документов представляют собой наборы операционных карт (процедур), которые описывают монтажно-демонтажные,

регулируемые и другие виды работ (рис. 1). Отчасти содержание ремонтных документов определяется их потребителями.

В настоящее время основными потребителями РД являются не ремонтные предприятия, обладающие достаточно мощной технической базой, а различные сервисные и обслуживающие организации, которые в большинстве своём в процессе ремонта должны найти неисправный компонент и устранить неисправность путем его замены. Соответственно, значительная часть ремонтной документации, которую они используют, состоит из операционных карт по сборке-разборке, монтажу-демонтажу и проверке-регулировке (рис. 2).

Подобная разновидность ремонтных документов на первый взгляд выглядит проще, чем классическое руководство по среднему или капитальному ремонту, выполненное по требованиям, соответствующим ГОСТу, но и они не всегда могут быть предоставлены работником изделия.

Зачастую проблемы кроются в большой ресурсоемкости подготовки таких документов, специфике применения технологий разработки, инструментов и стандартов.

## Типовая технология разработки операционных карт

Как правило, общепринятая технология разработки операционных карт руководства по ремонту включает следующие шаги (рис. 3):

1 Формирование перечня операционных карт. Для этого существует достаточно большое количество решений разной степени сложности – от использования документации на аналогичные изделия до процедур анализа логической поддержки.

2 Оценка конструкции изделия на предмет технологичности замены элемента изделия или выполнения регулировочных операций: возможно ли их выполнить в принципе (если нет, то можно ли внести изменения в конструкцию).

3 Определение рациональной последовательности монтажно-демонтажных, регулировочных и других операций; оценка временных параметров на

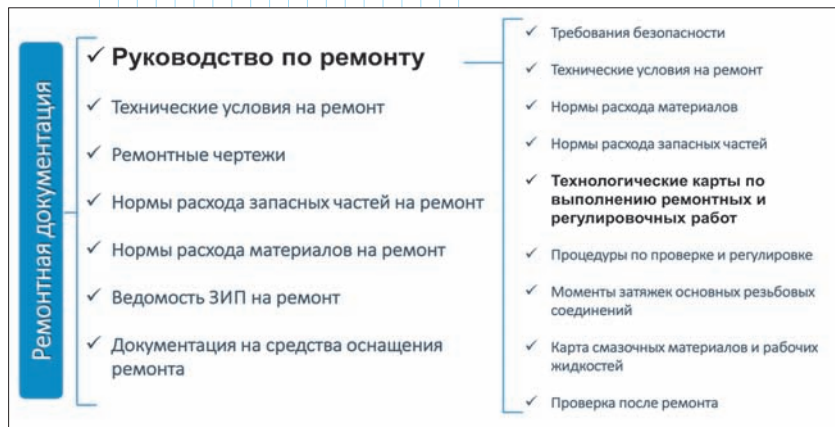


Рис. 1. Виды ремонтных документов

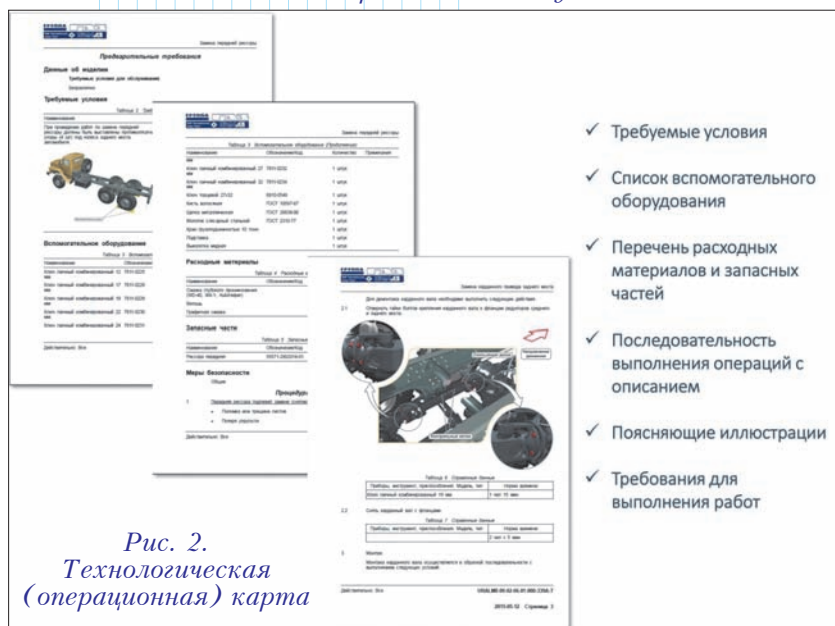


Рис. 2. Технологическая (операционная) карта

основе анализа конструкторской документации, опыта эксплуатации и ремонта; работа с физическим прототипом изделия и другой информацией.

4 Разработка мер безопасности, перечня инструмента, принадлежностей и специального оборудования, необходимых для выполнения процедуры.

5 Проверка правильности разработанной карты на изделии.

6 Корректировка карты по результатам проверки.

С одной стороны, данная последовательность является правильной, и в нее сложно что-то добавить или убавить. Всё было бы хорошо, если бы не одно “но”. Достаточно часто комплект операционных карт в объеме руководства по ремонту или обслуживанию изделия необходимо выпустить одновременно с самим изделием (первым экземпляром изделия или первой партией). В этом случае у разработчика нет достаточного количества времени для выполнения работ непосредственно на самом изделии. Более того, когда речь идет о совсем новых изделиях, у разработчика документации может отсутствовать возможность использования физического прототипа изделия.

Как же быть в этом случае? Нам помогут технологии виртуализации.

## Использование виртуальной среды для разработки ремонтной документации

### Разработка операционных карт сложных процедур

В настоящее время существует ряд программных систем, которые в той или иной степени позволяют смоделировать технологический процесс. Наиболее известными из них являются *DELMIA* (разработчик – *Dassault Systèmes*) и *Tecnomatix* (разработчик – *Siemens*). Эти системы позволяют выполнить моделирование различных технологических процессов с высокой степенью детализации.

На этапе моделирования используются различные данные, например:

- 3D-модель изделия;
- справочники нормативов операций;
- перечни инструмента и принадлежностей и т. д.

Следует отметить, что применение этих программных

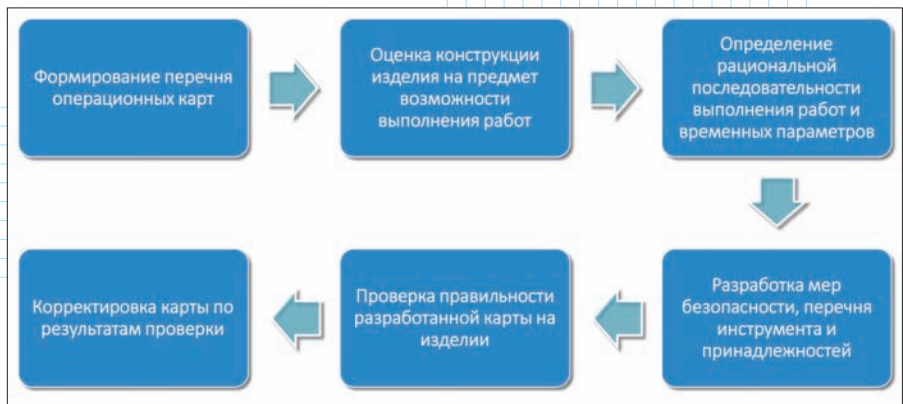


Рис. 3. Процесс разработки операционной карты

средств имеет и обратную сторону – это достаточно высокая трудоемкость создания детализированной модели процесса, особенно когда нужно оценить его эргономичность и другие параметры с использованием модели человека (так называемого “манекена”). Однако, несмотря на то, что в некоторых случаях трудоемкость моделирования процесса может превысить трудоемкость его выполнения на реальном изделии в несколько раз, для сложных и ответственных процессов предлагаемый подход практически незаменим.

В то же время, большинство операций, выполняемых на изделии в процессе эксплуатации и/или ремонта, не являются сложными или ресурсоемкими – например, осмотровые операции, простые регулировочные, монтажно-демонтажные работы и т.д.

На основе нашего опыта можно сказать, что здесь вполне применим принцип Парето, согласно

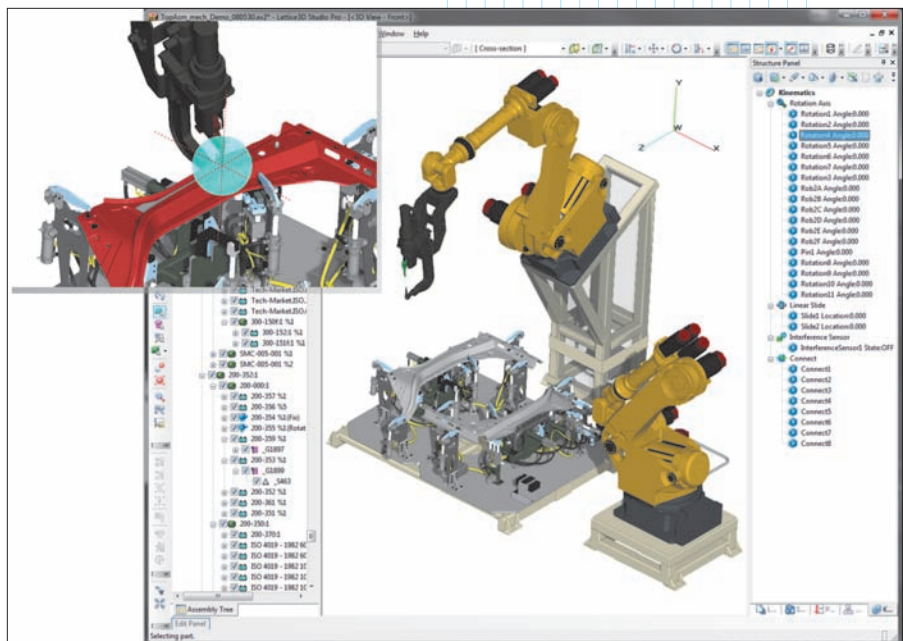


Рис. 4. Оценка кинематики механизма при помощи Lattice3D Studio

которому в руководстве по ремонту содержится 20% сложных операционных карт и 80% относительно простых. Но и эти простые процедуры как-то необходимо смоделировать и оценить, если нет доступа к физическому прототипу изделия. Для этого есть ряд решений.

### Разработка операционных карт простых процедур

Основным условием для получения корректной и близкой к реальности модели процедуры является наличие трехмерной геометрической модели изделия.

Если 3D-модель изделия существует, то для разработки относительно несложных операционных карт можно использовать более доступные инструменты, чем *DELMIA* или *Tecnomatix*. Мы предпочитаем продукты типа *SAP Visual Enterprise* или *Lattice3D Studio* (рис. 4). Это специализированные приложения для работы с облегченными 3D-данными, созданными в различных системах автоматизированного проектирования. В отдельных случаях для моделирования простых процессов будет достаточно возможностей имеющейся САПР.

В общем случае последовательность действий при разработке операционной карты с помощью вышеуказанных инструментов будет следующей:

1 Импортирование 3D-модели, созданной в САПР, в специальное приложение (например, в одно из указанных выше или в любое другое, которое имеет подходящую функциональность).

2 Создание структуры процесса (зачастую применяется термин “формирование производственного или технологического дерева”).

3 Оценка разбираемости/собираемости и других операций на основе 3D-модели (часть этих действий весьма успешно может быть автоматизирована, в том числе оценка доступности и коллизии элементов).

4 Определение временных показателей процесса, которые могут быть получены как

модельное время (время реального перемещения компонентов) или оценочное время на основе эмпирических данных.

5 Определение необходимого инструмента и оборудования на основе анализа видов и технологии выполняемых работ.

Одновременно в ходе моделирования процесса необходимо выполнять оценку эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности (рис. 5).

Результаты моделирования процессов целесообразно проверить на реальном изделии.

Из нашей практики могу сказать, что соблюдение технологии разработки операционных карт с применением средств виртуализации дает достоверный результат в 6-ти случаях из 10-ти, что можно считать приемлемым показателем с учетом тех ограничений, о которых мы говорили выше.

### Выводы

В заключение хотелось бы отметить ряд важных аспектов, которые необходимо учитывать при разработке операционных карт ремонтной документации с помощью средств виртуализации:

- Чем точнее трехмерная модель изделия, тем точнее будет модель процесса. Необходимо учитывать это уже на стадии проектирования изделия.
- В процессе разработки карт нужно использовать доступные справочники типовых операций (или формировать собственные). Это убережет от ошибок в оценке различных показателей операционной карты (например, времени выполнения операций).
- При разработке операционных карт нужно обращать внимание на эксплуатационную и ремонтную технологичность, что особенно важно, пока изделие не появилось в “железе”. Такой подход даст возможность избежать множества ошибок, которые потом придется исправлять на опытном образце, или, что еще хуже, на серийном изделии.

• В процессе разработки целесообразно применять ограничительные перечни инструментов и приспособлений, учитывающие технические возможности эксплуатанта и ремонтных органов, которые будут использовать документацию.

Считаю необходимым еще раз сделать акцент на том, что подходы, изложенные в данной статье, не являются панацеей и не дают 100% результат за счет использования только виртуализации работ. Результаты виртуализации и моделирования крайне целесообразно подтверждать практической отработкой – хотя бы для ключевых, наиболее сложных, процедур.

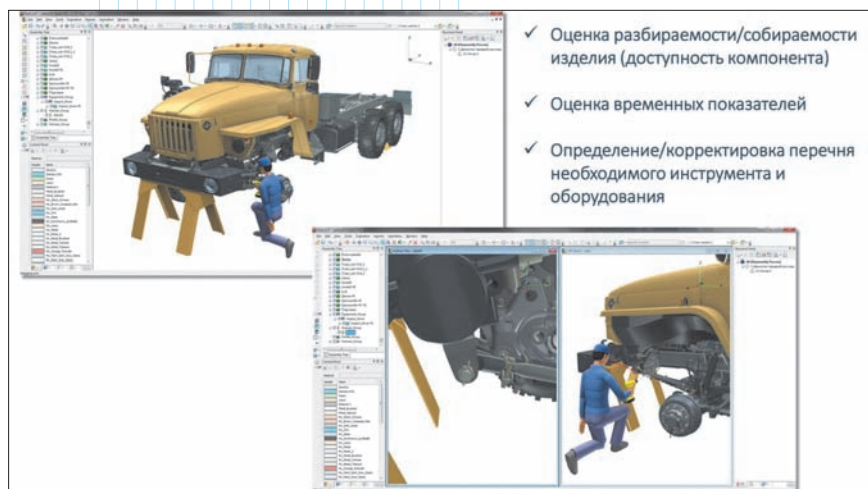


Рис. 5. Моделирование процесса