

SIMULATION EXAMINATION ON A ROLLER CONE BIT DURING ROTATIONAL DRILLING

Dobromir Netsov

University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski“, 1700 Sofia, e-mail: necov_21@yahoo.com

ABSTRACT. The drill bit is the main part of the bottom hole assembly that performs the drilling ahead in the rock formation. Its action and regime parameters are of crucial influence for an effective and reliable drilling process. A simulation computer research was performed in order to explore and improve drilling from adjacent wells through the most suitable parameters. The applied software package for achieving the goal is Autodesk Inventor. The subject of research is a used tricone drill bit with a diameter $\varnothing 311.15$ mm / 12 $\frac{1}{4}$ " - one of the most important diameters in drilling exploration and production wells. What is important in deformation-stress state analysis using the Finite Elements Method is the combined load of weight-on-bit and revolutions per minute of the drill bit during drilling ahead in the rock formation. Conclusions are drawn on the basis of the results.

Key words: roller cone bit, drill bit, weight-on-bit, revolutions per minute, torque, safety factor

СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СКАЛО-РАЗРУШАВАЩ ИНСТРУМЕНТ ПРИ ВЪРТЕЛИВО СОНДИРАНЕ

Добромир Нецов

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. Скало-разрушаващият инструмент осъществява непосредственото разрушаване скалата на забоя в сондажния процес. Неговото действие и режим на работа са основният фактор за надеждно сондиране, което е задължително условие за ефективни резултати. С цел подобряване на резултатите от съседните сондажи чрез подходящо съотношение на работните параметри е проведено симулационно компютърно изследване в среда на Autodesk Inventor. Обектът на изследване е отработено триролково длето с диаметър $\varnothing 311,15$ mm / 12 $\frac{1}{4}$ " – основен работен диаметър при проучвателни и експлоатационни сондажи. Определящи за анализа на деформационно-напреженовото състояние с метода на крайните елементи (МКЕ) са комбинираните сили на осево натоварване и честота на въртене на сондажния инструмент при разрушаване скалата на забоя. На база на резултатите са синтезирани съответните изводи.

Ключови думи: скало-разрушаващ инструмент, длето, осев товар, честота на въртене, въртящ момент, фактор на сигурност.

Същност и особености на методиката за провеждане на симулационното компютърно изследване

Обект на изследването е триролково длето, тип GX-20H (производство на Baker Hughes) с номинален диаметър $\varnothing 311,15$ mm / 12 $\frac{1}{4}$ " (фиг. 1).



Фиг. 1. Изглед на моделираното триролково длето

Избраното длето е отработено в сондажи в Централна Северна България. Методиката се състои в провеждане на компютърни симулации в среда на Autodesk Inventor при дефиниране на гранични условия за работните режими на натоварване и концентрация на повреди на щифтовите длета. Всички изчисления са извършени в съответствие със стойностите на работните параметри на сондиране.

Разглежданата методика съдържа: избор на обект и създаване на тримерен CAD-модел; експертно и аналитично определяне на екстремалните параметри на натоварване при различни работни режими; избор на програмна система за CAE – анализ; дефиниране на граничните условия (степените на свобода) (Минин 2015, 2017) и натоварване; получаване на резултати, които характеризират деформационно-напреженовото състояние на обекта; анализ на резултатите с оглед на разпределението на максималните стойности на напреженията, коефициента на сигурност (FOS), геометрията на детайлите и параметрите на работните режими.

Компютърно моделиране на триизмерен CAD-модел на триролково длето ВН GX – 20Н

Задачата е изпълнена, като на базата на действителните геометрични и механични параметри на обекта е създаден тримерен компютърен модел в CAD формат. За целта са използвани инструментите на програмата за 3D моделиране Autodesk Inventor. Създаден е моделът на сглобената единица, който съдържа всички детайли, свързани помежду си в съответствие със стандартите на изработване чрез разглобяеми или неразглобяеми съединения (фиг. 2).



Фиг. 2. Модел на триролково длето ВН GX – 20Н

Гранични условия и работни режими за провеждане на структурния МКЕ-анализ

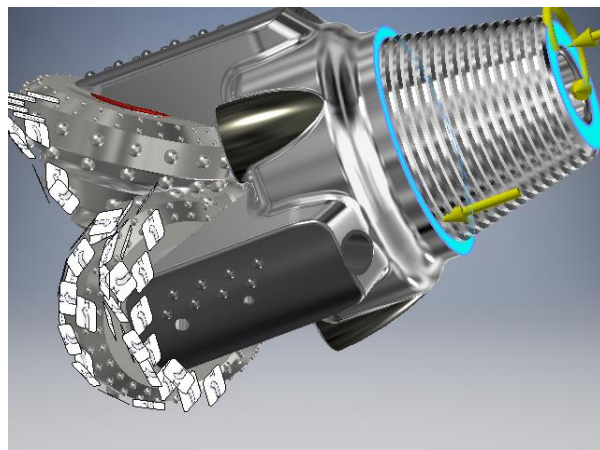
При уточняване на граничните условия, които се определят от особеностите на работните режими и разпределението на натоварването в скало-разрушаващия инструмент по време на сондиране, са взети под внимание следните предпоставки:

1. Определяне на подходящи работни параметри съобразно конкретните условия на работа.
2. Прецизно параметризиране на геометричните модели по форма, метрика и физико-механични константи на материала.
3. Дефиниране на ограниченията на степените на свобода чрез пълно фиксиране или ограничаване на една, две или три степени на подвижност при изследването.
4. Моделиране на режим на работа в граници, препоръчани от производителя.
5. Линеен структурен анализ на обекта на изследване с цел определяне на големината и разпределението на еквивалентните напрежения (по von Mises) и коефициента на експлоатационна сигурност (FOS).
6. Оптимизиране на обекта с цел намаляване до приемливи граници на изчислителните операции, в съответствие с възможностите и производителността на използваните микропроцесорни изчислителни машини.

Гранични условия и натоварване на CAE-модела в програмната среда на Autodesk Inventor

Задаването на граничните условия е втората стъпка при параметрирането на CAE изследването. В конкретния случай характеристиките на процеса са следните:

- трите работни ролки осъществяват непосредственото разрушаване на скалата, въртейки се около осите си с помощта на ролкови и сачмени лагери, т.е. работят по контактна повърхност с една степен на свобода в радиално направление поради въртенето на сондажния инструмент и една степен на свобода по вертикала Y;
- Осевото натоварване се задава като вертикална разпределена сила с направление, перпендикулярно на хоризонталната (X,Z) равнина;
- Честотата на въртене е ротационна сила с една степен на свобода – въртливо движение около вертикалната ос Y;
- Силата на тежестта на длетото е вътрешна, обемна и има приложна точка в масовия му център. Големината и приложната точка се определят автоматично от програмата. (Фиг. 3).



Фиг. 3. Сили и опори в длетото

Резултати и обобщение на деформационно-напреженовия анализ

Методът на крайните елементи (FE анализ) определя поведението на модела като комбинира информацията, получена от всички образуващи елементи.

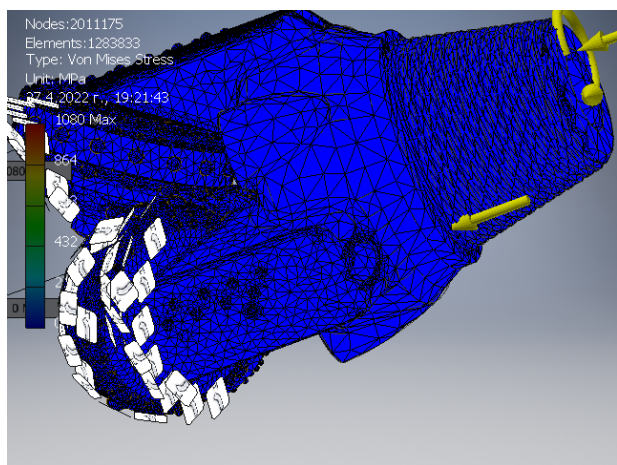
За конкретното изследване скало-разрушаващият инструмент е натоварен на максимално препоръчаните от производителя параметри с цел моделиране на работа в най-тежки условия.

Симуляционното изследване дава равномерно разпределено натоварване на натиск при максимална достигната стойност 51 МПа (таблица 1 и фигури 4 и 5). Параметърът е важен, тъй като повишаването на осевото натоварване до определена стойност води до повишаване на механичната скорост на сондиране. Отвъд нея настъпват нежелани последствия – повреди в корпуса на длетото, неконтролирано изкривяване на сондажа или натрупване на неизнесен скален материал на забоя. С

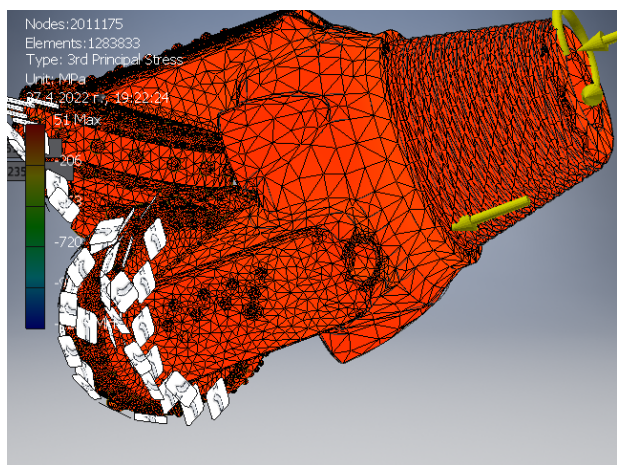
така зададен максимално препоръчителен осев товар моделът показва добра устойчивост за безаварийна работа.

Таблица 1. Резултати от деформационно-напреженовия анализ

Име	Минимум	Максимум
Обем	13124000 mm ³	
Маса	103,023 kg	
Напрежение по Von Mises (опън)	0 MPa	1080,45 MPa
Натоварване на натиск	-1234,77 MPa	51,4205 MPa
Деформация при изместване	0 mm	0,0321512 mm
Коефициент на запазване FOS	0,191586	15
Еквивалентно напрежение	0	0,00467668



Фиг. 4. Напрежение по von Mises (опън)



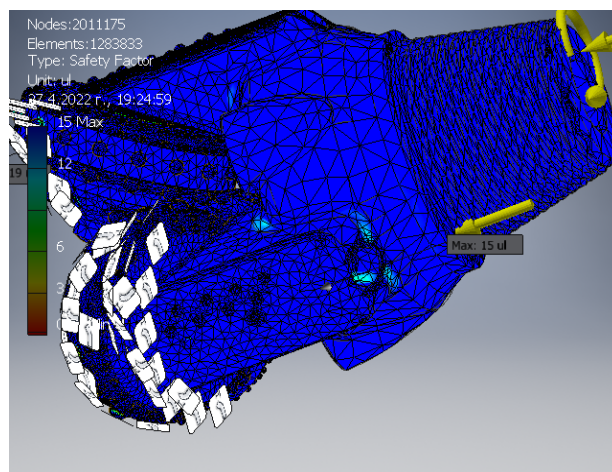
Фиг. 5. Разпределение на натоварването на натиск

Коефициентът FOS се базира на теорията на Mises – Henky (Савов 2007, Недялков, Савов 2015), според която той представлява отношение между големината на допустимото напрежение, съответстващо на границата на еластичност – σ_{limit} и тази на еквивалентното напрежение σ_{von} по von Mises ($\sigma_{limit} \geq \sigma_{von}$).

От това следва:

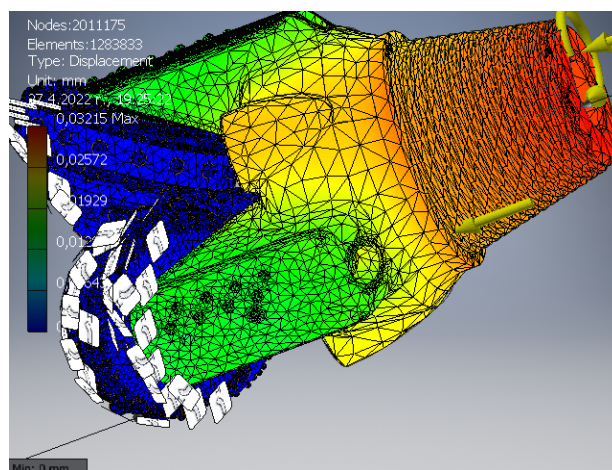
$$FOS = \frac{\sigma_{limit}}{\sigma_{von}} \geq 1 \quad (1)$$

При деформационно-напреженовия анализ, FOS достига максимална стойност 15 (таблица 1) в по-голямата част от корпуса на длетото (фиг. 6), което е значителна разлика между границата на еластичност и еквивалентното напрежение. Забелязват се отделни локални места около заваръчната част на лакките със стойности около 11÷12, което все още е висока стойност.



Фиг. 6. Разпределение на коефициента на запазване FOS върху длетото

Не на последно място е разгледана деформацията при изместване, т.е. при напредъка на скало-разрушаващия инструмент по време на сондирането със зададения режим (фиг. 7).



Фиг. 7. Разпределение на деформацията при изместване

Картината е по-различна от тази при останалите натоварвания при сравнително ниска максимална деформация – 0,0321512 mm (таблица 1). Зоната на най-напрегнатото състояние се намира в горната част на присъединителната резба. От нея надолу към ролките деформацията постепенно намалява, като в тях спада до 0 mm. Т.е. едно подобрене на конструкцията минава първо

през усилване характеристиките на резбата, а в по-малка степен – на корпуса на длетото и лапките.

➤ усъвършенстване на конструкцията на този тип длета.

Изводи от симулационния анализ

От направения симулационен анализ са изведени следните по-важни изводи:

- Извършен е анализ на възникващите напрежения и деформации при максимален препоръчан режим на осево натоварване при сондиране с триролково длето $\varnothing 311,15$ mm, тип ВН GX – 20Н;
- Локални концентрации на напрежения възникват в зоната на заваряване на лапките и горната част на присъединителната резба;
- Най-големите стойности на напреженията и деформациите са по-ниски от допустимите за конкретния случай на натоварване;
- Коефициентът на запазване на изследвания модел е с добри показатели – в граници 11÷15;
- Резултатите, съвместно с извършената работа от конкретното длето в полеви условия, са предпоставка за продължаваща изследователска работа в следните аспекти:
 - изследване на натоварването при преходни работни режими;
 - подобряване на технико-експлоатационните параметри;

Литература

- Минин, И. 2015. Симулационно моделиране и изследване на валцова трошачка за трошене на медни руди. – *Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски“, Свитък III, Том 58*, 7-10, ISSN 1312-1820.
- Минин, И. 2017. Симулационно компютърно изследване на кофата на челен товарач използван при производството на биогаз с модула “SOLID WORKS SIMULATION”. – *Българско списание за инженерно проектиране, брой I*, 23-27, ISSN 1313-7530.
- Недялков, П., С. Савов. 2015. Анализ и моделиране на свойствата на гумен амортизиращ елемент. – *Машиностроене и машинознание, ТУ-Варна, 2015, брой 24*, 54÷59, ISSN 1312-8612.
- Подерни, Р. Ю. 1985. *Горные машины и комплексы для открытых работ*, Москва, Недра.
- Савов С. 2007. Теоретично изследване на деформационно-напрегнатото състояние на най-натоварените детайли на силовия предавателен механизъм на рудничен електролокомотив тип „3300-2А“. – *Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски“, Том 50, Св. III*, 83÷88, ISSN 1312-1820.