

3. Гиршов В. Л. Современные технологии в порошковой металлургии: учебное пособие / В. Л. Гиршов, А. А. Котов, В. Н. Цеменко– Санкт-Петербург : Политехн. Ун-т, 2010. — 385 с.
4. Чечуга, А.О. Использование металлических порошков в аддитивном производстве / А. О. Чечуга // Известия ТулГУ Технические науки. — Выпуск №12, 2021. — С. 457—459.
5. Новое поколение жаропрочных никелевых сплавов с иерархической структурой и их применение в аддитивных технологиях : материалы 13-й международной научно-технической конференции, Минск, 16-18 мая 2018. / гос. науч. учреждение «Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа» ; редкол.: Левашов Е. А [и др.]. С. —Минск : ГНО, 2018. — 65 с.
6. Особенности материалов и технологий аддитивного производства изделий : сб. науч. ст. / Тульский гос. пед. ун-т им. Л. Н. Толстого ; редкол.; А. Н. Кубанова [и др.]. — Тула : ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2019. — 477 с.
7. Металлические порошки для 3D-печати и аддитивного производства. — URL: <https://met3dp.com/ru/>. (дата обращения : 01.05.2025).
8. Китай материалы для порошковой металлургии. — URL: <https://ru.lwpowder.com>. (дата обращения : 01.05.2025).
9. Завод по производству металлических порошков. — URL: <http://metall-pmp.ru>. (дата обращения : 01.05.2025).
10. АО «ПОЛЕМА» — URL: <https://www.polema.net>. (дата обращения : 01.05.2025).

УДК 69.059.25

**Е. И. Занько**

Учреждение образования «*Барановичский государственный университет*»,  
*Барановичи, Республика Беларусь*

## ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ВЫСОКОНАГРУЖЕННОГО ЭЛЕМЕНТА «ШТОК-ПОРШЕНЬ»

**Введение.** Метод конечных элементов (МКЭ) в настоящее время широко используется для решения различных задач механики деформируемого твердого тела, в частности для выполнения экспресс расчетов на прочность на этапе 3Д проектирования конструкций [1]. Суть метода заключается в разбиении твердотельной модели на конечное число элементов, составлении и последующем решении системы линейных алгебраических уравнений. Большинство современных САД систем имеет специальные инструменты, предназначенные для автоматизации подобных расчетов.

Целью работы является анализ устойчивости детали «Шток-поршень» и определение коэффициента запаса устойчивости, в следствии наложения на ее максимального давления при эксплуатации, для определения работоспособности исследуемой детали.

В состав АРМ FEM входят инструменты подготовки деталей и сборок к расчёту, задания граничных условий и нагрузок, а также встроенные генераторы конечно-элементной (КЭ) сетки как с постоянным, так и с переменным шагом и постпроцессор. Этот функциональный набор позволяет смоделировать твердотельный объект и комплексно проанализировать поведение расчётной модели при различных воздействиях с учетом статике, собственных частот, устойчивости и теплового нагружения. Для создания конечно-элементного представления объекта в АРМ FEM предусмотрена функция генерации КЭ (сетки, при вызове которой происходит соответствующее разбиение объекта с заданным шагом. Если созданная расчетная модель имеет сложные неравномерные геометрические переходы, то может быть проведено так называемое адаптивное разбиение. Для того, чтобы результат процесса был более качественным, генератор КЭ сетки автоматически с учетом заданного пользователем максимального коэффициента сгущения варьирует величину шага разбиения.

**Основная часть.** В качестве объекта исследования будем использовать модель детали «Шток-поршень», представленную на рисунке 1.

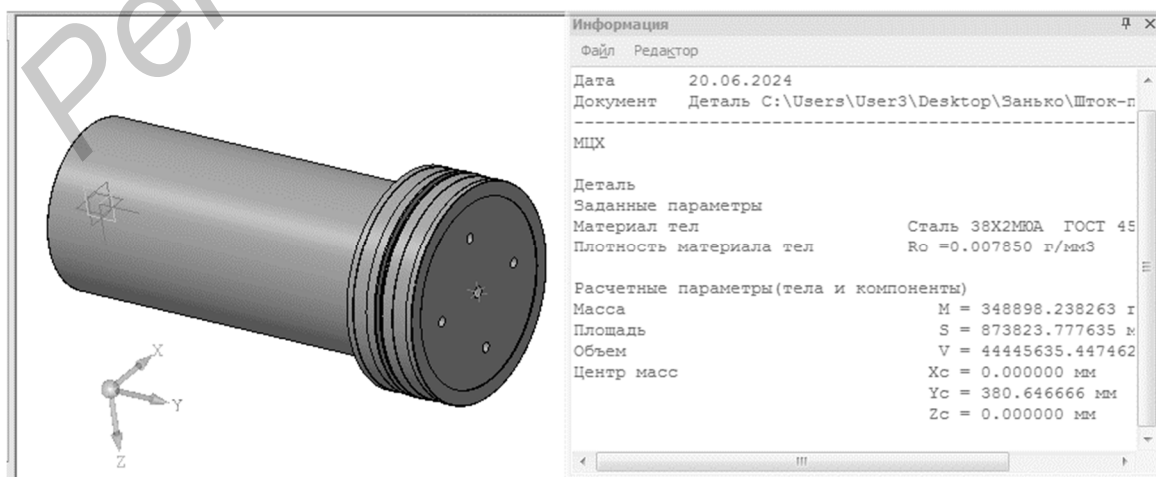


Рисунок 1 — Модель «Шток-поршень»

На рисунке 2 представлена схема наложения максимального давления, возникающего при эксплуатации установки брикетирования. Максимальное возникающее давление до 30 МПа или 30 Н / мм<sup>2</sup>. Шток-поршень совершает поступательные движения в корпусе гидроцилиндра, следовательно, контактируем с ним цилиндрической поверхностью. Установим закрепление по нормали в местах крепления штока-поршня с сопрягаемой деталью.

Генерация конечно-элементной сетки — это процесс разбиения геометрии объекта на более мелкие элементы, которые составляют сетку [2]. Затем в узлах сетки определяются значения полей, и решается система уравнений для получения численного решения. Этап генерирования конечно-элементной сетки представлен на рисунке 3.

Результаты прочностного анализа в системе APM FEM включают распределение эквивалентных напряжений, перемещений, деформаций, карты внутренних усилий и коэффициент запаса устойчивости [3]. Результаты представим на рисунке 4.

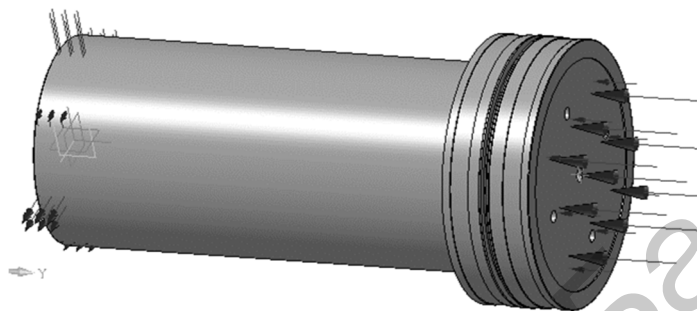


Рисунок 2 — Схема наложения сил и закрепление по нормали



Рисунок 3 — Результат разбиения

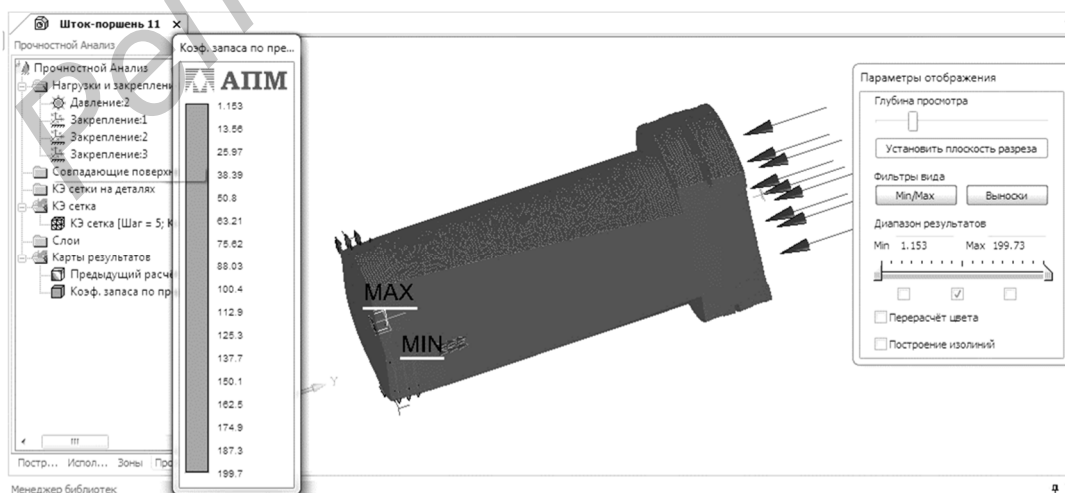


Рисунок 4 — Результаты анализа по коэффициенту запаса прочности при нагрузке 30 МПа

**Заключение.** Анализ устойчивости показал, что коэффициент запаса устойчивости больше 1 и составляет 1,153. Деталь «Шток-поршень», является работоспособной в следствии наложения на ее максимального давления при эксплуатации.

#### Список цитируемых источников

1. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд ; пер. с англ. — Москва : Мир, 1979. — 392 с.
2. Галлагер, Р. Метод конечных элементов. Основы / Р. Галлагер ; пер. с англ. — Москва : Мир, 1984. — 428 с.
3. Ганин, Н. Б. Проектирование и прочностной расчет в системе КОМПАС-3D V13 / Н. Б. Ганин. — М. : ДМК Пресс, 2011. — 488 с.

УДК 621.822.6

**М. С. Кравцов, Т. Я. Богданова**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
Барановичи, Республика Беларусь*

### ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ «ТРАВЕРСА» СТАНКА СБШ-250-32

**Введение.** Станки вращательного бурения шарошечным и долотами типа СБШ предназначены для бурения взрывных скважин на открытых горных разработках в сухих и обводненных, монолитных и трещиноватых породах с коэффициентом крепости 6—18 к ним относят: железные руды, известняк, вязкие кварциты и базальты, кремнистый сланец, кварцевый порфир и др. [1].

Деталь станка «Траверса» входит в конструкцию мачты станка бурового шарошечного СБШ 250-32, а именно, в узел опорный. Данная модель предназначена для бурения вертикальных и наклонных ( $15^\circ$  и  $30^\circ$  к вертикали) взрывных скважин при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Мачта представляет собой пространственную металлоконструкцию, внутри которой размещено оборудование для выполнения основных и вспомогательных работ, связанных с бурением. Мачта подвижно закреплена на опорах, расположенных на машинном отделении. Рабочее положение мачты — вертикальное, под углом  $15^\circ$  или  $30^\circ$  к вертикали. В транспортном положении мачта располагается горизонтально, опираясь на каркас отделения машинного. Изменение положения мачты осуществляется двумя гидроцилиндрами. В рабочих положениях мачта фиксируется механическим способом специальными устройствами, устанавливаемыми в нижней части каркаса отделения машинного.

Узел опорный предназначен для передачи осевого усилия и крутящего момента при бурении на долото, а также подвода воздушно-водяной смеси для охлаждения долота и очистки скважины от буровой мелочи (рисунок 1).

Целью работы является оптимизация конструкции детали «Траверса» станка СБШ-250-32 для снижения трудоемкости их изготовления.

**Основная часть.** В существующем варианте траверса изготавливается из 10 деталей путем их сварки (рисунок 2). Изготовление изделия в сварном виде занимает около 10 дней. Наибольшую долю этого времени занимает изготовление заготовки в виде поковки и непосредственно сварка деталей.

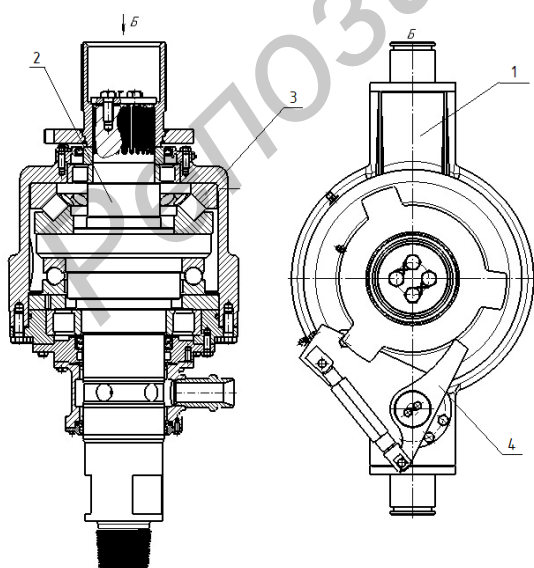


Рисунок 1 — Узел опорный:

1 — траверса; 2 — шпindelь; 3 — подшипник; 4 — стопор

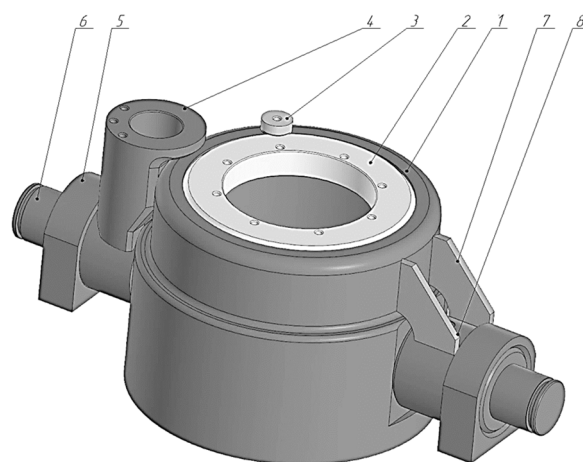


Рисунок 2 — Траверса сварная:

1 — корпус; 2 — кольцо внутреннее; 3 — бобышка; 4 — кронштейн;  
5 — упор (2 шт); 6 — цапфа (2 шт); 7 — ребро жесткости; 8 — ребро жесткости зеркальное