

Реверсивен инженеринг на комплексни машини за ефективен ремонт и техническа поддръжка

Техническата поддръжка, капиталните и аварийните ремонти в авиацията, комплексните машини и друга едрогабаритна техника е сериозно предизвикателство, свързано с решаване на редица технически, логистични и финансови проблеми.

В общият случай, производителите предоставят на потребителя някакъв набор от инструкции за ремонт и техническа поддръжка, но в много случаи тази информация не е достатъчна за планиране и техническа подготовка за ремонт и/или модернизация, особено в след гаранционната част от жизнения цикъл на машината.

Този дефицит на информация ограничава силно възможността на ремонтите заводи и звена да планират, подготвят и осъществяват ремонти и модернизации за своя сметка, запазвайки интереса на производителя на машината да доставя компоненти, модули и услуги до края на нейния жизнен цикъл.

Наличието на ремонтни инструкции, илюстрации и фотоси не винаги решава проблема, и често само прецизен 3D CAD реверсивен модел може да стане основа за достоверни технически и технологични решения за производство на резервни компоненти и планиране на операции за тяхното монтиране в машината.

Използвайки последните разработки в областта на сканирането, софтуера и моделиране на продукти и технологични процеси с т.н. „дигитални двойници“, СпейсКАД ООД разработи и успешно валидира високо надежден метод и работен поток прецизно реверсивно моделиране на големи машини – самолети, хеликоптери, бойни машини и друга техника за нуждите на отбраната.

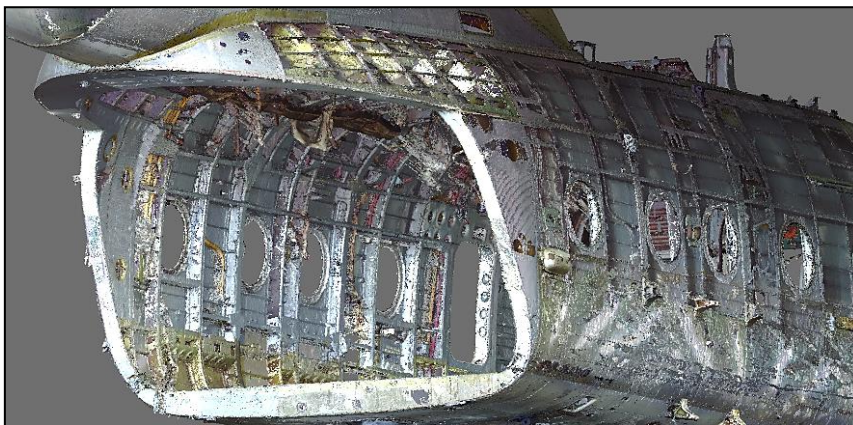
Работният поток се състои от следните взаимно свързани, подредени стъпки:

I. Реверсивно 3D моделиране

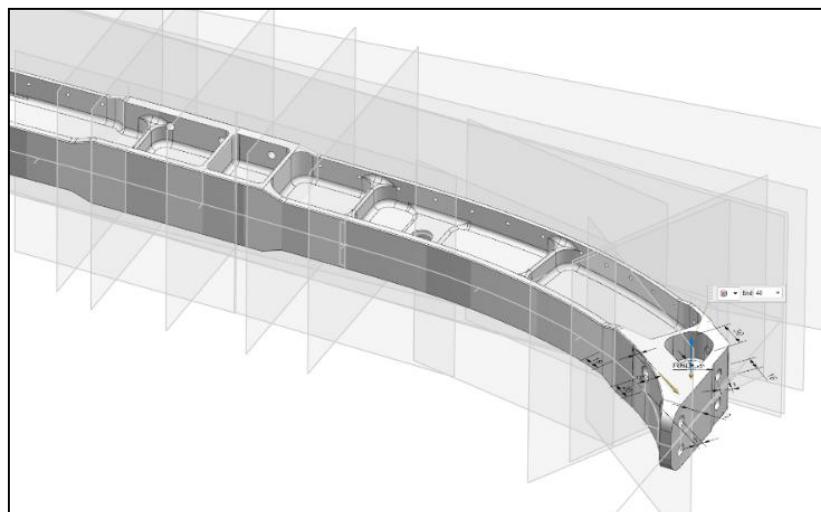
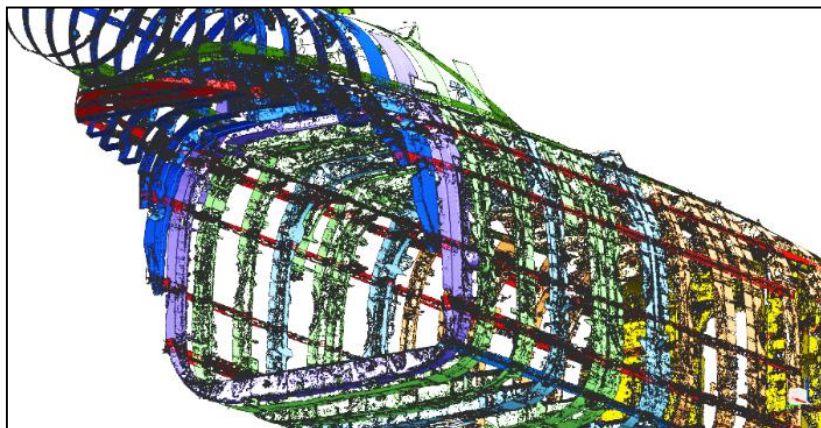
- 1) Планиране на заснемане с лазерен скенер с висока разделителна способност



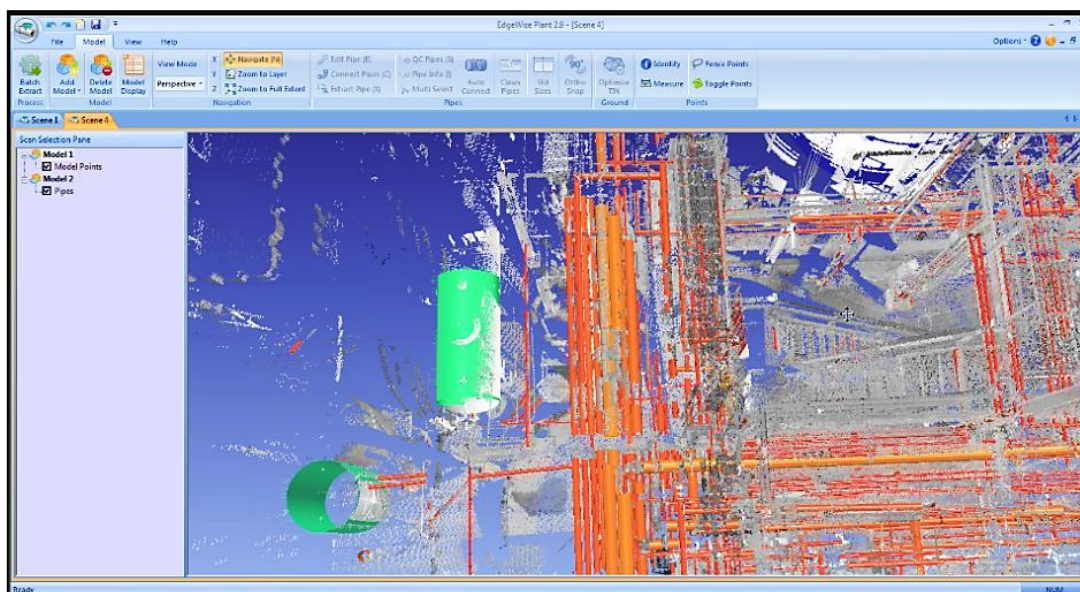
- 2) Лазерно сканиране на обекта от няколко гледни точки за пълно сканиране на зоните на интерес, външно и вътрешно, ако това се налага. Сканирането следва да се извършва с най-високата разделителна способност на сканиращото устройство.



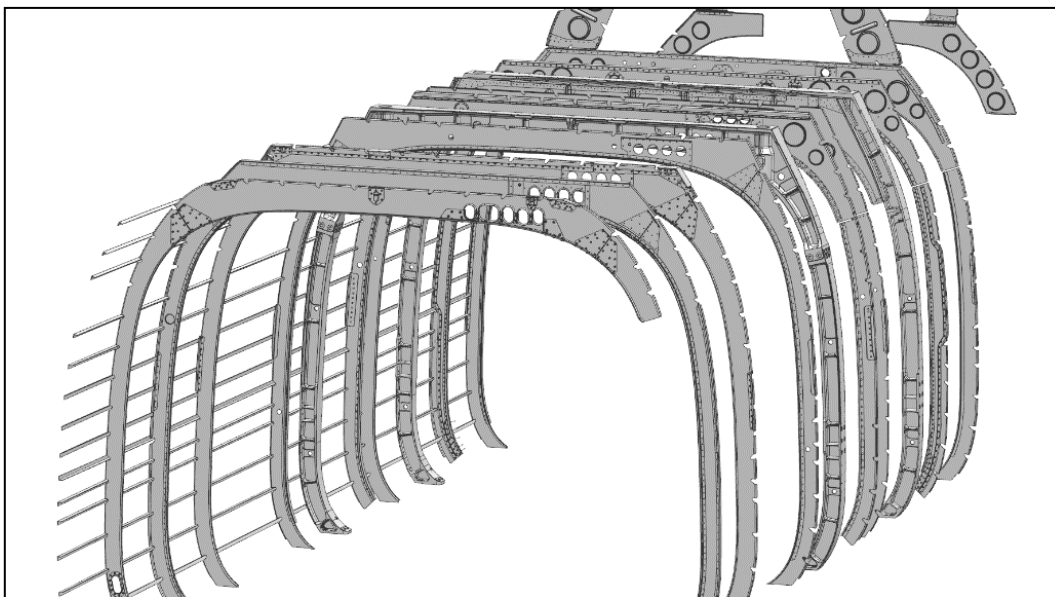
- 3) Обработка на сканираните координати и запис в „облаци“ от точки, подходящи за обработка в компютърна среда
- 4) Паралелна работа в две допълващи се направление – конвенционално и автоматично реверсивно моделиране на детайли, вкл. създаване на обекти атрибути – вкл. материали и характеристики, тръбни класове други
- 5) Конвенционалното реверсивно проектиране се базира на опорни профили, извлечени от полигоналните мрежи в STL модел, генериран автоматично на база облаците от точки. Извлечените опорни скици се използват за моделиране на отделни 3D детайли на дигиталния двойник.



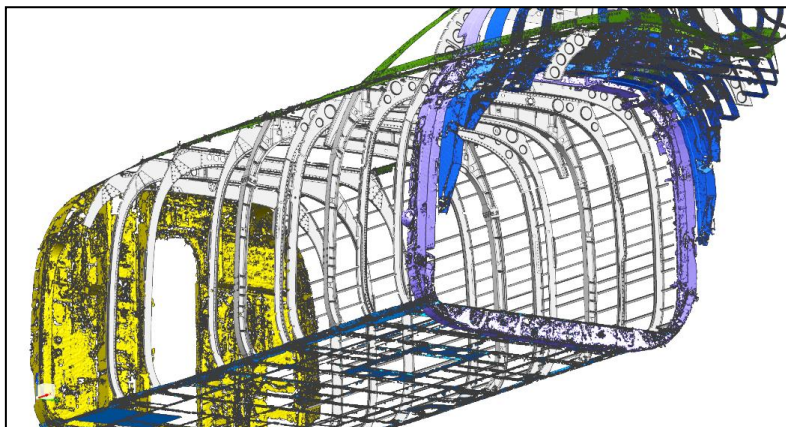
- 6) Там, където това е приложимо, използваме софтуерно автоматизирано разпознаване на детайли с автоматично извличане на тръбни класове. Този клон на работния процес е приложим в моделирането на процесна/химическа, строителни конструкции, вкл. корабни системи и други



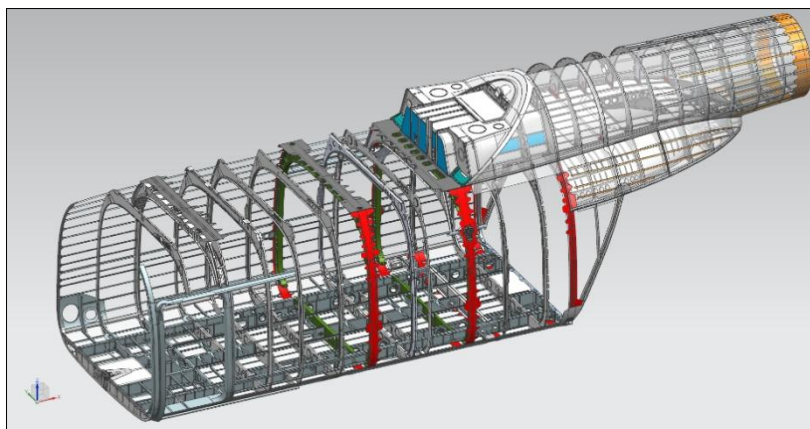
- 7) Асемблиране на дигиталния двойник се извършва в среда за 3D CAD моделиране на сглобени модели, с отчитане на позицията и взаимодействията на всеки детайл с всички свързани детайли в общата конфигурация на продукта.



- 8) Така създаденият дигитален двойник се валидира чрез създаване на хибриден асемблиран модел, включващ опорните облаци от точки, за сравнение на създадената прецизна геометрия, с изходната такава, заснета с лазерния скенер в стъпка 1.

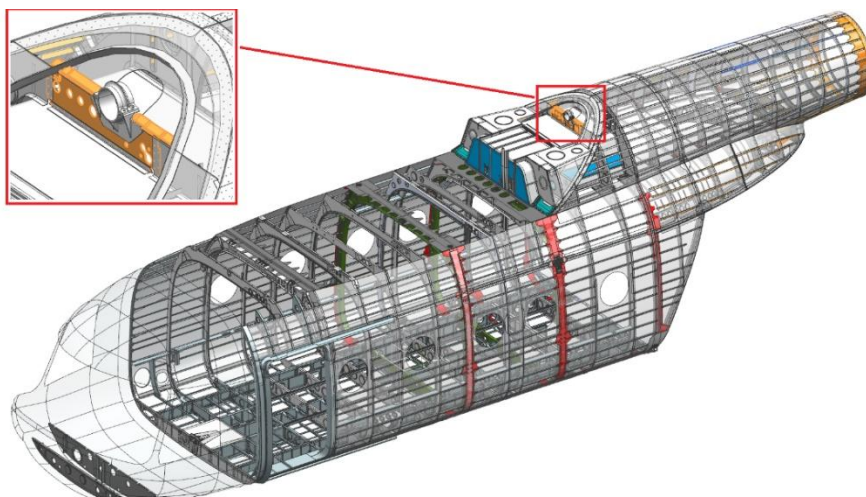


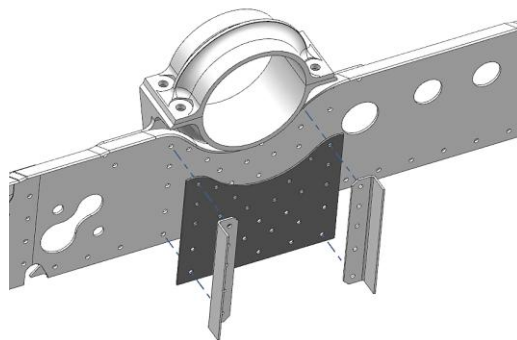
- 9) След валидацията и необходимите корекции (ако се окаже, че има нужда от такива) , Вие разполагате с прецизен, готов за CAE симулации дигитален модел (digital mock-up) на Вашата машина.



II. Симулация за оценка и планиране на ремонтната дейност на ниво отделен възел, изпълнена в Siemens NX Nastran

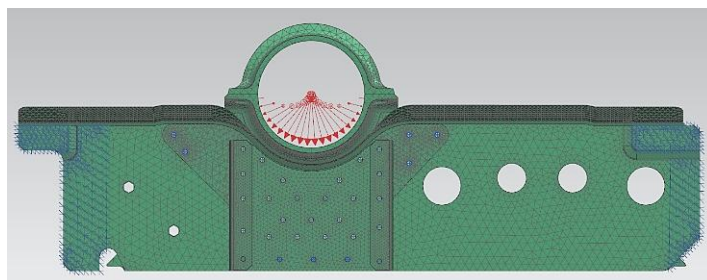
Цел: изследване на промяна в якостните характеристики на Стенка (8AT-0312-003) от Шпангот 12 при ремонтна модификация с добавяне на компонент Ставка





Симулационна постановка:

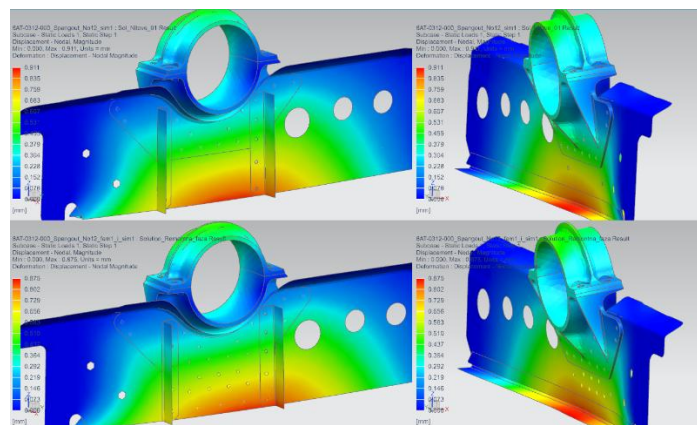
- Сравнение на резултатите при базов вариант на конструкцията на Шпангот 12 (съгласно техническата документация) и при модифициран вариант (съгласно изискванията на ремонтната технологична документация)
- Комплексно работно натоварване
- Степени на свобода – съгласно физическият контакт и разположение на детайлите в Шпангот 12



Фиг.2

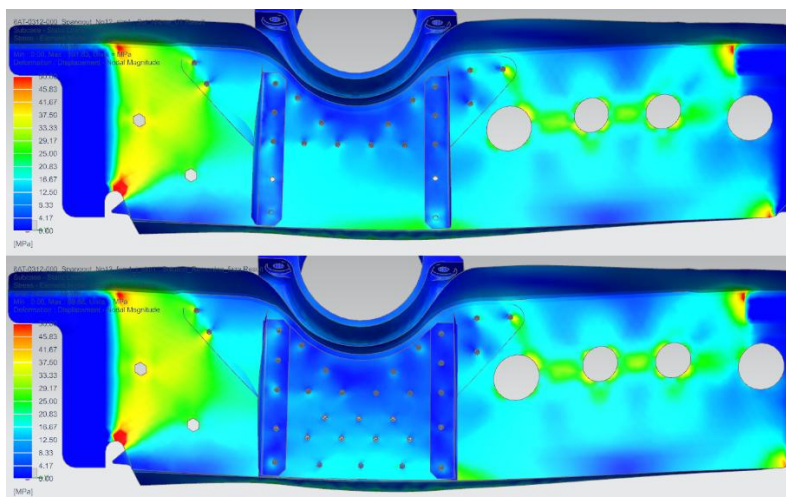
Симулационни резултати

- Деформация – Сравнението на резултатите (Фиг. 3) показва, че общата работна еластична деформация на детайла се повлиява слабо от поставянето на детайл Ставка.
- Разликата в резултатите е по-малка от 5%, което гарантира и възможността Шпангот 12 да поема съответните еластични натоварвания, заложи при проектиране на конструкцията.

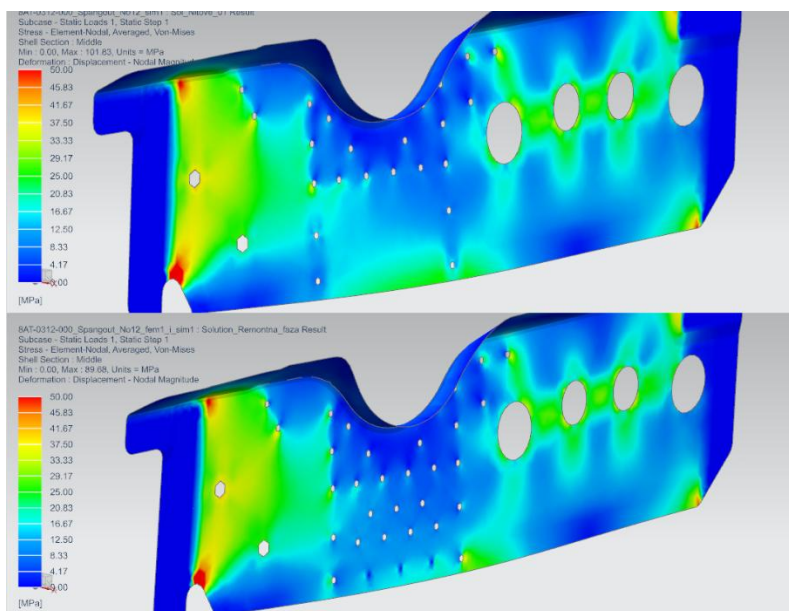


Фиг. 3

- Напрежения – Сравнението на резултатите (Фиг. 4) показва, че максималните стойности на резултантните напрежения в детайла са изнесени вляво и вдясно, далеч от изследваната зона около нитовете.
- Максималните напрежения в зоната на нитовете са около 20% от максималните в критичните зони на детайла.
- Наличието на компонент Ставка променя разпределението на напреженията само в зоната на нитовете (Фиг. 5), вкоравявайки зоната и намалявайки локалните напрежения с около 25%, запазвайки общата еластичност на детайла и възможността му да реагира на натоварванията, както е заложено в конструктивната документация.



Фиг. 4



Фиг. 5

Изводи

- В изследваната зона около нитовете няма опасни критични напрежения, тъй като резултатите показват само около 20% от максималните напрежения в детайла

- Използването на компонент Ставка намалява резултантните напрежения в нитовите с около 25%, дублирайки детайл Стенка, което в комбинация с ограничаване на нарастване на пукнатината ще позволи запазване на локалната якост на детайла
- Използването на компонент Ставка не нарушава конструкторския замисъл едновременно за локална якост и за еластичност на целия детайл Стенка в контекста на Шпангот 12.

III. Симулация за оценка и планиране на ремонтната дейност на групи възли и целият асемблиран модел, изпълнена в SimSolid

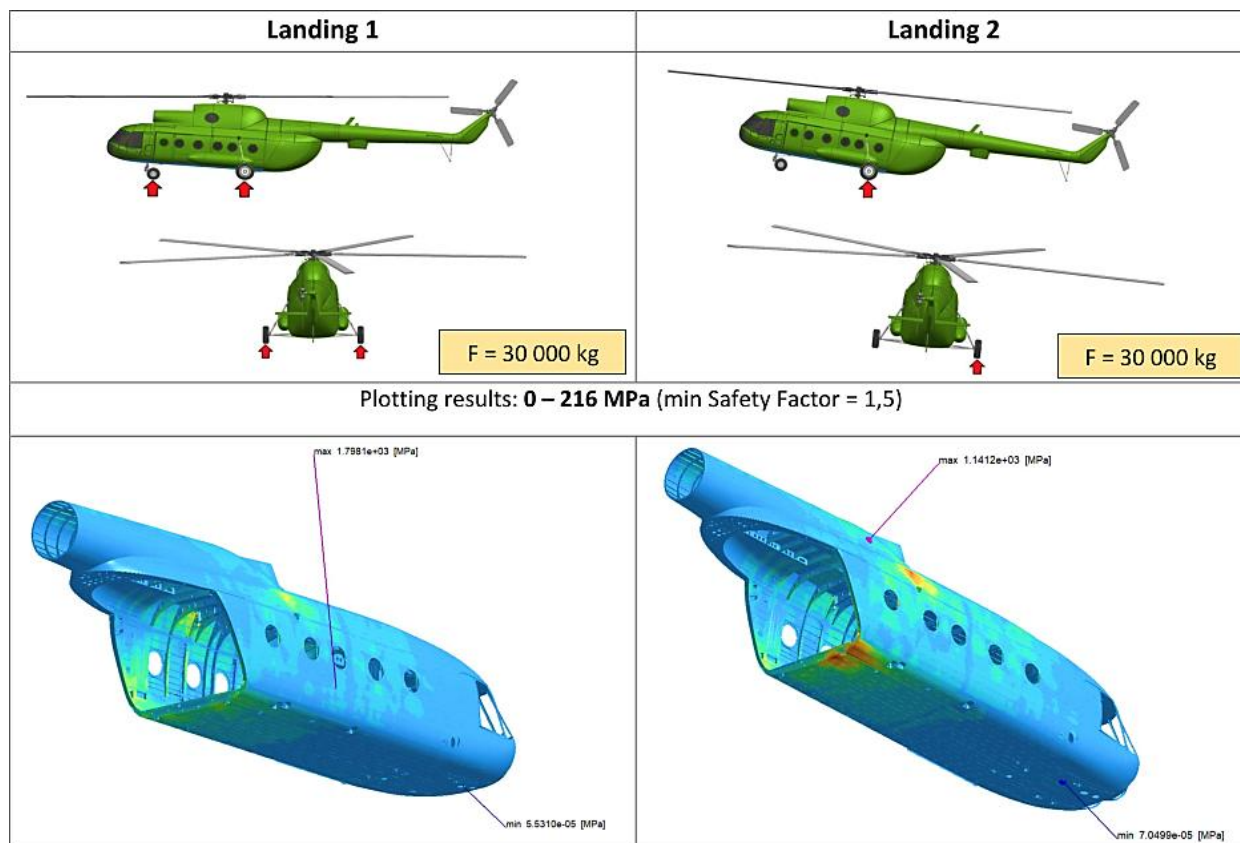
Цел: Изследване на пределните деформации в напълно асемблирания модел (над 5,500 отделни детайли) с цел определяне на допустимите натоварвания по секции и в цялата конструкция.

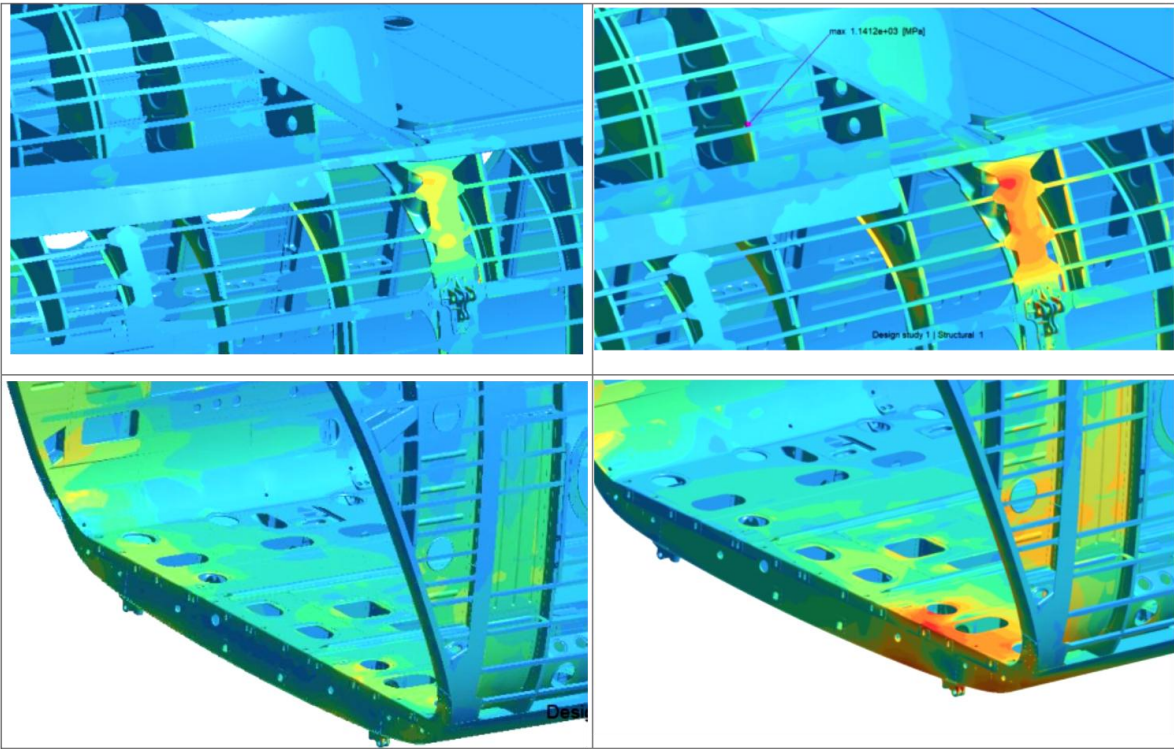
Асемблираният модел бе прехвърлен за тази задача в **Altair SimSolid**. Прехвърлянето беше нужно предвид много големия и комплексен 3D модел, изискващ голяма компютърна изчислителна мощност и много дълго време за изчисляване на симулацията при използване на NX Nastran, работещ по метод на крайните елементи.

Altair SimSolid, използващ революционна технология за безмрежова симулация, позволи изпълнението на всички задачи с нормални компютърни ресурси и в рамките на кратък период от време.

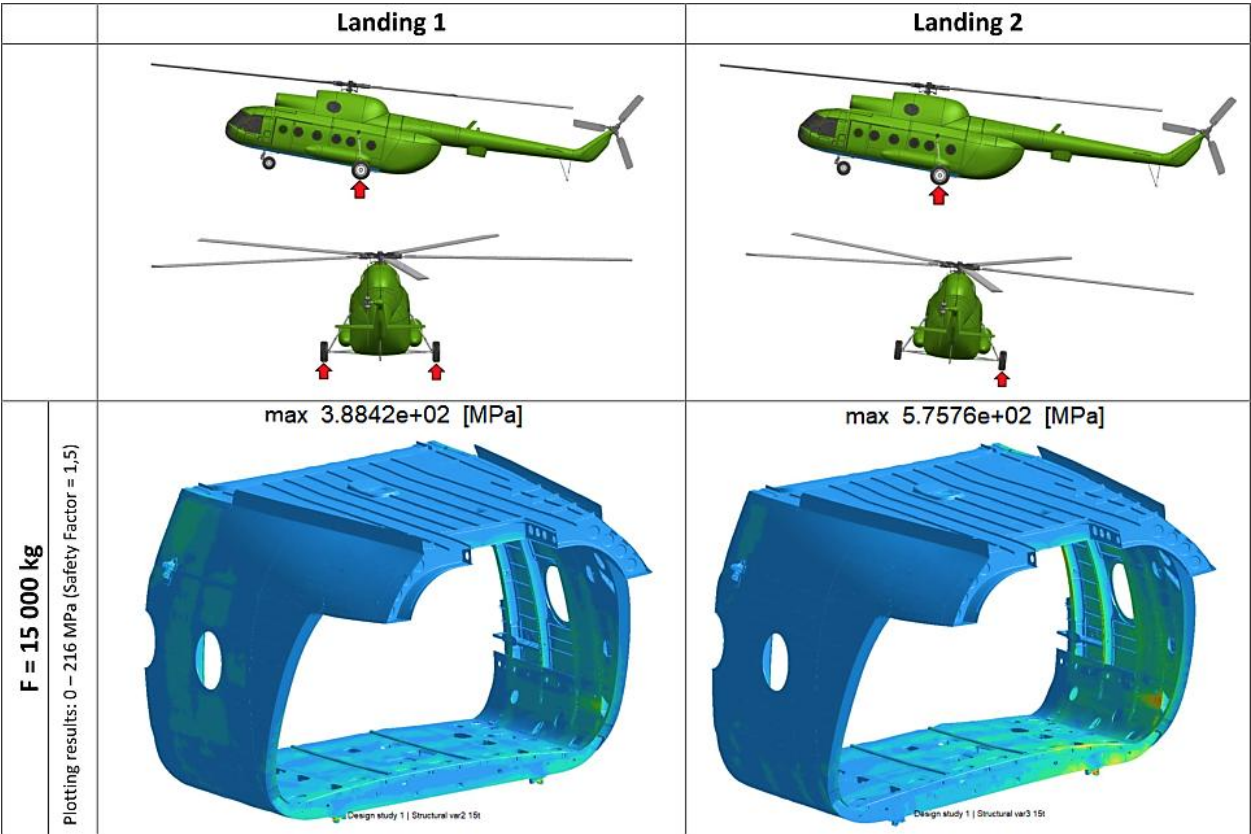
Симулационни резултати:

- Напрежения при кацане общ това 30 тона

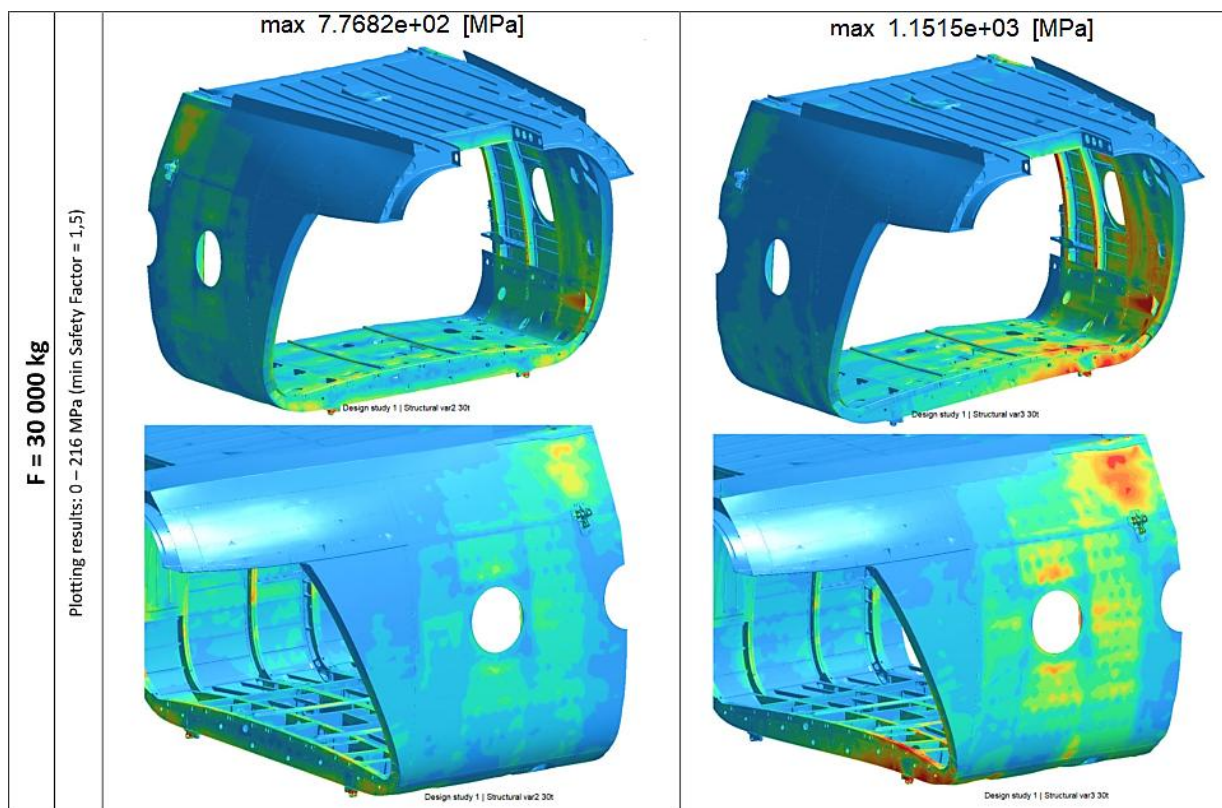




- Напрежения в централна секция при сила 15 тона



- Напрежения в централна секция с товар 30 тона



Altair SimSolid за структурни симулации на асемблирания модел

Използването на Altair SimSolid за симулация на целия точен асемблиран дигитален модел на хеликоптер МИЛ МИ-8 позволи на ремонтната организация изпълнението на пред-ремонтна подготовка чрез бърз анализ за точно установяване на:

- Засегнатите от щети области
- Дълбочина щетите и взаимно въздействие в отделни зони
- Оптимална стратегия за ремонт по области – детайли за замяна и/или детайли за ремонт

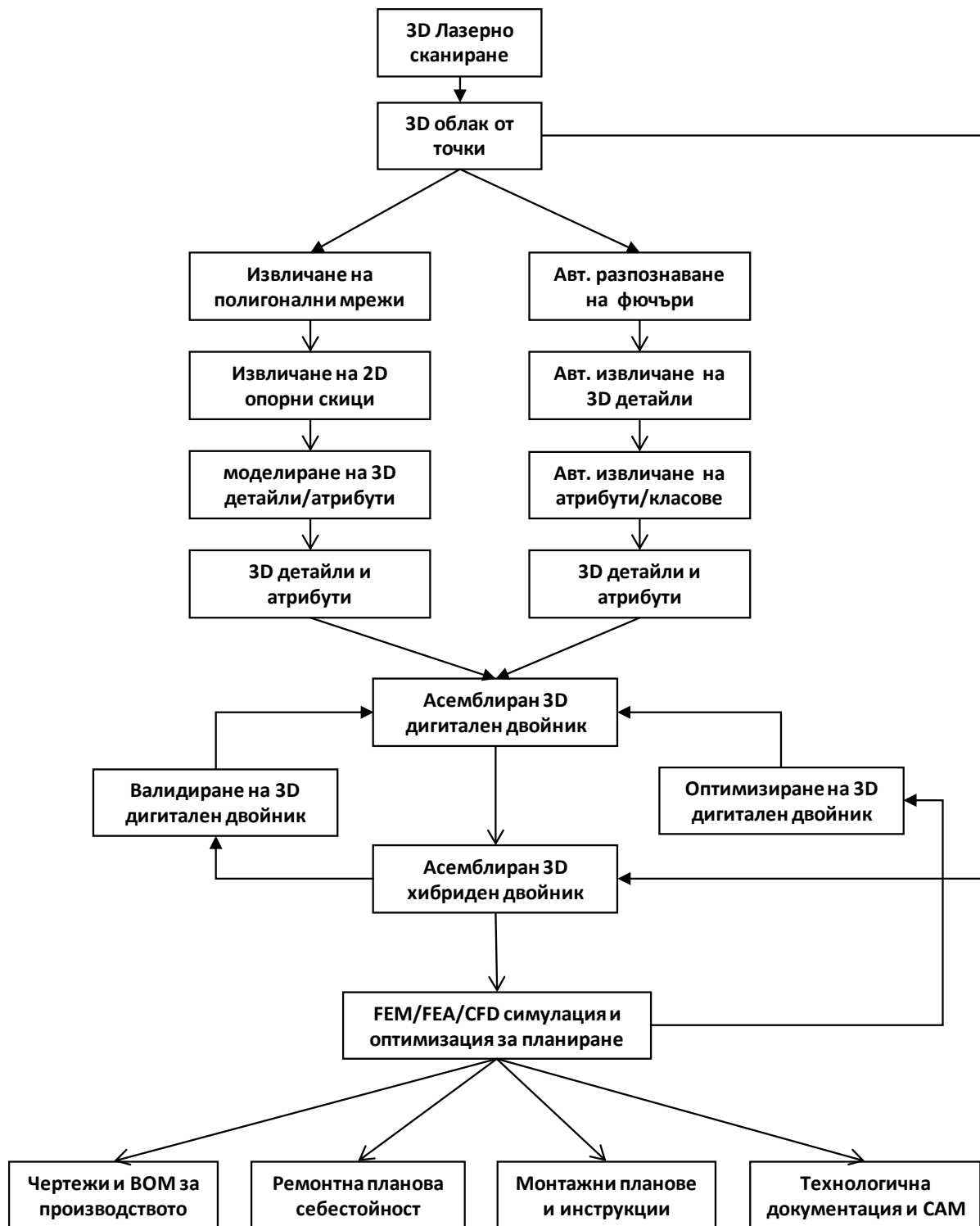
В резултат на тези симулации и анализ, ремонтната организация може да предложи значителни предимства при планирането и изпълнението на ремонта на МИЛ МИ-8:

- По-кратко време за изпълнение на ремонта
- По-ниска цена/стойност на ремонта
- По-висока печалба от ремонтната дейност
- По-висока надеждност на използваните в ремонта компоненти.

Така разработената методика и дигиталния двойник на хеликоптера бяха представени пред експерти на [производителя - ОКБ МИЛ](#).

Точността на дигиталния двойник, използваните методи и софтуер, и накрая постигнатите резултати бяха приети от експертите на производителя, и на тази основа бе препоръчано използването на тази методика за оценка и планиране на ремонтната дейност на хеликоптерите. В заключение, този подход дава директни предимства – по-кратко време за ремонт, и по-ниска ремонтна себестойност.

Постъпково реверсивно моделиране за ремонт на големи машини – типичен работен поток



Използвани софтуерни продукти:

- [Siemens Solid Edge](#) за реверсивно моделиране на детайли
- [Siemens NX](#) за асемблиране на сборен модел и FEM/FEA симулации
- [Altair SimSolid](#) за структурна симулация на ниво продукт