

УДК 621.9.02

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СБОРНОГО СВЕРЛА НА ЕГО СТАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

М. И. МИХАЙЛОВ, А. Г. КЛИМКОВЕЦКИЙ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Ключевые слова: сверла сборные, конструктивные параметры, статические показатели, численное моделирование.

Введение

Сборные сверла находят широкое применение в машиностроении при получении отверстий как в сплошном материале, так и в листовых конструкциях. Отказ такого инструмента происходит чаще всего по прочности.

Исследования напряженного состояния сборного инструмента, выполненные в 70-е гг., производились на оптически прозрачных моделях, которые позволили определить качественный характер распределения напряжений в режущей части инструмента [1]. Однако использование плоских моделей, большая трудоемкость изготовления моделей и обработки полученных результатов не позволяет более широко использовать этот метод.

Анализ литературы по исследованиям сборного инструмента в условиях статических нагрузок выявил, что большой вклад сделан исследованиями жесткости в УДН им. П. Лумумбы [2]–[6]. Многими авторами жесткость сборного инструмента изучалась на специально разработанных стендах, на которых определялась доля смещения режущей кромки инструмента в результате смещения отдельных элементов или в процессе резания, а также численным моделированием. По результатам измерений перемещений оценивалось влияние жесткости отдельных элементов на суммарную жесткость инструмента. Сила, с которой нагружался инструмент, соответствовала результирующей силе резания. Перед испытаниями на жесткость производился контроль прямолинейности и шероховатости опорной поверхности пластины и гнезда в державке под пластину. Это позволяло оценивать как конструктивный вариант исполнения инструмента, так и качество его изготовления.

Интересными представляются исследования жесткости сборных торцовых фрез с механическим креплением режущих пластин [7], [8]. Испытаниям подверглись фрезы с радиальным и тангенциальным расположением режущих пластин, а также фрезы с инструментальными блоками. В результате статических нагружений фрез было выявлено, что наибольшей жесткостью по оси Z обладает экспериментальная фреза конструкции РНИИ с тангенциальным расположением режущих пластин. При больших нагрузках жесткость системы «режущая пластина – корпус» у этой фрезы снижалась, а у остальных типов фрез повышалась. Для всех типов исследованных фрез, за исключением экспериментальной фрезы РНИИ, доля перемещения режущей пластины по координате Z за счет перемещения кассеты составляла 50 %.

Для повышения производительности осевой обработки углублений под головки крепежных элементов применяют комбинированные инструменты. Точность обработки

такими инструментами зависит от конструктивных элементов корпуса инструмента и от способов их соединения [8]–[10]. В процессе резания возникают переменные силы резания, которые вызывают вибрации элементов сборного инструмента. Для уменьшения вибраций режущие пластины располагают симметрично в корпусе инструмента.

Цель работы – повышение статической точности сборных сверл.

Методика исследования

Основными задачами при проведении исследований были:

- построение 3D-модели инструмента в программном комплексе SolidWorks;
- определение статических деформаций в модели осевого инструмента;
- определение распределений напряжений и перемещений.

Исследование напряженно-деформированного состояния выполнялось методом конечных элементов. Для этого была разработана 3D-модель инструмента (рис. 1, а), а также произведено ее разделение на конечные элементы (рис. 1, б). Для проведения расчетов разработаны граничные условия и приложена распределенная нагрузка.

Процесс создания модели в SolidWorks начинался с построения опорного тела и последующего добавления или вычитания материала.

Исходными данными для расчетов являлись значения силы резания, геометрические параметры инструмента, физико-механические и теплофизические свойства материала режущей части.

Параметры конечно-элементной сетки приведены в таблице.

Параметры конечно-элементной сетки

Параметр	Значение
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Сглаживание поверхности	Вкл
Проверка Якобиана	4 Points
Размер элемента	1,7309 мм
Допуск	0,33654 мм

Анализировалось влияние конструктивных вариантов сборных сверл на их статические показатели.

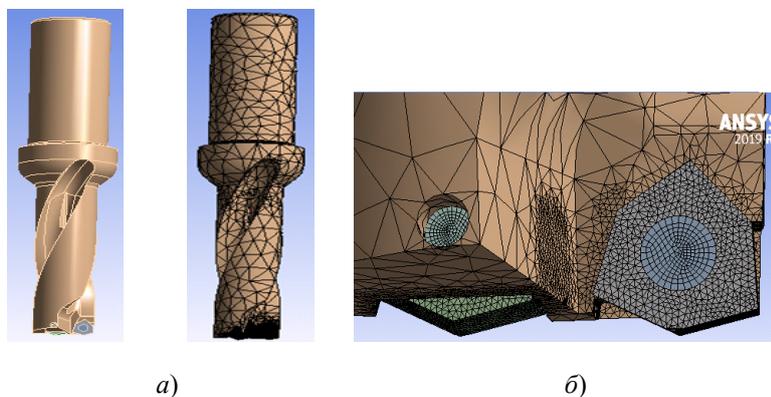
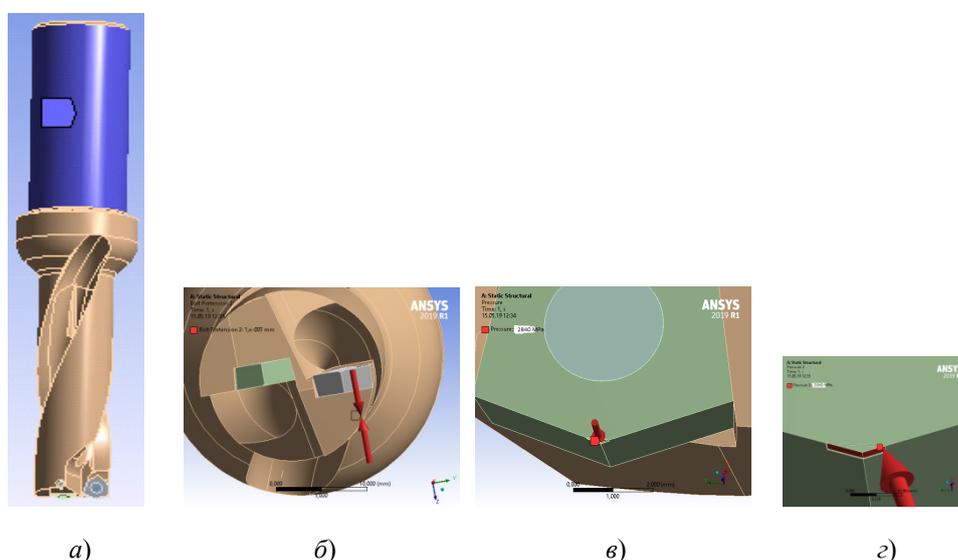


Рис. 1. Модель сверла:
а – 3D-модель; б – сетка конечных элементов

Разработанная модель сборного сверла закреплялась по поверхности хвостовика (рис. 2, а), режущие пластины закреплялись винтами (рис. 2, б) и на переднюю и заднюю поверхности прикладывалась удельная нагрузка (рис. 2, в, г).



а)

б)

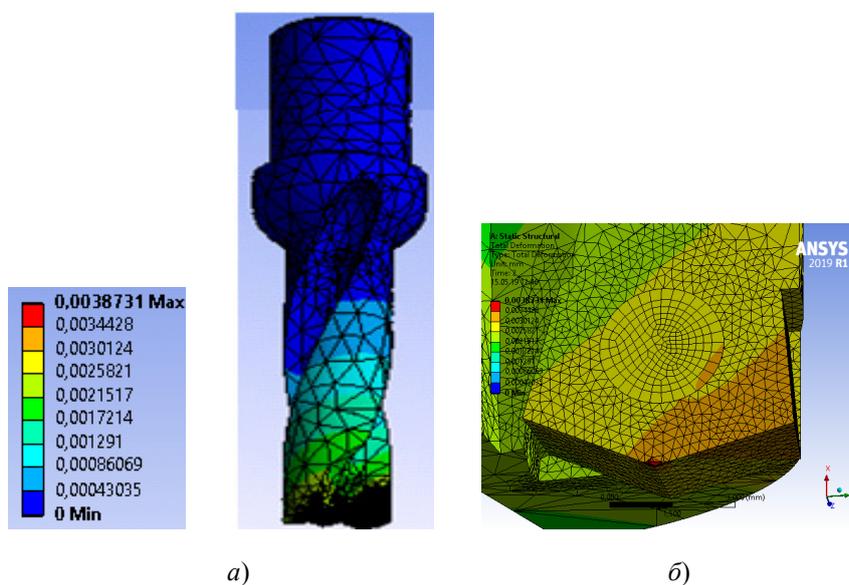
в)

г)

Рис. 2. Модели граничных условий и нагрузок:
 а – закрепление сверла; б – натяжение винта – $1 \cdot 10^{-3}$ мм; в – нагрузка на поверхности: переднюю 2840 МПа; г – заднюю 2040 МПа

Основная часть

Результаты расчетов приведены на рис. 3–8. Как видно на рис. 3, эквивалентные перемещения распределены неравномерно вдоль оси сверла. Наибольшие перемещения получала режущая пластина.



а)

б)

Рис. 3. Картина эквивалентных перемещений сверла:
 а – распределение перемещений в корпусе сверла; б – распределение перемещений в режущей пластине

Невзирая на симметричную относительно вершины пластины приложенную нагрузку, перемещения пластины асимметричны, что объясняется особенностями базирования и закрепления пластин.

Для более детального исследования были получены картины распределения напряжений и перемещений элементов системы крепления пластин. Так, на рис. 4 приведены распределения эквивалентных перемещений корпуса сверла. Различный момент инерции корпуса привел к тому, что максимальные перемещения в направлении центральной пластины (рис. 4, б, в) меньше в 0,89 раз по сравнению с максимальными перемещениями в направлении периферийной пластины (рис. 4, б, з).

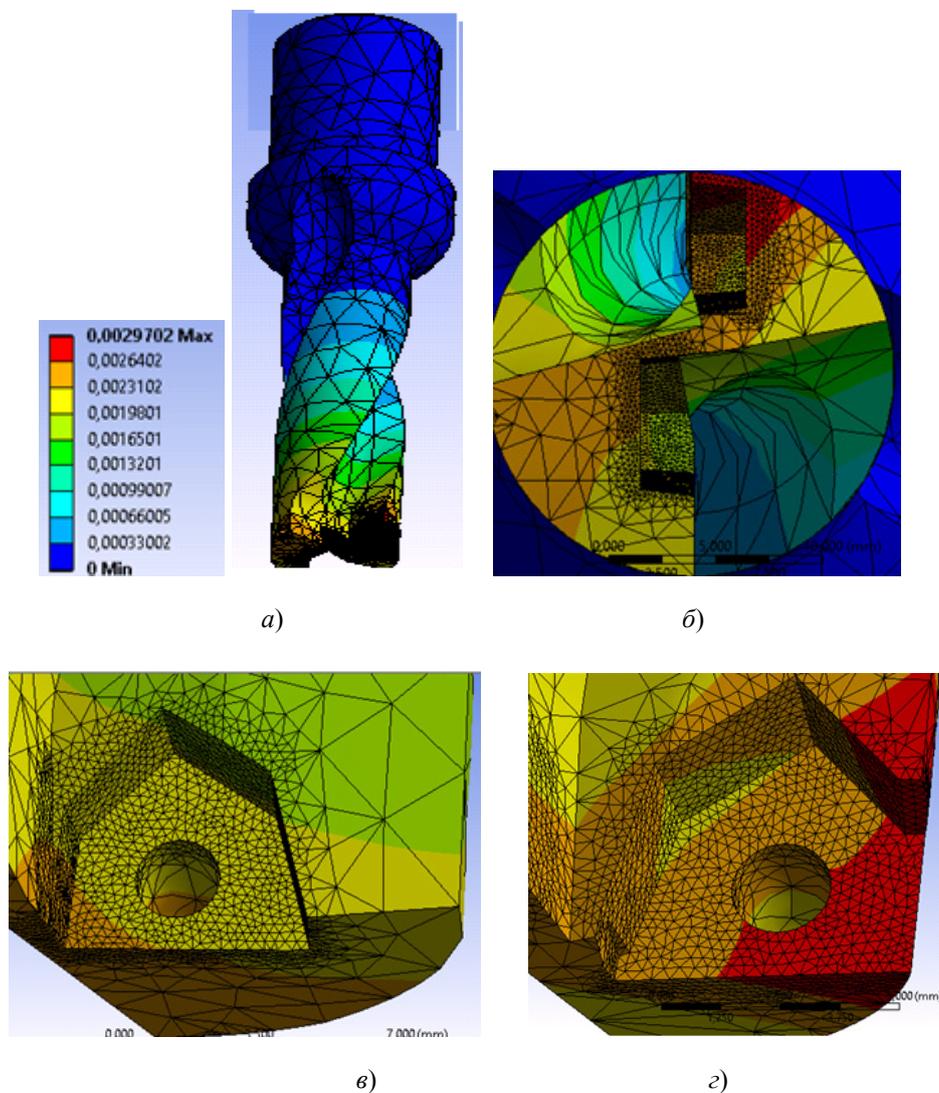


Рис. 4. Картина эквивалентных перемещений корпуса сверла:
 а – распределение перемещений вдоль оси сверла; б – распределение перемещений в радиальном направлении; в, з – распределение перемещений в зоне центральной и периферийной пластин

Полученные результаты распределения напряжений (рис. 5, б) позволяют заключить, что максимальные их значения возникают в районе действия нагрузок. Сравнивая распределения напряжений в пазах корпуса, можно отметить, что уровень напряжений примерно одинаковый, а характер распределения зависит от конструктивных особенностей корпуса (рис. 6, в).

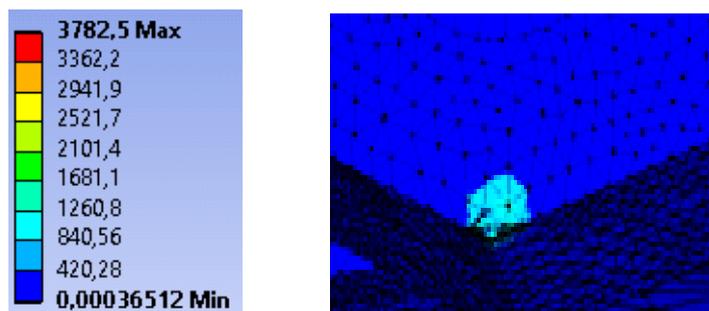
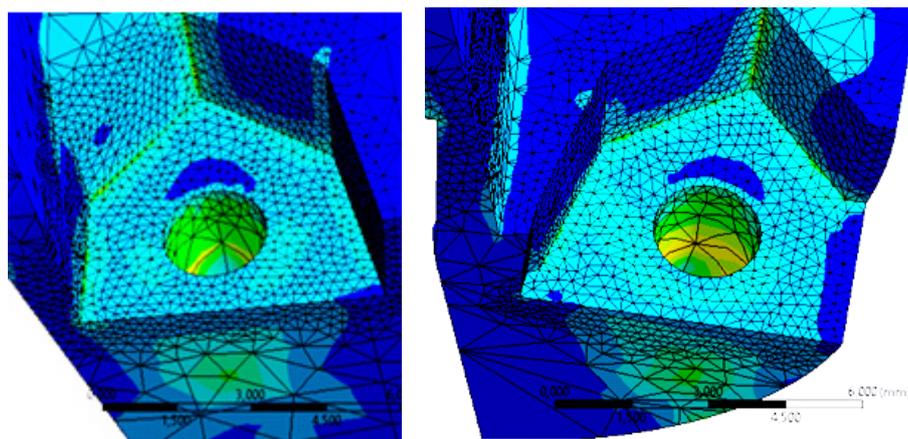
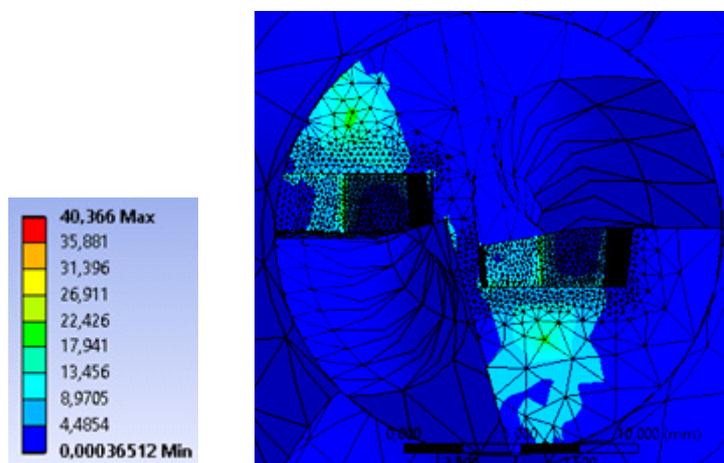


Рис. 5. Картина эквивалентных напряжений режущей пластины сверла



а)

б)



в)

Рис. 6. Картина эквивалентных напряжений корпуса сверла:
 а – в пазу под центральной пластиной; б – под периферийной пластиной;
 в – распределение напряжений в радиальном направлении

Пространственные перемещения ограничивают пазы корпуса и крепежные винты. Поэтому для более детального анализа были определены распределения перемещения (рис. 7) и напряжения в винтах (рис. 8). Как видно на рис. 8, действующая нагрузка приводит к росту напряжений в месте перехода резьбы и в местах контакта с пластинами.

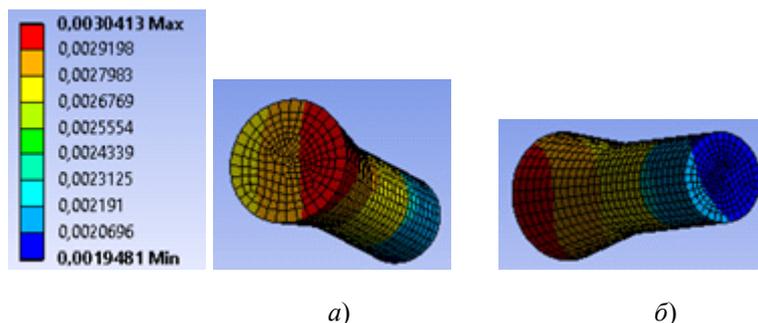


Рис. 7. Картина эквивалентных перемещений винтов:
a – закрепляющего центральную пластину; *б* – закрепляющего периферийную пластину

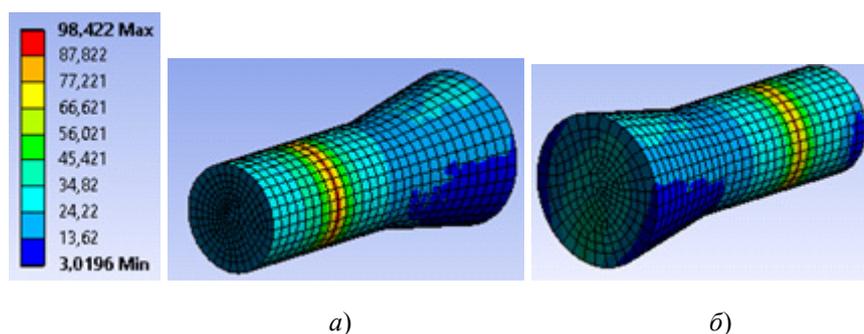


Рис. 8. Картина эквивалентных напряжений винтов:
a – закрепляющего центральную пластину; *б* – закрепляющего периферийную пластину

Заключение

Используя нагрузки, соответствующие современным режимам резания, получены распределения эквивалентных напряжений и перемещений в корпусе и элементах крепления пластин сборных сверл, численные значения которых позволяют оптимизировать конструкцию инструмента.

Литература

1. Остафьев, В. А. Расчет динамической прочности режущего инструмента / В. А. Остафьев. – М. : Машиностроение, 1979. – 168 с.
2. Хамуда, С. Н. Экспериментальное исследование жесткости сборных торцевых фрез по их статическим характеристикам / С. Н. Хамуда, К. Г. Громаков, А. Д. Шустиков // Исслед. процессов обработки металлов и динамики технол. оборудования. – М., 1982. – С. 44–49.
3. Шустиков, А. Д. Анализ качества сборных проходных резцов / А. Д. Шустиков. – М. : НИИМаш, 1981. – 40 с.
4. Способ контроля качества инструмента : а. с. 2895679 СССР : МКИ5 В23В / А. Д. Шустиков [и др.] ; дата публ.: 07.12.1981.
5. Вольвачев, Ю. Ф. Оценка качества сборных проходных резцов по статическим и динамическим характеристикам на полуавтоматических испытательных стендах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Ю. Ф. Вольвачев ; Мосстанкин. – М., 1953. – 18 с.
6. Малыгин, В. И. Модель напряженно-деформированного состояния режущего элемента сборного инструмента / В. И. Малыгин, Н. В. Лобанов // Вестн. машиностроения. – 2000. – № 2. – С. 22–26.

7. Гречишников, В. А. Исследование деформированного состояния сборного режущего элемента методом конечных элементов / В. А. Гречишников, С. В. Лукина, А. И. Веселов // Конструкторско-технологическая информатика 2000 : материалы IV Междунар. конгр., Москва, 2000 г. / МГТУ. – М., 2000. – Т. 1. – С. 158–160.
8. Когель, И. З. Исследование жесткости узлов крепления пластин твердого сплава в корпусе инструмента и ее влияние на стойкость лезвия при торцевом фрезеровании : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / И. З. Когель ; Мосстанкин. – М., 1985. – 22 с.
9. Systeme d'outil equilibre multi-fonctions. TraMetal; Revue technique mensuelle du travail des metaux. – 2000. – № 51. – P. 14–16.
10. Лукина, С. В. Система автоматизированного проектирования сборного режущего инструмента / С. В. Лукина // Конструкторско-технологическая информатика 2000 : материалы IV Междунар. конгр., Москва, 2000 г. / МГТУ. – М., 2000. – Т. 2. – С. 33–36.
11. Михайлов, М. И. Сборный металлорежущий механизированный инструмент: Ресурсосберегающие модели и конструкции / М. И. Михайлов ; под ред. Ю. М. Плещачевского. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 339 с.

Получено 27.05.2019 г.