

Т а б л и ц а 2 — Результаты износа жгутовой щётки фирмы «Лесман»

Время, мин	Диаметр, мм	Вес, г	Износ, %	Обрыв опасных провочек длиной, см	
				> 3	> 2
0	200,0	901	0	—	—
10	196,8	857	11	4	0
20	194,5	836	16	0	3
30	192,5	817	21	0	3
40	186,9	782	30	2	2
50	180,7	740	40	1	5
60	174,4	696	51	3	10
70	160,5	633	67	6	22
80	148,2	569	83	3	29
90	141,2	529	93	0	10
100	134,2	499	100	0	6

Заключение. Принимая во внимание данные износа, можно сделать вывод, что применение данных щёток возможно для процесса измельчения в предложенной конструкции.

Решение практических задач по созданию крупногабаритных иглофрезерных рабочих органов требует пересмотра как собственно их конструкции, так и технологии изготовления, что необходимо организовывать на специализированном производстве. Создание новых конструкций иглофрезерных рабочих органов для технологических аппаратов промышленного назначения позволит не только сформировать новый класс оборудования, но и обеспечит отечественный приоритет на рынке его продаж.

Список цитируемых источников

1. *Зубаков, А. П.* Вальцевый пресс с протяженной зоной уплотнения материала и съемными формующими элементами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.13 / А. П. Зубаков ; БГТАСМ. — Белгород, 2002. — 24 с.
2. Иглофрезерный измельчитель : пат. 31143 Kaz по заявке № 2015/0303.1 / Л. А. Сиваченко, С. Ж. Барирова, Т. Л. Сиваченко ; дата публ.: 16.05.2016.
3. К выбору рациональной схемы иглофрезерного измельчителя для комплексной переработки неоднородных и сложных по составу и свойствам материалов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов : межвуз. сб. ст. / Л. А. Сиваченко [и др.]. — Белгород : БГТУ, 2017. — С. 228—234.
4. *Матчак, А. Я.* Металлические проволочные щётки для отделочно-затирочных работ / А. Я. Матчак, С. В. Заковырик, Л. Г. Одинцов // Вестн. машиностроения. — 1989. — № 7. — С. 51—53.
5. *Гавриленко, И. Г.* Силовые параметры вращающихся проволочных щёток / И. Г. Гавриленко // Станки и инструменты. — 1975. — № 12. — С. 29—30.
6. *Баршай, И. Л.* Формирование качества поверхности и эксплуатационных характеристик деталей при иглофрезеровании и комбинированной обработке иглофрезерованием и поверхностным пластическим деформированием / И. Л. Баршай, В. К. Шелег, Е. Э. Фельдштейн. — Минск : БНТУ, 2009. — 231 с.

УДК 62-23

О. И. Наливко¹, Л. Л. Сотник¹, И. О. Волостных¹, С. И. Ханин²

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», Белгород, Российская Федерация

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Введение. Появление компьютерной техники и развитие вычислительной математики обусловили серьезные изменения традиционных подходов к инженерным расчетам. Системы инженерного анализа (Computer-aided Engineering, CAE) прочно заняли свое место в машиностроительном проектировании. Типичная схема использования таких систем в рамках концепции автоматизированного проектирования предусматривает создание электронной модели проектируемого изделия. Эта электронная модель отражает требуемые конструктивные характеристики изделия (геометрические, механико-физические и т. п.) и является главным источником

проектной информации об изделии. В последние годы в качестве такой модели выступают трехмерные твердотельные и поверхностные геометрические модели проектируемых изделий или их двумерные аналоги [1].

Проектирование элементов привода рабочих машин является немаловажной задачей как на машиностроительных предприятиях, так и в учебном процессе. При изучении ряда дисциплин общенаучного профиля (механика материалов, детали машин и т. д.) приходится прибегать к достаточно сложным расчетам, которые можно упростить при помощи современных средств системы автоматизированного проектирования (САПР). При изучении учебной дисциплины «Детали машин» и выполнении курсового проекта немаловажную часть расчетов занимает раздел «Расчет валов». Данные расчеты опираются на материал как самой дисциплины, так и на знания, полученные при изучении таких дисциплин, как материаловедение, теоретическая механика и механика материалов. Современные средства САПР позволяют упростить выполнение данных расчетов путем компьютерного моделирования.

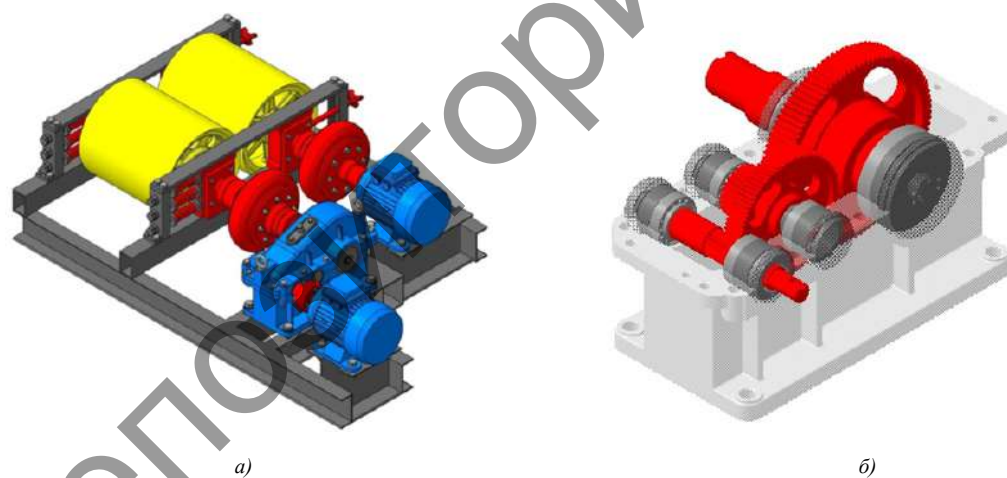
Основная часть. В данном исследовании произведен анализ напряжений и деформаций детали «Вал» (рисунок 1, б) [2], входящей в редуктор привода (см. рисунок 1, а), с помощью системы прочностного анализа ARMFEM, интегрированной САПР КОМПАС-3D.

Конечно-элементный (статический) анализ позволяет осуществлять расчёт напряжённого состояния конструкций под действием приложенных к системе постоянных во времени сил. На сегодня это наиболее востребованная в проектировании задача. С помощью него пользователь может оценить прочность разработанной им конструкции по допускаемым напряжениям, определить наиболее слабые места конструкции и внести необходимые изменения в (оптимизировать) изделие. При этом между трёхмерной моделью изделия и расчётной конечно-элементной моделью поддерживается ассоциативная связь. Параметрические изменения исходной твёрдотельной модели автоматически переносятся на сеточную конечно-элементную модель [1].

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние детали «Вал» (рисунок 2, а) при нагружении силами, согласно принятым параметрам привода.

Создаем сетку детали (см. рисунок 2, б). Далее выбираем необходимый материал детали — сталь 40Х — и выполняем генерацию конечно-элементной сетки (КЭ-сетки).

Генерация КЭ-сетки производится автоматически с помощью команды «Генерация КЭ-сетки» на панели инструментов «Разбиение и расчет» при этом система автоматически определяет и соединяет совпадающие поверхности [3].



а) — модель привода рабочей машины; б) — редуктор с исследуемым валом

Рисунок 1 — Схема нагружения вала и конечно-элементная сетка

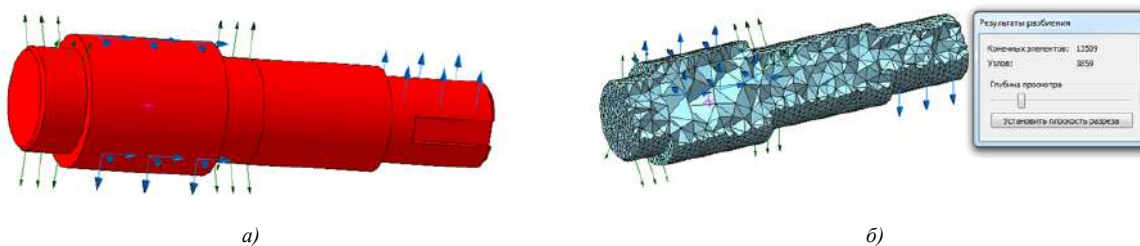


Рисунок 2 — Схема нагружения вала и КЭ-сетка

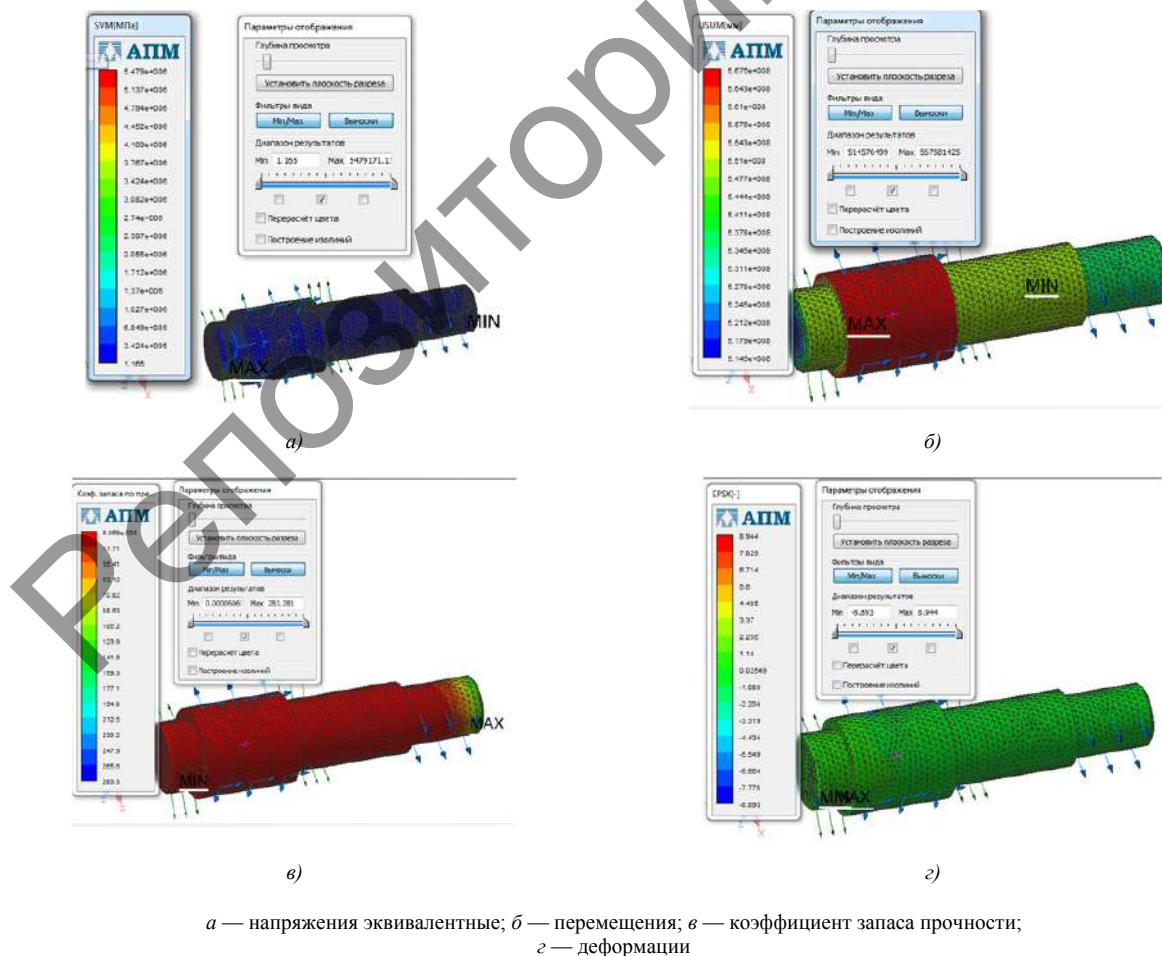
В качестве типа конечного элемента были использованы 4-узловые тетраэдры, что позволяет по сравнению с 10-узловыми увеличить скорость выполнения расчетов при обеспечении достаточной точности расчёта. Далее следует задать параметры сетки, которыми являются максимальная длина стороны элемента, максимальный коэффициент сгущения на поверхности и коэффициент разрежения в объеме. Параметры и результаты разбиения 3D-модели на конечные элементы представлены в таблице 1.

Подготовительные работы для расчета закончены, далее производим сам расчет при помощи команды «Анализ-Расчет». По завершении расчета мы получаем четыре вида силовых эпюр анализируемой детали (рисунок 3).

Проведенный анализ показывает напряжения и деформации вала, входящего в редуктор привода рабочей машины. Максимальное эквивалентное напряжение (по Мизесу) составило 5,4 МПа, что при выбранном материале обеспечивает минимальный запас прочности. Максимальное напряжение возникает в местах закрепления. Диаграмма перемещений показала, что максимальное перемещение возникает на поверхности детали, наибольшему перемещению подвергается центральная часть рассматриваемого вала. Анализ диаграммы прочности показал, что исследуемая деталь способна выдержать прилагаемые нагрузки значительно больше расчетных. Диаграмма деформаций показала, что при данных нагрузках деталь практически не деформируется, что является хорошим показателем при эксплуатации.

Т а б л и ц а 1 — Параметры КЭ-сетки и результаты разбиения

Параметр	Значение параметра
Максимальная длина стороны элемента, мм	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1,5
Количество конечных элементов	13 509
Количество узлов	3 859



а — напряжения эквивалентные; б — перемещения; в — коэффициент запаса прочности; г — деформации

Рисунок 3 — Карта результатов конечно-элементного анализа

Заключение. Проведенный конечно-элементный анализ позволяет получить результаты оценки напряжений, перемещений, коэффициента запаса прочности и деформаций и тем самым автоматизировать проектирование элементов привода. Проведение расчетов по представленной методике позволяет не только сократить время на расчеты, но и подобрать оптимальные конструктивные параметры элементов привода.

Список цитируемых источников

1. T-Flex анализ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.directorinfo.ru/article.aspx?id=7973&iid=318>. — Дата доступа: 05.10.2019.
2. Волостных, И. О. Анализ нагружения эксцентрикового вала вибровалкового измельчителя / И. О. Волостных, Л. Л. Сотник, О. И. Наливо // Содружество наук. Барановичи-2019 : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, Барановичи, 16 мая 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи : БарГУ, 2019. — С. 116—118.
3. АРМ FEM система прочностного анализа для КОМПАС-3D / Научно-технический центр «Автоматизированное Проектирование Машин». — М., 2014. — С. 22.

УДК 621.785.532

М. В. Нерода¹, С. А. Саханько², А. С. Осташко², Ю. П. Нерода², Д. В. Калоша²
¹Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест
²Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ТЕХНОЛОГИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ ДИСКОВЫХ НОЖЕЙ

Введение. В технике, связанной с переработкой пищевой промышленности, используются ножи с клиновидной заточкой, в том числе дисковые ножи. Повышение стойкости таких ножей является важной задачей, так как позволяет экономить материальные и трудовые ресурсы.

Из большого многообразия методов повышения работоспособности режущих инструментов следует выделить методы химико-термической обработки, которые в последние годы находят все более широкое применение.

Одной из современных технологий, позволяющей заметно (в несколько раз) повысить износостойкость режущего инструмента, является ионно-плазменное азотирование (далее — ИПА) [1; 2]. Процесс ИПА реализуется при температурах 450...600 °С в газовой среде, состоящей из азота, аргона и водорода. Свойства упрочненного слоя (твердость приповерхностного слоя до $HV\ 1\ 100$, его глубина до 0,4...0,5 мм, профиль микротвердости по глубине и другие характеристики) зависят от химического состава стали или чугуна и управляются благодаря возможности управления процессом насыщения изменением параметров процесса [3].

Основная часть. Целью работы являлось исследование влияния режимов ИПА обеспечивающих требуемую твердость режущей части дискового ножа, используемого для резки куриных желудков. Материал, из которого изготовлен дисковый нож, — сталь 18ХГТ. Химический состав стали 18ХГТ представлен в таблице 1.

Азотирование образцов проводилось на установке плазменного азотирования государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (рисунок 1).

Т а б л и ц а 1 — Химический состав стали 18ХГТ

Показатель	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu	Fe
Содержание химического элемента в стали, %	0,17...0,23	0,17...0,37	0,8...1,1	До 0,3	До 0,035	До 0,035	1,0...1,3	0,03...0,09	До 0,3	~96



Рисунок 1 — Установка ИПА