

УДК 622.232.72

В.Г. Нечепаев, докт. техн. наук, проф.

С.Ю. Харламов, студент

Донецкий национальный технический университет

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КОРПУСА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ТИПА КСП-32

Разработана модель и выполнен анализ объемного напряженного состояния базовой корпусной детали системы привода исполнительного органа проходческих комбайнов типа КСП-32.

Проходческий комбайн, исполнительный орган, корпус, напряженно-деформированное состояние, моделирование, анализ

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Современные высокоэнерговооруженные проходческие комбайны с исполнительными органами избирательного действия (к которым относятся комбайны типа КСП-32) при работе в сложных горно-геологических условиях подвергаются значительным динамическим нагрузкам. Это определяет высокий уровень нагрузки их базовых корпусных деталей, в первую очередь, корпуса исполнительного органа. Характерными конструктивными особенностями этой корпусной детали является сложная пространственная конфигурация, значительные габариты и масса, наличие большого количества сварных соединений.

Основные критерии качества таких деталей: прочность и долговечность; минимально потребная металлоемкость; технологичность конструкции, обеспечивающая минимальные затраты на изготовление.

Перечисленный комплекс свойств обеспечивается, как правило, использованием методов оптимального проектирования, основанных, в первую очередь, на установлении и анализе пространственного напряженно-деформированного состояния объекта исследования.

Анализ исследований и публикаций.

Применение традиционных методов расчета сварных конструкций с использованием высоких значений коэффициентов запаса прочности и оценкой характеристик сопротивления усталости деталей по результатам испытаний стандартных образцов материалов с типичными концентраторами напряжений или уменьшенных моделей деталей для сложных конструкций приводит к значительным по-

грешностям при прогнозировании ресурса конструкций, излишней металлоемкости и преждевременным отказам [1].

Постановка задачи.

Для обеспечения приемлемой точности анализа пространственного напряженно-деформированного состояния (НДС) корпуса исполнительного органа комбайнов типа КСП-32 предлагается предусмотреть следующие основные этапы его выполнения:

- анализ типичных режимов нагружения и выявление режимов, при которых уровень НДС деталей может достигать опасных величин, на основе опыта эксплуатации и экспериментальных исследований.

- обоснование расчетных схем, отражающих взаимодействие системы привода исполнительного органа с другими основными системами комбайна при опасных режимах нагружения.

- разработка конечно-элементных моделей с максимально возможным учетом особенностей геометрии конструкции, ожидаемого уровня градиентов напряжений и контактного взаимодействия деталей;

- оценка уровня НДС конструкций с помощью алгоритмов и программ универсального программного комплекса метода конечных элементов (МКЭ).

- определение коэффициентов запаса прочности для высоконапряженных областей конструкции. Выявление областей, в которых расчетные значения коэффициентов запаса прочности меньше нормативных.

- обоснование рекомендаций по совершенствованию конструкций методом вычислительного эксперимента с оценкой НДС нескольких предложенных вариантов на основе конечно-элементного моделирования.

Изложение материала и результаты.

На рис.1. представлен общий вид исполнительного органа комбайна КСП-35 совместно с деталью “корпус внешний исполнительного органа”. Из рисунка видно, что деталь “корпус внешний исполнительного органа” выполняет функцию базирующего элемента для приводного блока (системы «исполнительный орган – редуктор - электродвигатель исполнительного органа»). Схема сил, действующих на приводной блок, представлена на рис.2а. На рисунке приняты следующие обозначения:

F_x, F_z – проекции на соответствующие оси принятой системы

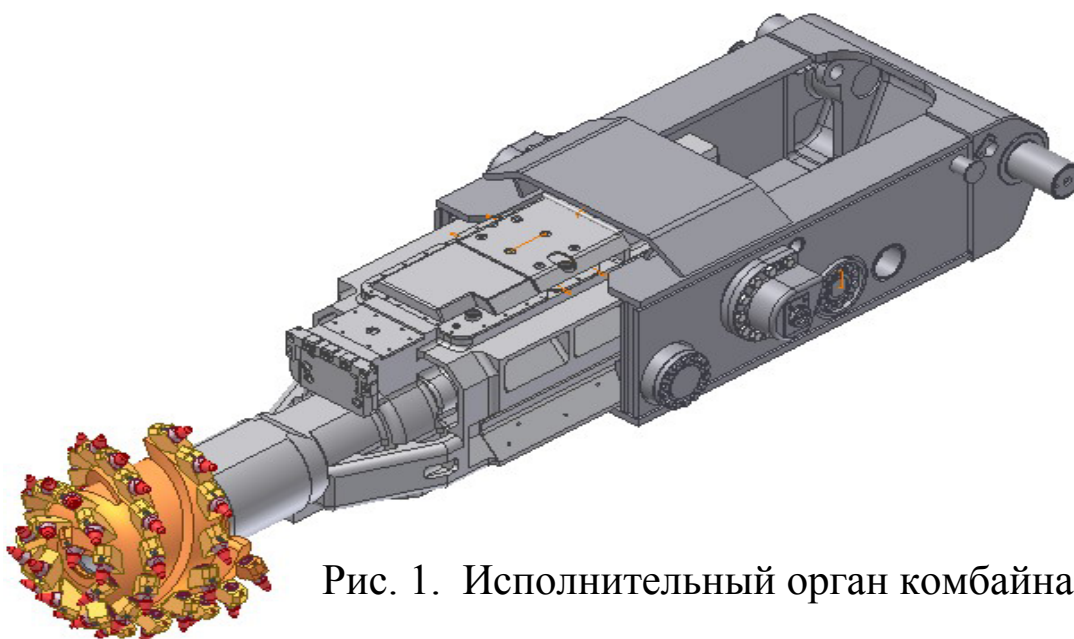


Рис. 1. Исполнительный орган комбайна КСП-35

координат результирующего вектора сил реакции забоя;

M – момент сил реакции забоя относительно оси Y .

На деталь «корпус внешний исполнительного органа» со стороны приводного блока действуют опорные реакции, которые приложены к четырем опорам, выполненным в виде треугольных призм (рис.2б). Верхняя и нижняя опорные поверхности каждой призмы расположены под углом 45° к горизонтальной плоскости. Для определения опорных реакций необходимо рассмотреть равновесие приводного блока под действием приложенных к нему сил: реакции раз-

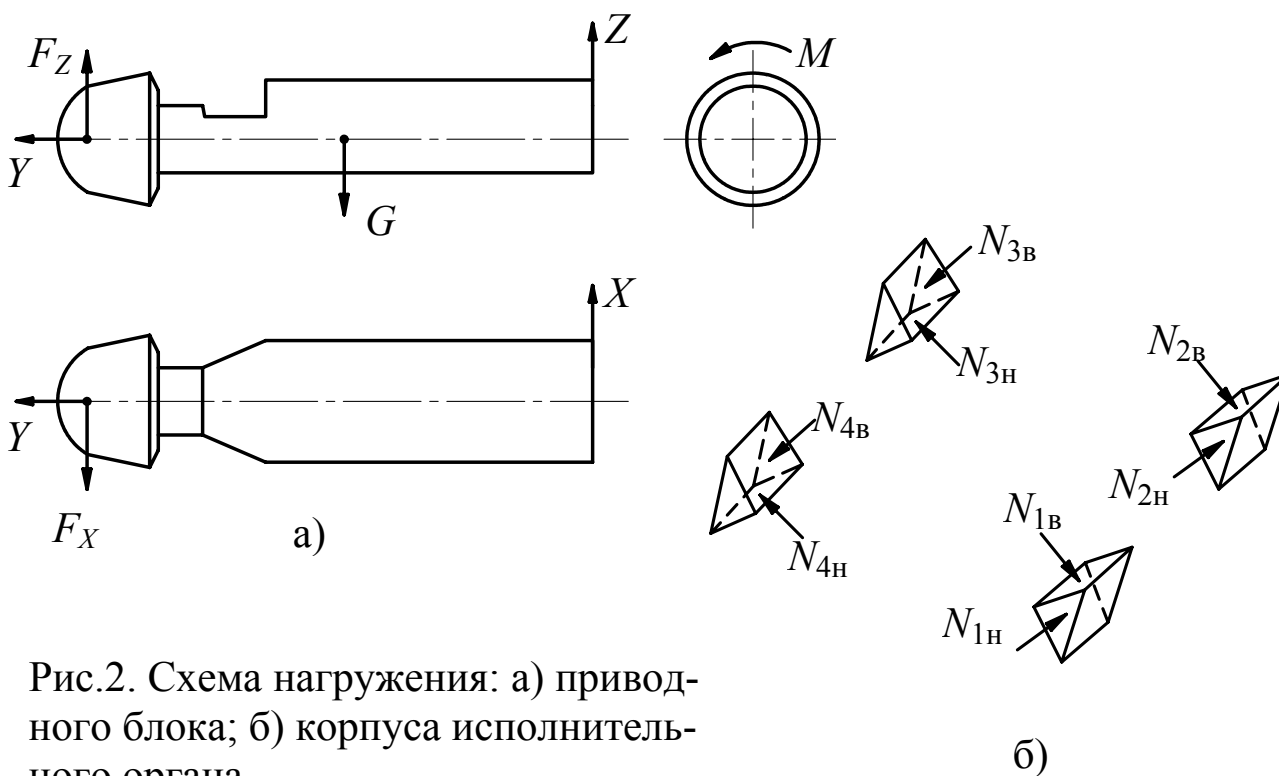


Рис.2. Схема нагружения: а) приводного блока; б) корпуса исполнительного органа

рушаемого исполнительным органом массива, силы тяжести и опорных реакций в направляющих.

При этом принимаются следующие общепринятые для решения подобных задач допущения [2]:

- не учитывается трение на опорных поверхностях, поэтому реакции опор считаются направленными по нормали к поверхности;
- реакции рассматриваются как сосредоточенные силы, приложенные к геометрическому центру опорной поверхности;
- не учитывается осевая составляющая нагрузки на исполнительном органе;
- коэффициент жесткости всех опор принят одинаковым, приводной блок рассматривается как абсолютно жесткое тело;
- не учитывается действующий на статор электромагнитный момент приводного двигателя (ввиду небольшого его значения по сравнению с моментом нагрузки на исполнительном органе);
- не учитываются силы инерции, то есть решается статическая задача.

Результаты расчетов, выполненных в соответствие с изложенными подходами (применительно к значениям нагрузки, соответствующим срабатыванию предохранительных клапанов гидродомкратов поворота и подъема исполнительного органа), представлены в табл.1,2 [2,3,4].

Полученные значения нагрузок приняты в качестве исходных данных для анализа напряженного состояния детали «корпус внешний исполнительного органа» в представительных режимах работы комбайнов КСП-35 и КСП-32.

Таблица 1. Составляющие вектора внешней нагрузки на исполнительном органе

Обозначение	Комбайн КСП-35				КСП-32
	Горизонтальный рез		Вертикальный рез		Горизонтальный рез попутное фрезерование
	попутное фрезерование	встречное фрезерование	попутное фрезерование	встречное фрезерование	
M , кНм	50	112	44	100	54
F_x , кН	-115	-290	65	260	-122
F_z , кН	-62	-103	-110	-84	-68

Таблица 2. Значения усилий, действующие на опорные поверхности детали «корпус внешний исполнительного органа», 10^5 Н

Обоз- на- чение	Комбайн КСП-35				КСП-32
	Горизонтальный рез		Вертикальный рез		Гориз. рез попутное фрезеро- вание
	попутное фрезерова- ние	встречное фрезерова- ние	попутное фрезерова- ние	встречное фрезерова- ние	
$N_{1в}$	5,20	11,0	3,22	2,00	4,94
$N_{1н}$	3,26	3,49	0	0	3,15
$N_{2в}$	0	0	0,77	3,73	0
$N_{2н}$	1,91	6,91	3,62	6,59	1,82
$N_{3в}$	2,45	2,77	0	0	2,29
$N_{3н}$	3,57	7,82	2,07	1,03	3,25
$N_{4в}$	2,73	9,33	5,23	9,39	2,65
$N_{4н}$	0	0	1,23	5,57	0

На рис.3 представлена общая расчетная схема детали “корпус внешний исполнительного органа”, на которой указаны зоны приложения действующих нагрузок и ограничений, а также их направления. Гидродомкраты подъема исполнительного органа заменены жесткими балками прямоугольного сечения соответствующей длины. Представленная схема симметрична относительно продольной оси комбайна.

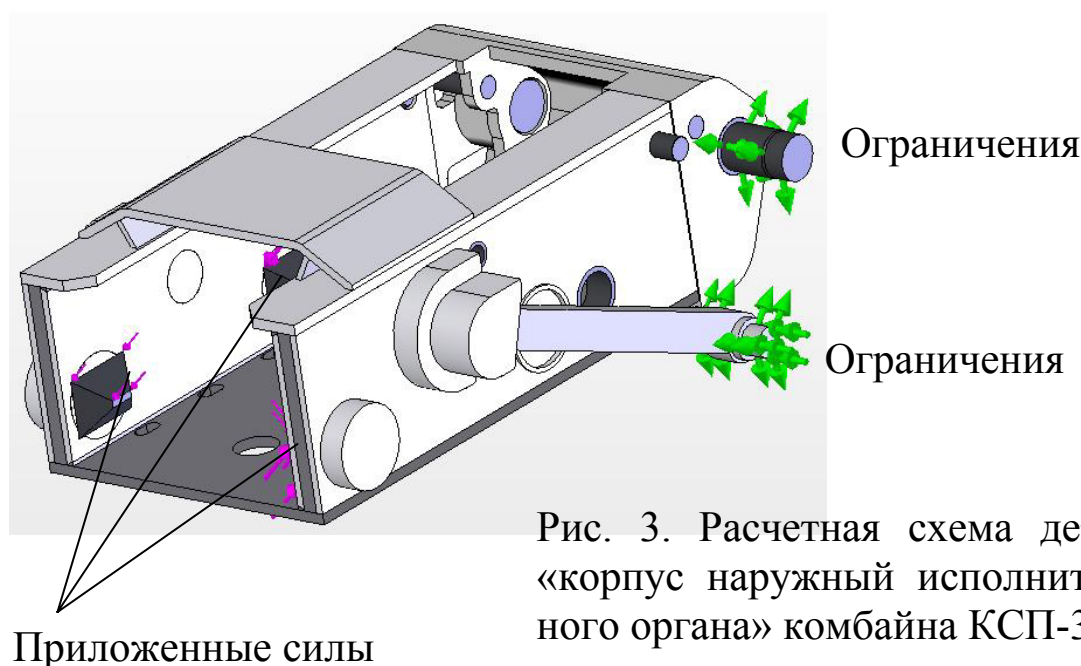


Рис. 3. Расчетная схема детали «корпус наружный исполнительного органа» комбайна КСП-35

Моделирование и анализ напряженного состояния детали «корпус внешний исполнительного органа» выполнены для всех принятых режимов работы комбайнов КСП-35 и КСП-32 и установленных для них значений усилий, действующих на опорные поверхности корпуса (табл. 1, 2).

При моделировании и анализе рассмотрены два конструктивных варианта детали «корпус наружный исполнительного органа» комбайнов КСП-32 и КСП-35:

- со стыковыми сварными швами основных несущих элементов корпуса;
- с угловыми швами основных несущих элементов корпуса.

На рис.4 представлена расчетная модель - сетка конечных элементов - детали «корпус внешний исполнительного органа».

На рис.5 в качестве примера представлена модель напряженного состояния детали «корпус наружный исполнительного органа» применительно к одному из расчетных случаев.

Выводы и направления дальнейших исследований.

1. Наиболее нагруженными элементами конструкции детали «корпус внешний исполнительного органа» при всех рассмотренных конструктивных вариантах и режимах функционирования комбайнов КСП-32 и КСП-35 являются сварные швы, соединяющие различные составные элементы этой детали – пластины, втулки, ребра, крышка и т.п.

2. Минимальное значение коэффициента запаса прочности для всех элементов конструкции детали «корпус внешний исполнительного органа» при всех рассмотренных конструктивных вариантах и режимах функционирования комбайнов КСП-32 и КСП-35 превышает единицу, то есть прочность рассматриваемой детали обеспечивается во всех расчетных случаях.

2. Напряженное состояние детали «корпус внешний исполнительного органа» для комбайна КСП-35 во всех рассмотренных расчетных случаях выше, чем для комбайна КСП-32.

3. В случае использования стыковых швов (комбайн КСП-35) наиболее нагруженным во всех режимах работы комбайна является правый нижний шов корпуса. Минимальное значение коэффициента запаса прочности $S=1,4$ имеет место в режиме «вертикальный рез - встречное фрезерование»; в режиме «горизонтальный рез - встречное фрезерование» $S=1,9$.

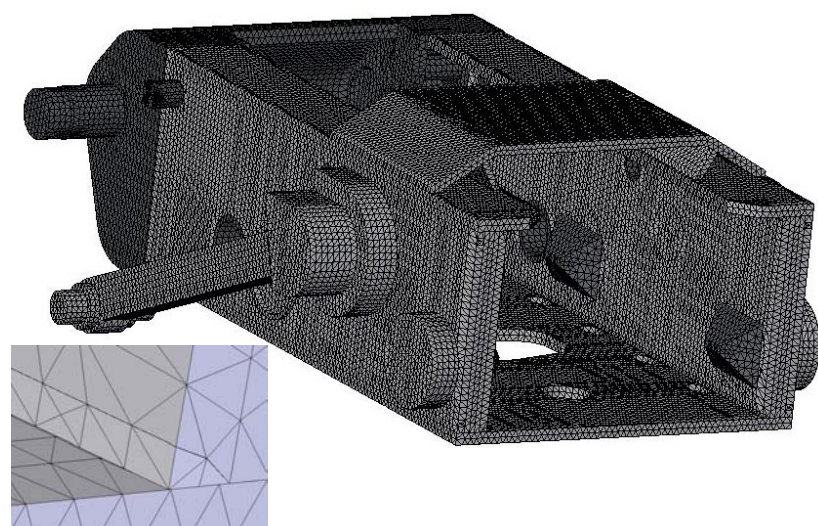


Рис. 4. Сетка конечных элементов (расчетная модель) детали «корпус внешний исполнительного органа»

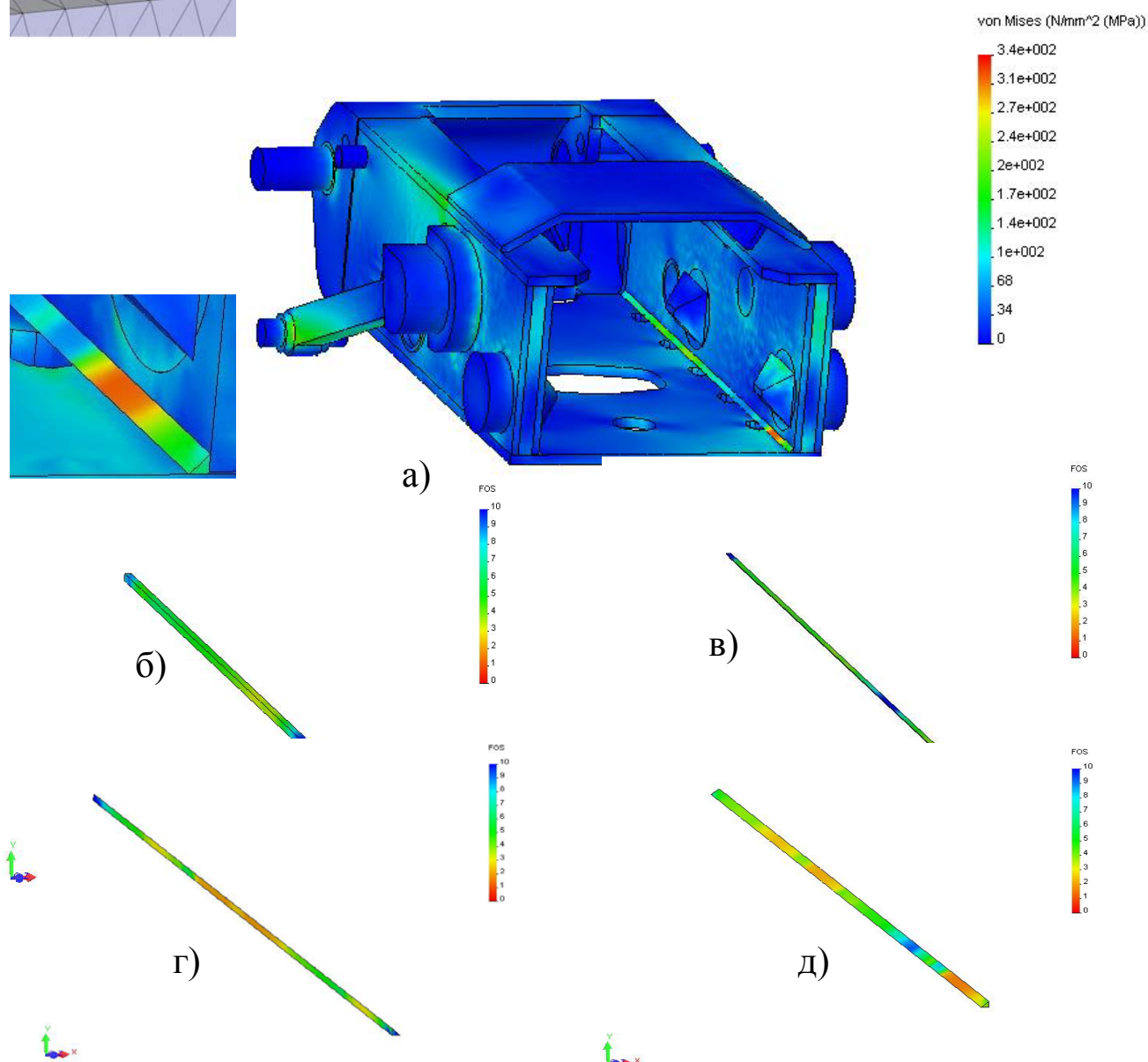


Рис.5. Модель напряженного состояния детали «корпус наружный исполнительного органа» комбайна КСП-35 (режим - горизонтальный рез, встречное фрезерование; шов - угловой): а) корпус в сборе; б) шов левый верхний; в) шов правый верхний; г) шов левый нижний; д) шов правый нижний

4. Напряженное состояние детали “корпус внешний исполнительного органа” при переходе от стыковых швов к угловым швам существенных изменений не претерпевает. Минимальное значение коэффициента запаса прочности $S=1,6$ (правый верхний шов) имеет место в режиме «горизонтальный рез - встречное фрезерование». Однако, такой переход обуславливает значительное перераспределение напряжений в рассматриваемой детали, причем в случае использования угловых швов имеет место большая равнопрочность (сближение значений коэффициента запаса прочности).

5. Для снижения нагруженности сварных швов детали “корпус внешний исполнительного органа” целесообразно повысить жесткость некоторых составных элементов этой детали (за счет увеличения площади сечения и др.).

Список источников

1. Дмитриченко С.С., Русанов О.А. Опыт расчетов на прочность, проектирования и доводки сварных металлоконструкций мобильных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2006.-№1.
2. Кондрахин В.П., Хиценко А.И., Мотин Н.Н. Разработка и установление адекватности имитационной математической модели проходческого комбайна. Прогрессивные технологии и системы машиностроения / Международный сборник научн. трудов, вып.25.- ДонНТУ, Донецк.-2003, С.182-187
3. Кондрахин В.П., Хиценко А.И. Имитационное моделирование усилия подачи при резании горных пород / Наукові праці Донецького державного технічного університету, вип.42 , Серія: гірничо-енергомеханічна, Донецьк, 2002, с.124-129.
4. Кондрахин В.П., Хиценко А.И. Идентификация усилия резания горных пород / Наукові праці Донецького державного технічного університету, вип.35, Серія: гірничо-енергомеханічна, Донецьк, 2001, с.92-97.

В.Г. Нечепасев. Оцінка міцності корпусу виконавчого органа прохідницьких комбайнів типу КСП-32. Розроблена модель і виконаний аналіз об'ємного напруженого стану базової корпусної деталі системи привода виконавчого органа прохідницьких комбайнів типу КСП-32”.

Прохідницький комбайн, виконавчий орган, корпус, напружено-деформований стан, моделювання, аналіз.

V.G.Nechepaev. An estimation of durability of the case of an effector of roadheaders of type KSP-32. The model is developed and the analysis of a volume intense condition of a base case part of system of a drive of an executive office of heading machines of type KSP-32 is made.

Roadheader, effector, the case, the is intense-deformed condition, modeling, analysis.