



➤ MSC NASTRAN EMBEDDED FATIGUE – ИНТЕГРАЦИЯ И УСКОРЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ В ОБЛАСТИ ПРОЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ



В первом квартале 2013 года корпорация MSC Software объявила о выпуске нового продукта — проблемно-ориентированного модуля **Nastran Embedded Fatigue (NEF)** для расчета усталостной прочности и долговечности изделий, а также оптимизации изделия по ресурсу.

Nastran Embedded Fatigue является принципиально новым этапом в интеграции структурных прочностных расчетов с анализом усталостной прочности и долговечности. Сущность реализованного в нем нового подхода состоит в том, что модуль NEF работает непосредственно в среде MSC Nastran.

MSC Nastran — программный комплекс, предназначенный, прежде всего, для оценки напряженно-деформированного состояния узлов и элементов конструкций. Результатом же работы новой версии MSC Nastran со встроенным модулем NEF является оценка долговечности и ресурса исследуемых компонентов изделия.

До появления NEF расчет с использованием программного комплекса **Fatigue**, предназначенного для оценки ресурса и долговечности изделий, осуществлялся по традиционной схеме. При этом сначала производился отдельный запуск структурного прочностного расчета изделия для получения напряжений в узлах и элементах конструкции, затем эти на-

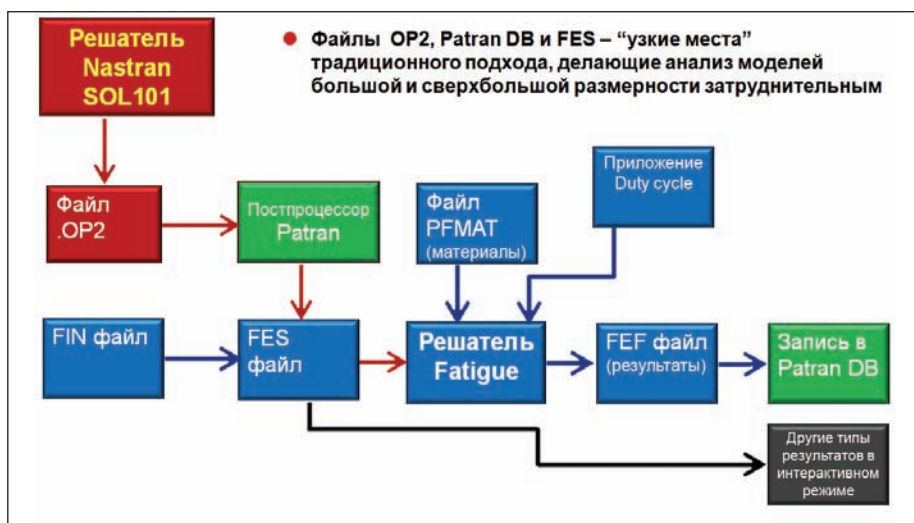


Рис. 1. Традиционная схема расчета изделия по ресурсу и долговечности с использованием Fatigue

пряжения транслировались в графическую среду — препостпроцессор, где производилась подготовка множества исходных данных для проведения расчета усталостной прочности и долговечности. На первом этапе подготовки инженер задавал усталостные характеристики материалов и формировал сложные истории циклического нагружения изделия. На следующем этапе создавались многочисленные файлы непосредственно для решателя Fatigue, после чего производился расчет долговечности

и повторное считывание результатов в препостпроцессор уже для анализа и визуализации полученных данных (рис. 1).

При работе с большими моделями (от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов степеней свободы) и использовании реальных историй нагружения (моделирование пробега самолета по взлетной полосе или движения автомобиля по дороге) объем файлов результатов прочностного анализа и входных файлов для решателя Fatigue мог состав-

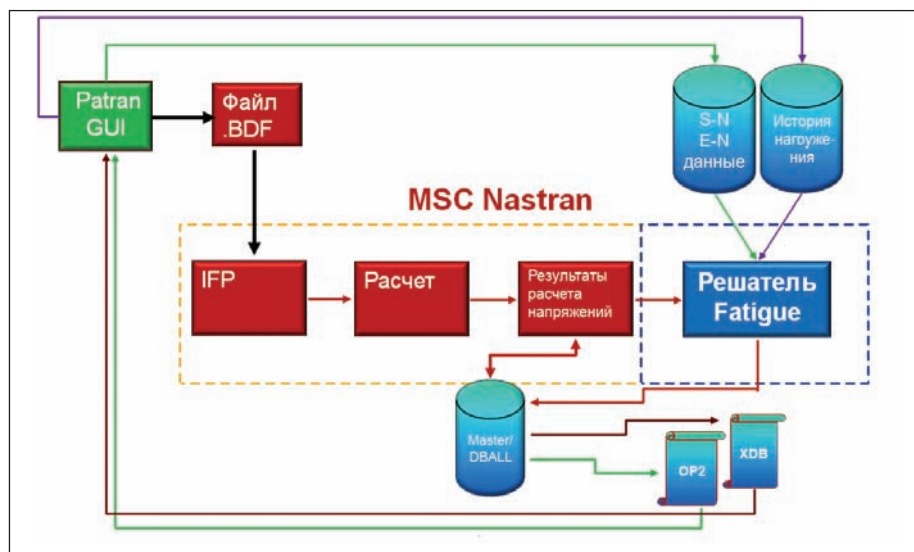


Рис. 2. Схема интегрированного расчета на прочность и долговечность с использованием Nastran Embedded Fatigue

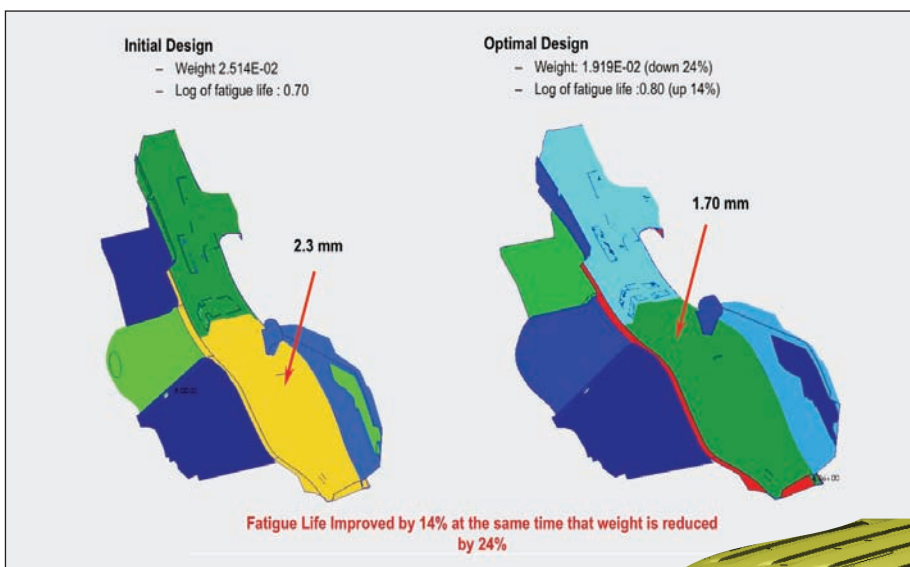


Рис. 3. Оптимизация изделия по прочности и ресурсу в NEF

лять десятки и сотни гигабайт. Трансляция таких объемов информации в любой современный препроцессор занимала достаточно длительное время: от нескольких часов до нескольких суток, а в некоторых случаях была практически невозможна.

Специалисты MSC Software смогли максимально оптимизировать рабочий процесс подготовки необходимых исходных данных и проведения анализа долговечности изделий, исключив многократную трансляцию больших объемов информации в графическую среду пользователя. С выходом Nastran Embedded Fatigue у инженеров появилась возможность провести одновременно прочностной расчет и расчет долговечности за один запуск решателя MSC Nastran (рис. 2).

Для расчета изделия на долговечность с использованием NEF достаточно подготовить всего один файл с исходными данными, чтобы после работы программы MSC Nastran в конечном итоге получить единственный файл с результатами расчета усталостной прочности и долговечности. Такой файл очень компактен — до нескольких десятков килобайт. При использовании такого подхода отпадает необходимость в формировании промежуточного файла с результатами прочностного расчета. В Nastran Embedded Fatigue запрос на вывод результатов структурного прочностного расчета перед запуском анализа долговечности необязателен, что еще больше экономит время и вычислительные ресурсы. Кроме того, выполнение расчетной оценки долговечности непосредственно в среде MSC Nastran, предназначенной для расчета напряженно-деформированного состояния, обеспечивает возможность параметрической и топологической оптимизации расчетной модели по критериям долговечности (рис. 3).

Сравнительная оценка MSC Fatigue (с графическим препроцессором Patran) с Nastran Embedded Fatigue была проведена специалистами MSC Software. Был реализован расчет усталостной прочности и долговечности кабины магистрального тягача Navistar Heavy Duty Truck по традиционной схеме и аналогичный расчет с использованием NEF (рис. 4-5).

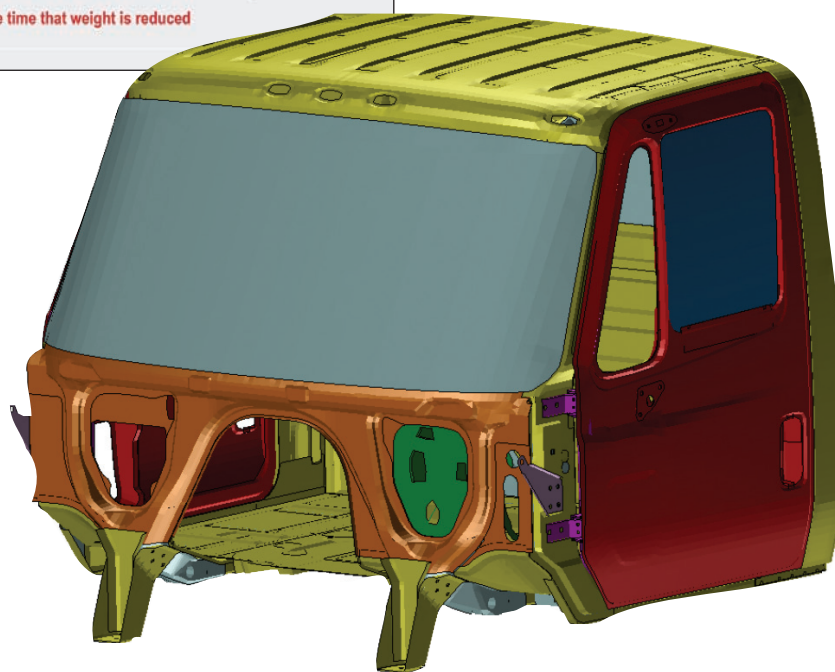


Рис. 4. Модель кабины магистрального тягача Navistar Heavy Duty Truck

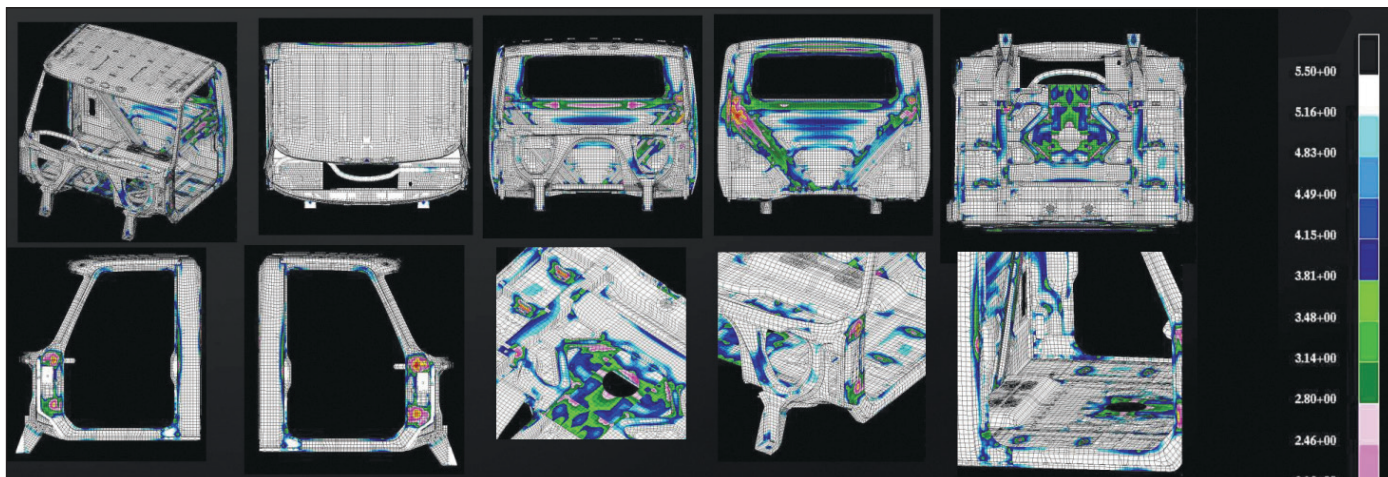


Рис. 5. Результаты расчета – повреждаемость элементов конструкции

• Duty cycle

- Ускоренные испытания "shaker test"
- Время одного цикла - 3478 секунд
 - 58 минут
- Эквивалент – 1197 миль

• Цель испытаний

- 30 000 миль пробега
- 250.6 повторений нагрузочного цикла
- 10.1 дней
- Визуальный контроль после каждого цикла

Event #	Name	Description	Duration (s)	Repeats	Total Time (s)
1	ea10	Empty Abbreviated Belgian Blocks at 10 mph	38.0	4	152.0
2	egv1	Empty Gravel Road	14.0	3	42.0
3	er20	Empty Railroad Crossing at 20 mph	6.0	3	18.0
4	er30	Empty Railroad crossing at 30 mph	6.0	3	18.0
5	lp10	Loaded Primary Belgian Blocks at 10 mph	96.0	5	480.0
6	lp12	Loaded Primary Belgian Blocks at 12 mph	58.0	29	1682.0
7	lp14	Loaded Primary Belgian Blocks at 14 mph	54.0	7	378.0
8	lr20	Loaded Railroad Crossing at 20 mph	6.0	3	18.0
9	lr30	Loaded Railroad Crossing at 30 mph	6.0	3	18.0
10	ls20	Loaded Supplemental Course at 20 mph	34.0	2	68.0
11	nois	Shaped Noise	302.0	2	604.0

Рис. 6. Программа ускоренных испытаний с использованием модуля MSC Fatigue "Duty Cycle Analyser"

Расчетная модель кабины насчитывала свыше ста тысяч конечных элементов и более полумиллиона степеней свободы. Для моделирования ускоренных дорожных испытаний был задействован специальный модуль MSC Fatigue – "Duty Cycle Analyser" – уникальный инструмент, помогающий инженеру-расчетчику сформировать сложный нагрузочный цикл, состоящий из большого числа стандартизированных блоков нагружения конструкции. В рассматриваемом примере каждый из таких блоков нагружения соответствовал движению автомобиля в различных условиях и по дорогам с различными покрытиями (асфальт, булыжник, бетонные плиты), движению через железнодорожные переезды и преодолению различного рода препятствий (рис. 6).

Вычисления производились на четырех-процессорной машине под управлением ОС Windows 7 с использованием 16 гигабайт оперативной памяти. Суммарное машинное время расчета с использованием NEF составило **24,55 мин.**, а расчет по классической, или традиционной, схеме занял **118,79 мин.** (рис. 7). При этом требуемый объем дискового пространства для вычислений с использованием NEF сократился почти в пять раз, а количество отдельных файлов, необходимых для расчета, сократилось с двухсот до двух (рис. 8-9)! Совершенно очевидно, что при исследовании расчетных моделей с большей размерностью, например, полноразмерной модели корпуса судна или планера самолета, эффективность применения Nastran Embedded Fatigue будет еще больше.

Такие впечатляющие результаты красноречиво свидетельствуют, что NEF идеально подходит для решения задач в первую очередь в аэрокосмической и автомобильной промышленности, где используются большие (сотни тысяч конечных элементов) и сверхбольшие (миллионы конечных элементов) расчетные модели.

Компании MSC Software в этом году исполнилось 50 лет и на протяжении этой полувековой истории MSC разрабатывает программное обеспечение для производителей космической, авиационной, автомобильной и железнодорожной техники, медицинского и энергетического оборудования. Программные решения MSC Software широко используются в судостроении, вертолетостроении, двигателестроении, электронной промышленности и биомедицине.

С помощью программных продуктов MSC Software предприятия в кратчайшие сроки и с минимальными издержками выводят на рынок высокотехнологичные изделия, обладающие высочайшими эксплуатационными характеристиками и отвечающие самым строгим требованиям по безопасности и ресурсу. MSC Software постоянно совершенствует существующую линейку расчетных инженерных комплексов и предлагает абсолютно новые подходы для решения все более сложных инженерных задач, обеспечивающие предприятиям еще большую конкурентоспособность их продукции.

Валерий Широбок, технический эксперт

MSC Software Rus

Тел.: (495) 363-0683

E-mail: Valeriy.Shirobokov@mscsoftware.com

Время, необходимое для расчета долговечности, мин.

Стадия расчета	Псевдостатический расчет по традиционной схеме MSC.Fatigue +Patran	Переходный процесс (Modal Transient) по традиционной схеме MSC.Fatigue+Patran	Псевдостатический расчет Nastran Embedded Fatigue (NEF)	Переходный процесс (Modal Transient) Nastran Embedded Fatigue (NEF)
Структурный расчет	1,92	17,84	—	—
Генерация исходных данных для Fatigue	8,44	21,87	—	—
Решатель Fatigue	38,20	79,08	—	—
Суммарное время расчета	48,56	118,79	11,67	24,55

Рис. 7. Сравнительная оценка времени расчета долговечности с использованием классического подхода и NEF

Требуемый объем дискового пространства, мегабайт

Используемые типы файлов	Расширение	Псевдостатический расчет по традиционной схеме MSC.Fatigue +Patran	Переходный процесс (Modal Transient) по традиционной схеме MSC Fatigue+Patran	Псевдостатический расчет Nastran Embedded Fatigue (NEF)	Переходный процесс (Modal Transient) Nastran Embedded Fatigue (NEF)
Хранение данных структурного расчета	.xdb	79,95	271,546.57	—	—
Файл исходных данных для Fatigue	.fin	0,10	21,87	—	—
Файл исходных данных для Fatigue	.fes	157,27	11,040.96	—	—
Файлы результатов Fatigue	.fef*	71,40	71,40	(71,40)	(71,40)
Файлы результатов Fatigue	.op2*	—	—	31,02	31,02
В сумме		308,52	282,660.21	31,02	31,02

Рис. 8. Сравнительная оценка необходимого дискового пространства для расчета долговечности с использованием классического подхода и NEF

Менеджмент расчетных данных – необходимое количество файлов для разных этапов расчета прочности и долговечности

Стадии решения	Тип данных	Расширение файла	Псевдостатический расчет по традиционной схеме MSC.Fatigue +Patran	Переходный процесс (Modal Transient) по традиционной схеме MSC Fatigue+Patran	Псевдостатический расчет Nastran Embedded Fatigue (NEF)	Переходный процесс (Modal Transient) Nastran Embedded Fatigue (NEF)
MSC Nastran – структурный прочностной расчет	Input	.dat	1	11	1	1
	Result	.xdb	1	11		
	Result	.op2	—	—	1	1
Fatigue – расчет долговечности	Load history	.dac	132 (12x11)	132		
	Input	.fin	11	11		
	Input	.fes	11	11		
	Result	.fef	11	11		
	Material DB	.adb /.mdb	2	2		
	Load DB	.adb /.tdb	2	2		
В сумме			171	191	2	2

Рис. 9. Менеджмент расчетных данных с использованием классического подхода и NEF