

Кухтов В.Г.<sup>1</sup>,  
Щербак О.В.<sup>2</sup>,  
Суминов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный  
технический университет  
сельского хозяйства

имени Петра Василенка,  
г. Харьков, Украина

<sup>2</sup> Харьковский национальный  
автомобильно-дорожный  
университет,  
г. Харьков, Украина

РАСЧЕТ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
НЕСУЩИХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
МАШИН В NCODE DESIGNLIFE

УДК 621.869

*Уточнена методика расчета усталостной долговечности несущей системы технологических машин, построенных на базе шарнирного шасси. Исследованы нагрузки с учетом динамических нагрузок. Используя современный расчетный комплекс ANSYS nCode DesignLife выполнен анализ усталостной долговечности несущей системы фронтального погрузчика.*

**Ключевые слова:** усталостная долговечность, шарнирное шасси, динамические нагрузки, фронтальный погрузчик, метод конечных элементов.

**Постановка проблемы.** При разработке новых технологических машин на базе серийно выпускаемых тракторов возникает проблема обеспечения должной прочности их основных узлов, одним из которых является несущая система, являющая одной из главных составных частей машины. Для обеспечения конкурентоспособности с зарубежными машинами на стадии проектирования необходимо проводить дополнительные исследования и проводить конструктивные доработки. С целью сокращения затрат и сроков проектирования, а также сокращения дорогостоящих экспериментальных исследований, необходимо использовать современные расчетные методы, которые в настоящее время используются по ряду причин не в полном объеме. Одним из таких методов является расчет усталостной долговечности в расчетном комплексе nCode DesignLife.

**Цель исследования.** Используя современные расчетные комплексы усовершенствовать методику проектирования несущих систем технологических машин, проектируемых на базе промышленных и сельскохозяйственных тракторов с шарнирной рамой.

**Анализ исследований.** Решению данной проблемы было посвящено ряд работ, в работе [1] разработаны методы создания имитационных моделей и расчета несущих систем и их элементов в рамках системного подхода применительно к многовариантным исследованиям при статическом и динамическом нагружении с различной степенью структурирования (в том числе рам, корпусов и картерных деталей, их стенок, фланцев, резьбовых соединений, трансмиссий). Моделирования и расчета кабин, кузовов, дисков колес, навесных устройств, моделирования связи вертикальных перемещений при имитации ее движения по неровностям дороги и изменений крутящего момента в трансмиссии. В качестве основного объекта исследований выбрано семейство тракторов МТЗ и их несущая система, а также несущие системы и картерные детали автомобилей ЗИЛ, КРАЗ, КАМАЗ, ВАЗ и АЗЛК.

В работе [2] был создан единый методологический подход в теории, методах, алгоритмах и программном обеспечении расчетов на прочность для повышения точности анализа напряженного состояния и оценок прочности конструкций и его реализация в исследованиях высоконагруженных несущих систем гусеничных и колесных тракторов.

Обоснованы режимы нагружения и детализированы расчетные модели несущих систем промышленных тракторов Т-3, Т-170 с подробным отражением конструктивных

особенностей рам тракторов, корпусов трансмиссии, рам тележек гусениц, деталей навесной и ходовой систем, болтовых соединений.

Проведенный обзор показал, что исследования динамических нагрузок несущих систем шарнирных машин проводились не в достаточном объеме особенно шарнирных бульдозеров и погрузчиков.

Методика оценки усталостной долговечности несущих систем.

*ANSYS nCode DesignLife*. Программный продукт ANSYS nCode DesignLife [3] представляет собой профессиональный инструмент для расчета усталостной долговечности и объединяет в себе профессиональные инструменты для обработки результатов численного моделирования и усталостных характеристик конструкций.

Широкие возможности nCode DesignLife по расчету усталостной долговечности в зависимости от уровня напряжений и деформаций позволяют в том числе решать задачи точечной и шовной сварки, заклепочных соединений, применяемых в несущих системах технологических машин.

Программный продукт nCode DesignLife может работать как в независимом режиме, в котором пользователь самостоятельно готовит схему проекта, так и в режиме интеграции с расчетной платформой ANSYS Workbench. В режиме интеграции в окне ANSYS Workbench появляются соответствующие дополнительные расчетные шаблоны, при использовании которых настройка проекта внутри nCode DesignLife происходит автоматически. В рамках данной интеграции в разделе Engineering Data доступно большое количество материалов из базы данных nCode DesignLife, содержащих усталостные характеристики материала. При работе с nCode DesignLife в режиме интеграции с ANSYS Workbench также появляется возможность создавать параметрическую модель и решать задачу оптимизации конструкции, например, с позиций увеличения срока службы. Все это обеспечивает простоту применения расчетных средств для анализа усталостной долговечности пользователями ANSYS.

В nCode DesignLife реализованы возможности расчета многоциклового, малоциклового и вибрационной усталости. Продукт дает возможность моделировать не только воздействие от одной нагрузки, но и составлять сложные циклы нагружения, которые соответствуют реальным режимам работы изделия. Важным преимуществом данного продукта является возможность учета большого количества факторов, имеющих сильное влияние на предельный срок службы конструкции. Зачастую основной целью расчета на сопротивление усталостному разрушению является установление предельного срока службы изделия при заданных условиях нагружения. Подобные задачи встают при расчете усталостной долговечности двигателей внутреннего сгорания, железнодорожных подвижных составов и других конструкций, где присутствует очень большое количество и разнообразие циклов нагружения.

Для таких задач в nCode DesignLife реализована возможность нахождения запасов прочности по критерию Dang Van, предназначенного для предсказания предельного срока службы конструкции, испытывающей сложное, разноплановое нагружение.

*Расчет рамы фронтального погрузчика*. Проведем расчет рамы погрузчика с учетом динамических нагрузок в программе ANSYS 18.2. Для этого создадим новый файл и импортируем раму из SolidWorks в ANSYS. Приложим горизонтальные и вертикальные нагрузки со стороны рабочего оборудования (рис.1).

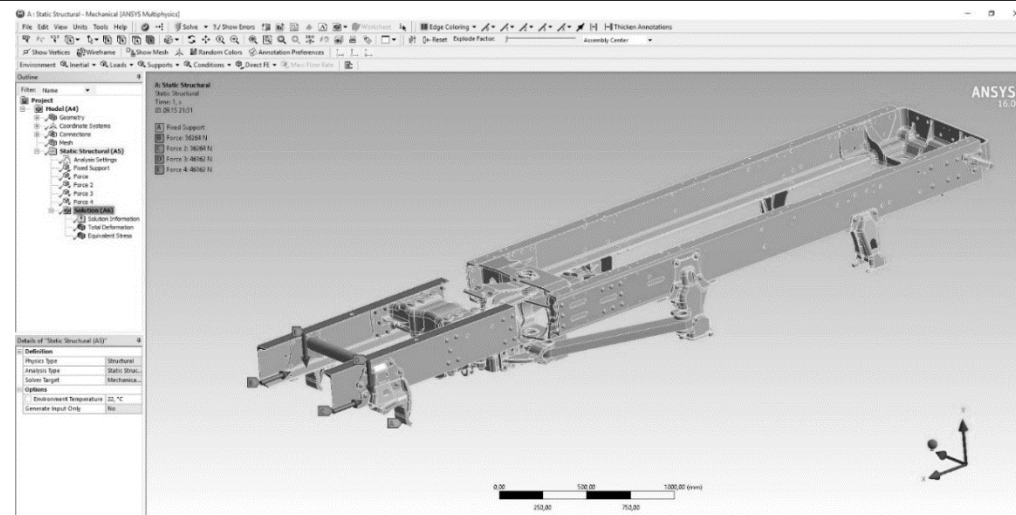


Рис. 1 – Горизонтальные и вертикальные нагрузки, действующие на раму со стороны рабочего оборудования  
 Следующим шагом необходимо выполнить прочностные расчеты (рис.2, 3).

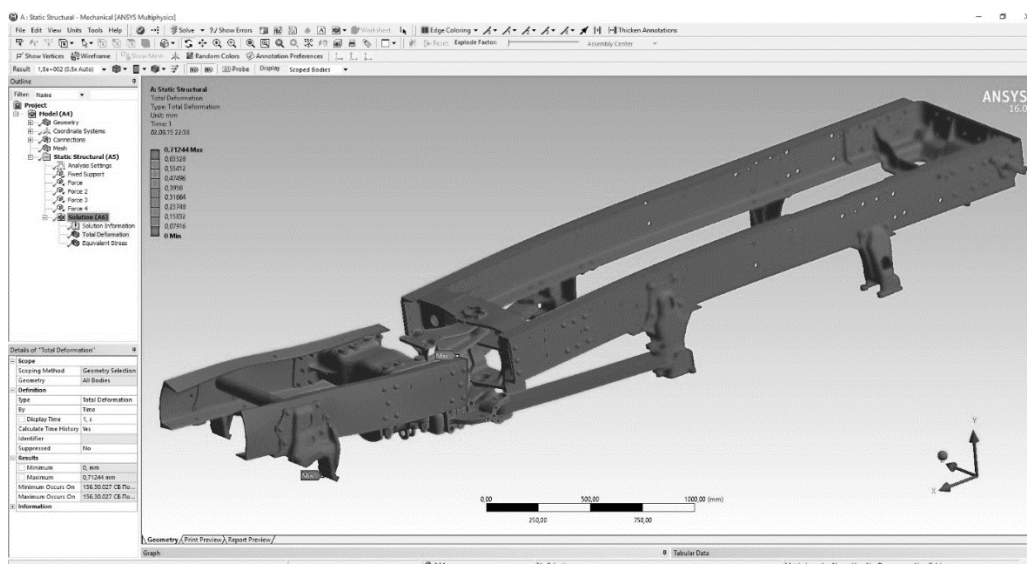


Рис. 2. – Деформация рамы

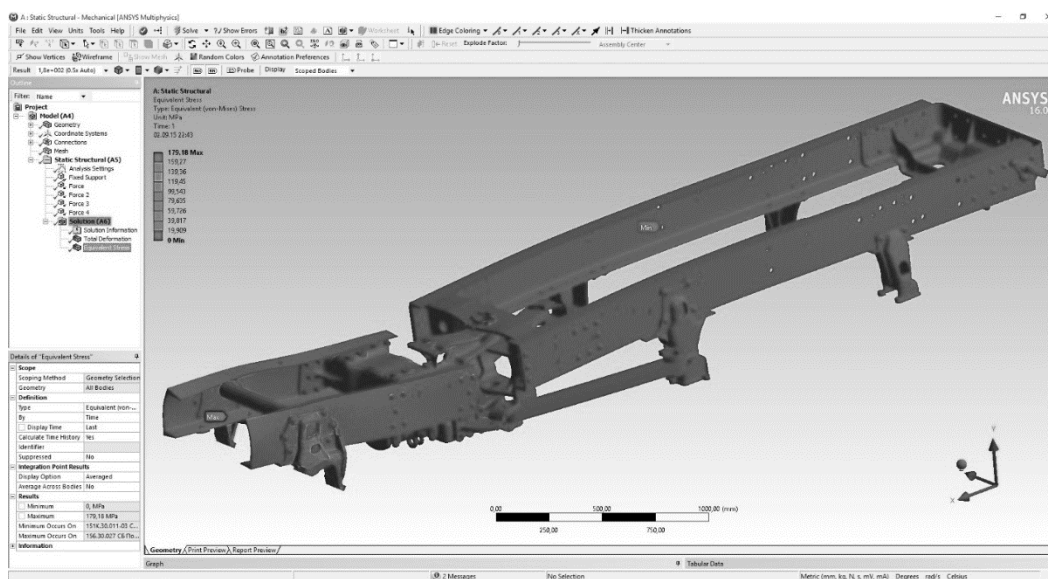


Рис 3. – Действующие напряжения

Как видно из рис. 2 и 3, наибольшие деформации приходятся на шарнирное со-  
 членение и на узел крепления переднего моста.

Далее используя предварительные результаты расчета проведем расчет на уста-  
 лостную долговечность рамы в программе nCode Design Life (рис.4).

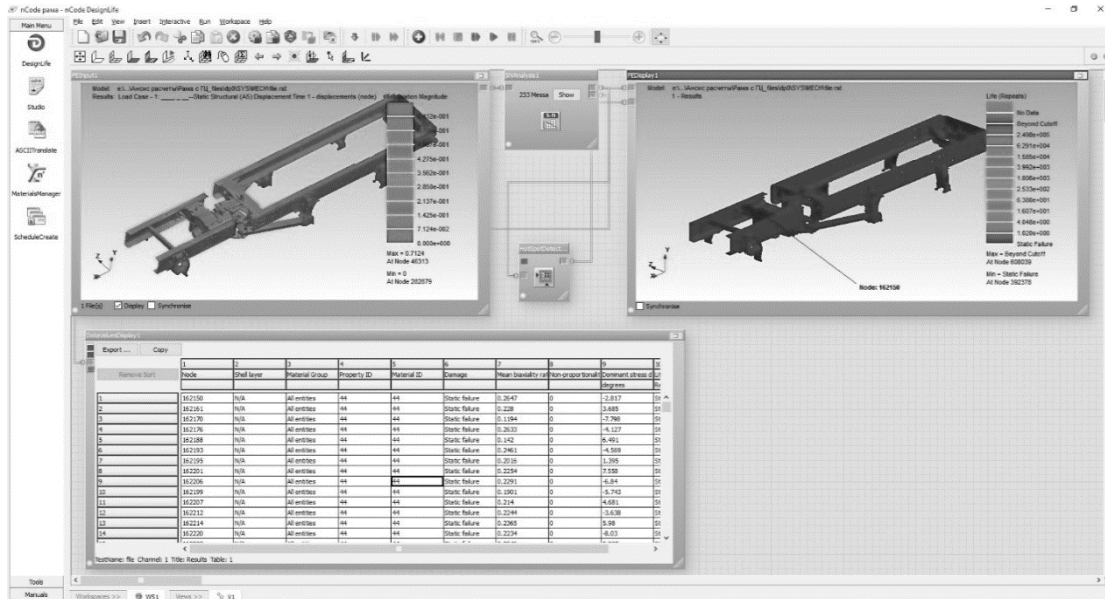


Рис 4 – Расчет усталостной долговечности рамы погрузчика.

Согласно таблице результатов, в раме находятся 215 точек, которые испытывают  
 нагрузки, которые могут с течением времени привести к разрушениям. С помощью мо-  
 дуля Hot Spot Detection найдем 10 самых критических точек (рис.5), в которых с тече-  
 нием времени будет разрушение.

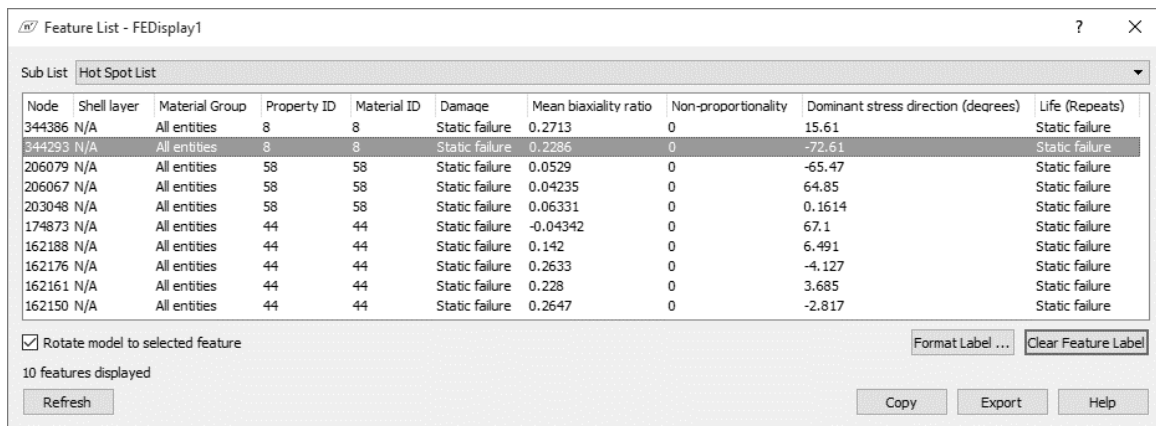


Рис. 5 – 10 наиболее критических точек разрушения рамы

На рис. 6 – 10 показаны места разрушения. Как видно из рисунков это корпус  
 вертикального шарнира, труба горизонтального шарнира и места установки рабочего  
 оборудования на раму.

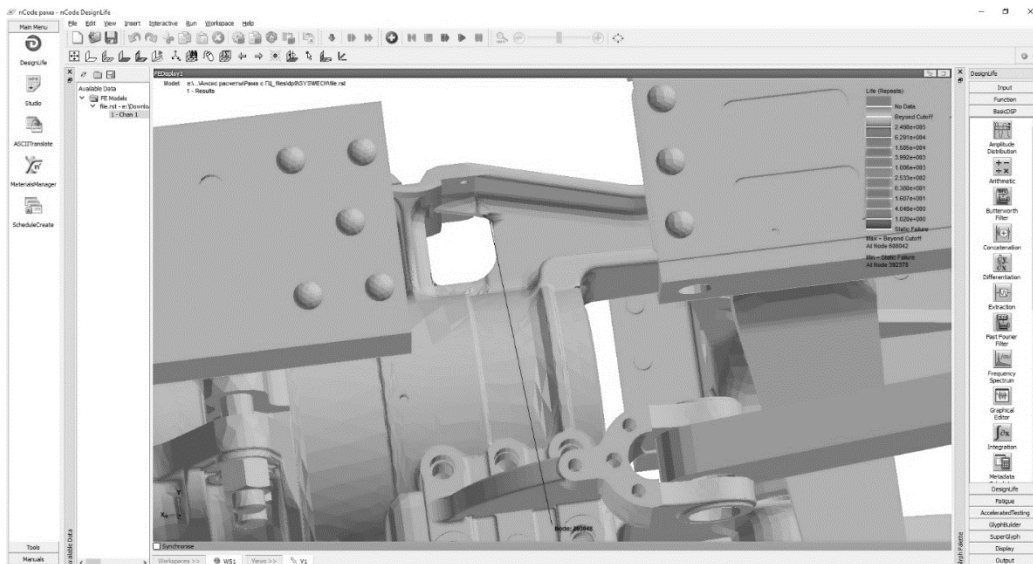


Рис 6 – Разрушение верхней петли вертикального шарнира

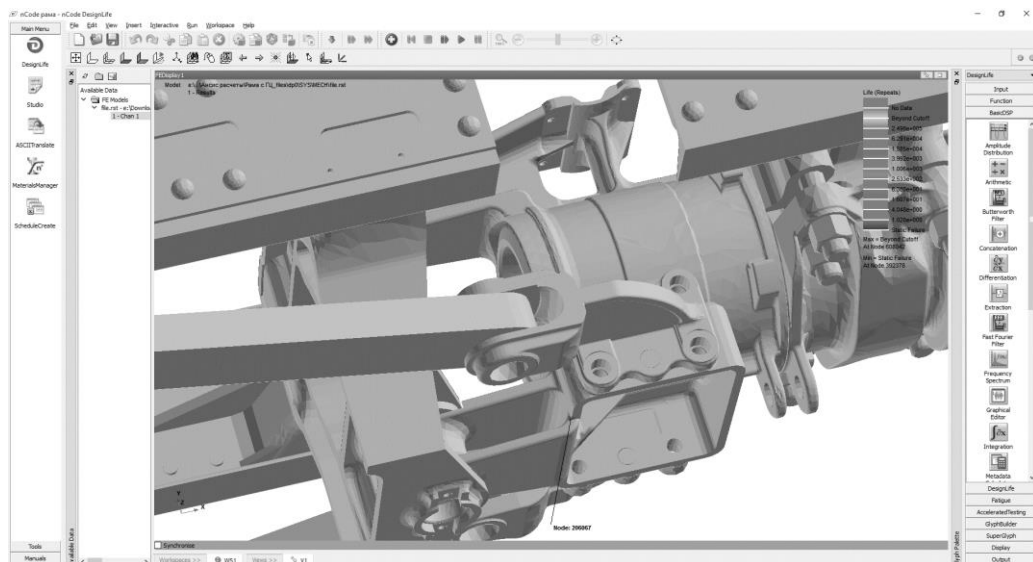


Рис 7 – Разрушение нижней петли вертикального шарнира с правой стороны

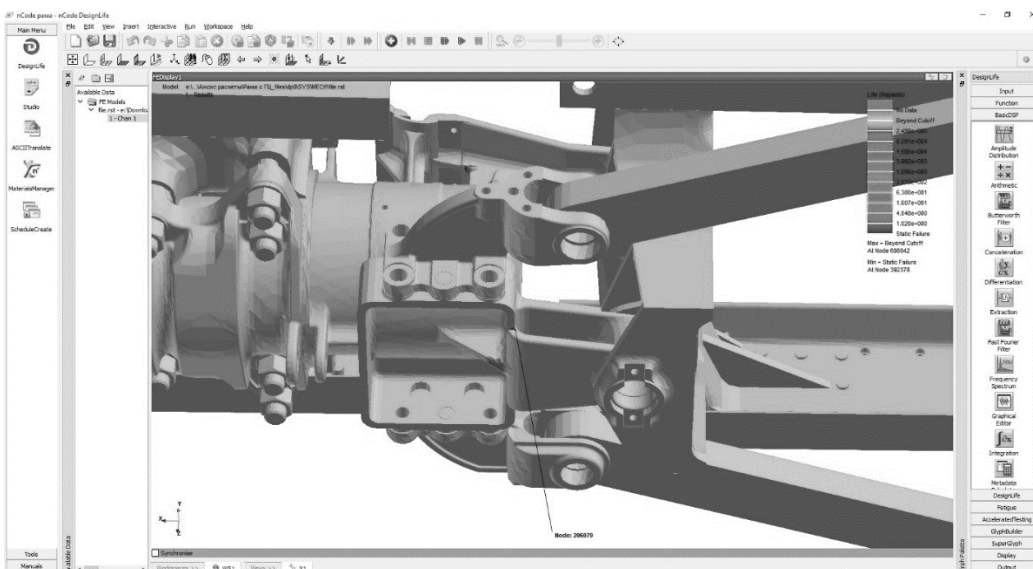


Рис 8 – Разрушение нижней петли вертикального шарнира с левой стороны

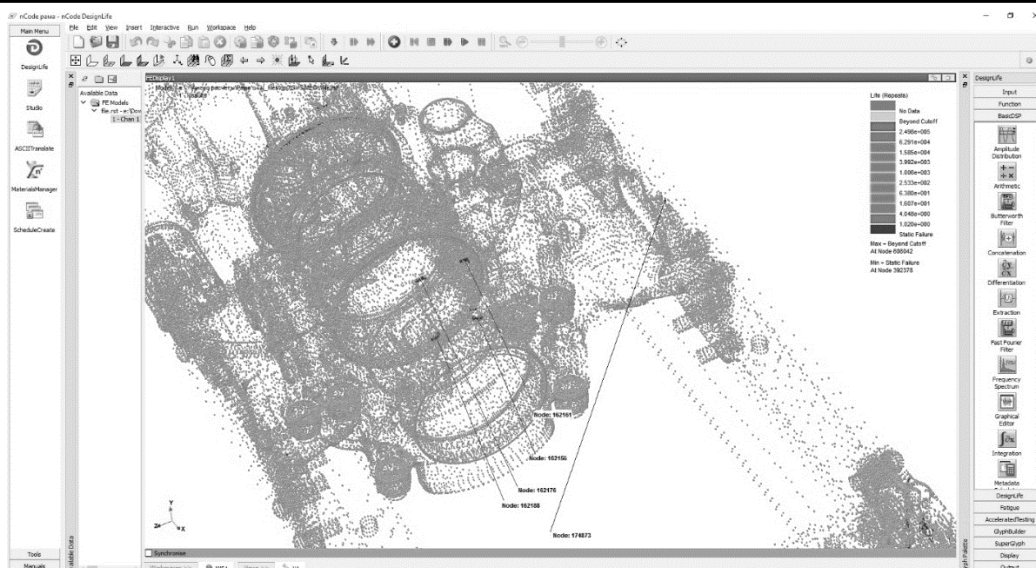


Рис 9 – Разрушение внутри трубы вертикального шарнира

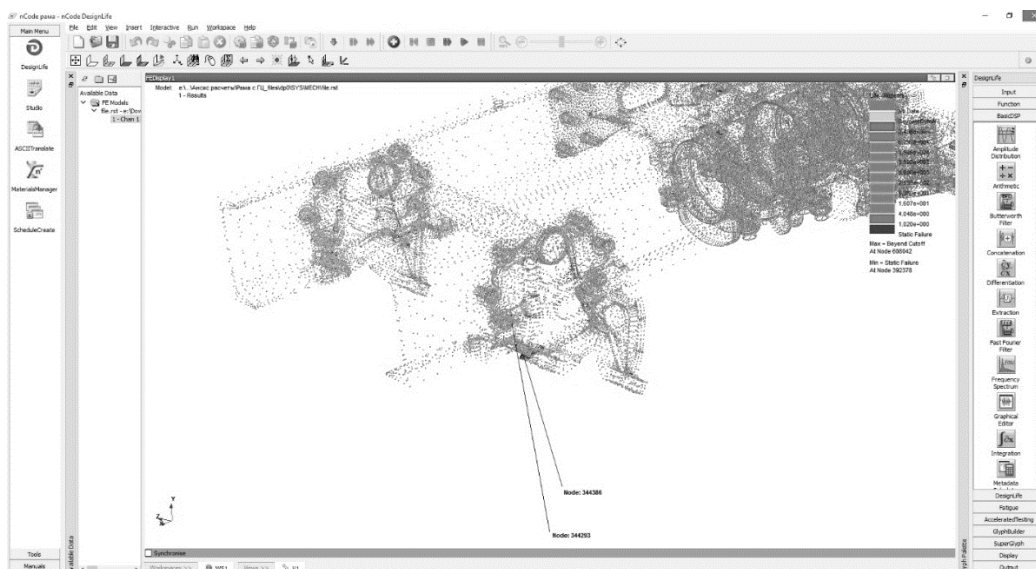


Рис 10 – Разрушение крепления переднего моста погрузчика

**Выводы.** Как показали результаты моделирования рабочего цикла фронтального погрузчика в программе nCode Design Life имеются опасные места, которые подтверждены результатами эксплуатации погрузчика, в связи с чем необходимо усовершенствовать методику расчета с учетом динамических нагрузок которые приводят к разрушениям элементов несущей системы. Поэтому при проектировании специальной техники на базе шарнирного трактора необходимо учитывать динамику нагружения и выполнять конструктивную модернизацию новых конструкций рам.

### Литература:

1. Зузов В.Н. Разработка методов создания несущих систем колесных машин с оптимальными параметрами: Дис. д-ра техн. наук: 05.05.03.-Москва, 2002.-347 с.
2. Русанов О.А. Расчетный анализ напряженного состояния и оценка прочности несущих систем тракторов: Дис. д-ра техн. наук: 05.05.03.-Москва, 2009 .-253 с.
3. [Электронный ресурс]. URL <https://www.cadfem-cis.ru/products/ncode/designlife/> (Дата обращения: 22.02.2018).

### Summary

**Khuhtov V., Shcherbak O., Suminov A.** Calculation of fatal durability of carrier systems of technological machines in nCode DesignLife

*The methodology for calculating the fatigue life of a carrier system of technological machines based on a hinged chassis is specified. Loads are analyzed with allowance for dynamic loads. Using the modern design complex ANSYS nCode DesignLife, the fatigue life of the load-bearing system of the front loader*

**Keywords:** *fatigue life, hinged chassis, dynamic loads, front loader, finite element method.*

### References

1. Zuzov V.N. Razrabotka metodov sozdaniya nesushih sistem kolesnyh mashin s optimalnymi parametrami: Dis. d-ra tehn. nauk: 05.05.03.-Moskva, 2002.-347 s.
2. Rusanov O.A. Raschetnyj analiz napryazhennogo sostoyaniya i ochenka prochnosti nesushih sistem traktorov: Dis. d-ra tehn. nauk: 05.05.03.-Moskva, 2009 .-253 s.
3. [Elektronnyj resurs]. URL <https://www.cadfem-cis.ru/products/ncode/designlife/> (Data obrasheniya: 22.02.2018).