

MODELLING OF COMBINE-HARVESTER KNIFES DESTRUCTION AT HITTING OF AN EXTRANEIOUS SUBJECT IN A WORKING ZONE

Summary

The usage of package LS-DYNA for the analysis of emergency consequences - a metal core hitting in a working zone of a combine-harvester is considered.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ НОЖЕЙ КОМБАЙНА ПРИ ПОПАДАНИИ В РАБОЧУЮ ЗОНУ ПОСТОРОННЕГО ПРЕДМЕТА

Резюме

Рассматривается использование пакета LS-DYNA для анализа последствий аварийной ситуации – попадания металлического стержня в рабочую зону кормоуборочного комбайна.

Современные сельскохозяйственные машины являются высокопроизводительной и дорогостоящей техникой. Поломка ответственных деталей, особенно рабочих органов, приводит к простоям в незапланированном ремонте и значительным убыткам. Наиболее часто в кормоуборочном комбайне поломке подвержены ножи измельчающего аппарата.

Ножи в процессе уборки работают в сложных условиях, испытывая воздействие абразивной массы, механические и ударные нагрузки. Для обеспечения надлежащей работы для их изготовления материал должен обладать не только достаточной прочностью и пластичностью, но и высоким сопротивлением изнашиванию и ударному воздействию.

В настоящее время расчет прочности изделий по существующим зависимостям даже при использовании современных математических пакетов не может обеспечить конкурентоспособность в скорости и экономичности проектирования. Основной тенденцией развития современных компьютерных технологий проектирования является использование CAE-систем, позволяющих смоделировать процесс при контактном взаимодействии всех исследуемых деталей. При этом можно провести оценку различных свойств конструкции при различных режимах работы.

Моделирование работы измельчающего аппарата проводилось средствами пакета LS-DYNA, установленного на суперкомпьютере СКИФ К1000М [2] в ОИПИ НАН Беларуси.

При исследовании использована геометрическая модель аппарата измельчителя комбайна (рисунок 1), разработанная специалистами конструкторско-исследовательского отдела динамики, прочности, аналитической надежности РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» [1]. Модель состоит из корпуса барабана, и 44 ножей измельчителя, расположенных в четыре ряда по 11 ножей в каждом. Нож измельчителя крепится к барабану при помощи кронштейна, прижима и двух болтов.

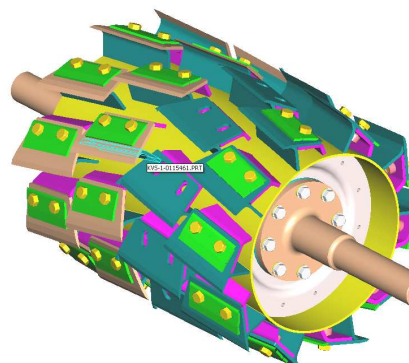


Рисунок 1. Барабан измельчителя комбайна
Fig. 1. Chopping cylinder of the combine-harvester

Упрощенная конечно-элементная модель, адаптированная для расчетов в пакете LS-DYNA, представлена на рисунке 2. Модель состоит из барабана измельчителя и одного узла крепления ножа измельчителя. Для учета инерционных характеристик остальных ножей, последние заменены элементами сосредоточенной массы, приложенными к центрам тяжести ножей. Такая модель позволяет уменьшить затраты машинного времени при расчетах.

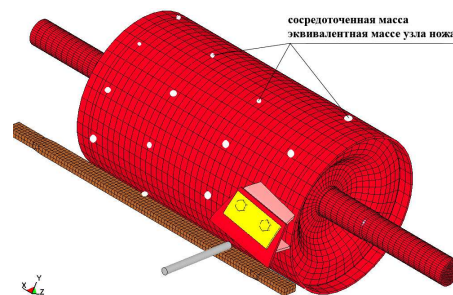


Рисунок 2. Конечно-элементная модель аппарата измельчителя
Fig. 2. Finite element model of the chopping device

Неподвижное расположение кронштейна относительно барабана задается командой *CONSTRAINED_RIGID_BODIES [3].

Нагрузка, прикладываемая к барабану измельчителя, реализуется на валу в виде крутящего момента, задаваемого картой *LOAD_NODE_SET. Частота вращения барабана задается картой *BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID.

Для проведения виртуальных испытаний, в соответствии с условиями натурных испытаний, в рабочую зону измельчающего аппарата подается металлический стержень из стали 35 $\phi 12$ мм и длиной 82 мм. Для задания параметров материала стального стержня использовалась модель упруго-пластичного материала с разрушением:

```
*MAT_PLASTIC_KINEMATIC
$# mid ro e pr sigy etan beta
   1 7.828E-6 206.0 0.30 0.315 1.075 0.0
$# src srp fs vp
   0.0 0.0 0.20 0
```

где: mid – уникальный номер материала; ρ_0 – плотность стали; e – модуль упругости; ν – коэффициент Пуассона; σ_y – предел текучести; ϵ_{tan} – касательный модуль; f_s – относительная деформация при разрушении.

Для материала ножа использовалась так же модель *MAT_PLASTIC_KINEMATIC с входными параметрами, соответствующими используемой марке стали с заданным видом термообработки. Для учета изменений свойств материала ножа при термообработке нож разбивается на несколько частей, каждая из которых имитирует слой с определенными свойствами. Каждый такой слой записывается в виде отдельной части с собственной картой материала. Сетки всех частей ножа объединяются в единый твердотельный объект.

На рисунке 3 показаны промежуточные кадры выполнения моделирования попадания металлического стержня в рабочую зону измельчающего аппарата.

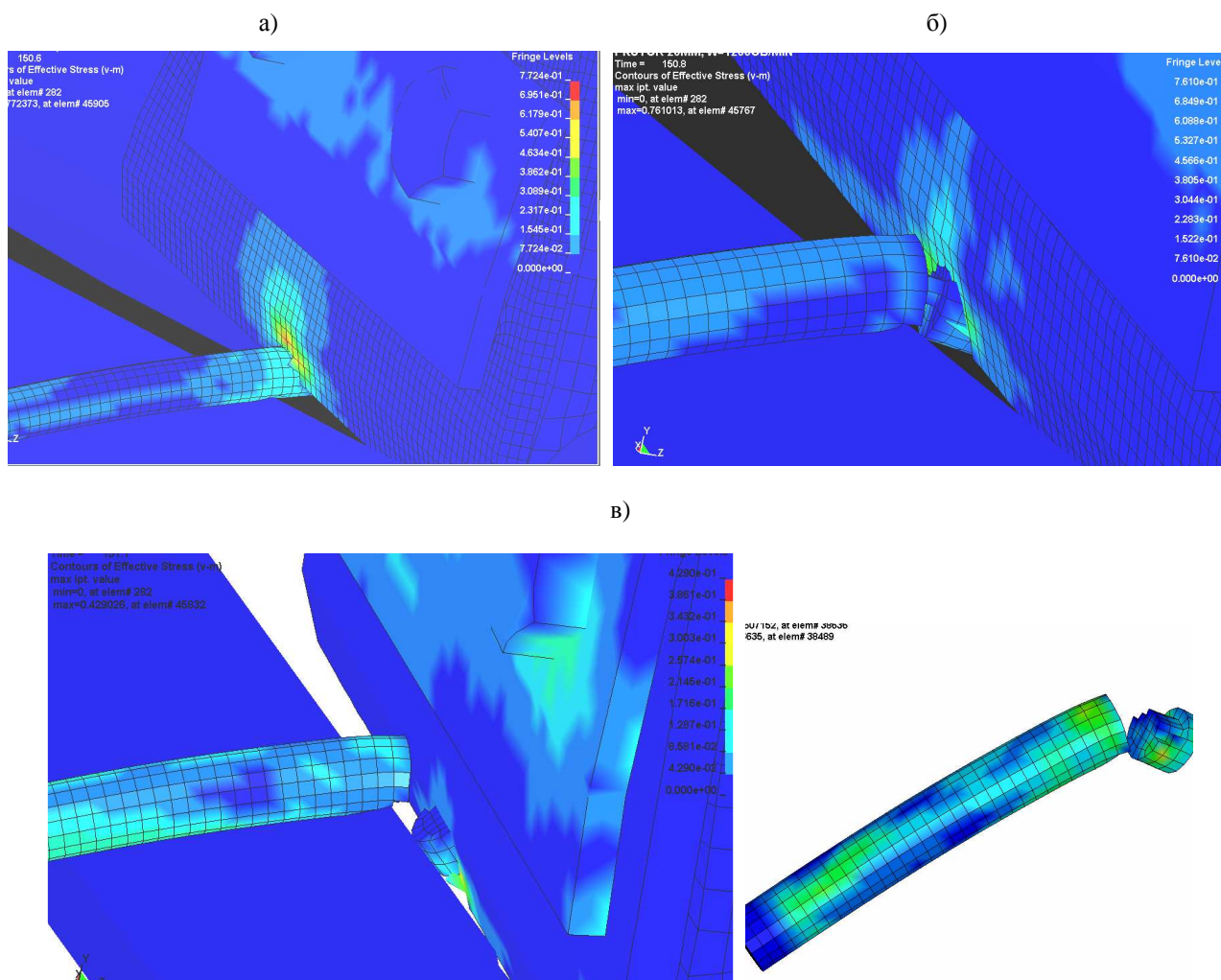


Рисунок 3. Разрушение стержня $\phi 12$ ножом измельчителя: а) начало разрушения; б) состояние через 2мс в) излом стержня

Fig. 3. Destruction of rod $\phi 12$ mm by the grinder's knife: a) start of destruction; b) state in 2ms c) break of the rod

Из рисунка 3 видно, что металлический стержень перерубается ножом аппарата измельчителя. При этом происходит локальное разрушение ножа. На рисунке 4 показаны результаты моделирования и результаты натурных испытаний, проведенных специалистами Гомсельмаш. Характер разрушения при натурных испытаниях и моделировании схож, места разрушений несколько отличаются из-за того, что при моделировании и проведении натурных испытаний контакт ножа с металлическим стержнем произошел в разных местах.

При моделировании попадания в рабочую зону аппарата измельчителя металлического стержня $\phi 20$ мм установлено, что он не перерубается ножом. При этом разрушение пластины ножа больше чем в случае с

металлическим стержнем $\phi 12$ мм. Характер распределения напряжений указывает на вероятность возникновения трещины (рисунок 5). На рисунке 5 представлено сравнение результатов моделирования в пакете LS-DYNA и результатов проведения натурных испытаний для стержня $\phi 20$ мм.

В ходе выполнения виртуального моделирования попадания в рабочую зону измельчителя металлического стержня было исследовано влияние параметром материала ножа на степень его разрушения. Установлено, что наибольшее разрушение получили ножи измельчителя, изготовленные из углеродистой стали обыкновенного качества. Ножи из стали 50, 65Г и 40Г2 не разрушились (таблица 1).

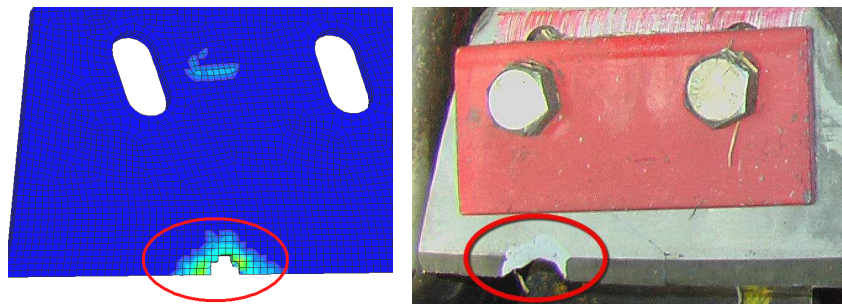


Рисунок 4. Разрушение лезвия ножа металлическим стержнем
Fig. 4. Knife destruction by a rod iron

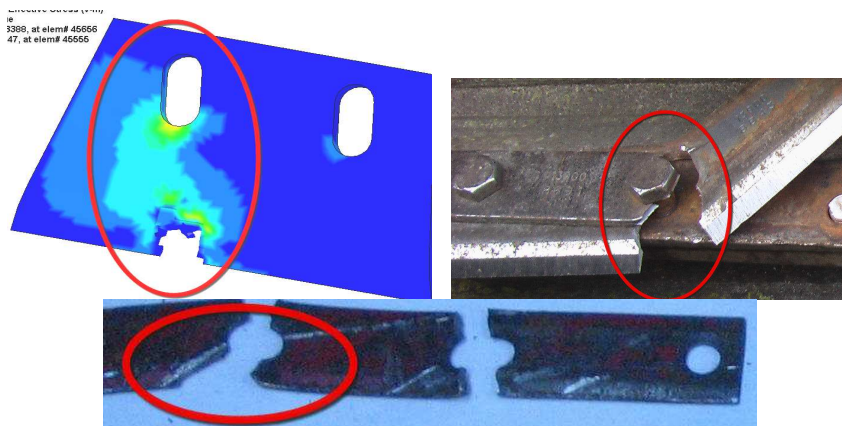


Рисунок 5. Разрушение лезвия ножа металлическим стержнем $\phi 20$ мм
Fig. 5. Knife blade destruction by the iron rod $\phi 20$ mm

Таблица 1. Параметры материалов ножей измельчителя
Table 1. Materials parameters of grinder's knives

Марка стали	Вид термообработки	Механические свойства	
		Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа
50	Локальная закалка лезвия ножа	640	830
65Г	Объемная термообработка или закалка ТВЧ лезвия ножа	690	880
40Г2	Объемная термообработка	780	1050

Литература

- [1] Пигенко, В. А. Применение современных компьютерных технологий при проектировании сельскохозяйственной техники// В. А. Пигенко, А. Н. Вырский, Ю. В. Чупрынин/ «Сельскохозяйственные машины для уборки зерновых культур, кормов и корнеклубнеплодов. Состояние, тенденции и направления развития» Сб. трудов ГСКБ. Гомель, 2007.- С.168-175.
- [2] Абламейко С. В. Суперкомпьютерные конфигурации СКИФ. – Минск: Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси.–2005.-170с.
- [3] LS-DYNA. Keywords User's Manual. Version – 971. – 2005. – LSTC. – 1862 p.