

АНОТАЦІЯ

Рачкевич І.О. Прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони з врахуванням складного деформованого стану. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування». Підготовка дисертації здійснювалась в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу. Захист дисертації відбудеться в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу, 2021 р.

Дисертація присвячена вирішенню важливого науково-технічного завдання прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони з врахуванням нормальних і дотичних напружень в її поперечному перерізі.

В роботі набув подальшого розвитку метод оцінки напружено-деформованого стану ділянки бурильної колони, що знаходиться в довільно викривленому стовбурі свердловини з параметрами, що задаються за результатами промислової інклінометрії та профілометрії та піддається впливу осьової сили, згинального та крутного моментів. Для розрахунків використано твердотільне моделювання системи «ділянка бурильної колони – фрагмент стовбура свердловини» з подальшим застосуванням методу скінченних елементів. Це дало можливість здійснювати обчислення, враховуючи геометричні розміри замкових різьбових з'єднань бурильних труб і їх положення відносно стінок стовбура свердловини. Додатково існує можливість враховувати фізико-механічні властивості гірської породи.

Доопрацьовано методику визначення критичного зусилля стиску існуючого пристрою для керування траєкторією свердловини за допомогою твердотільного моделювання пакету пружних оболонок. Це дає можливість

більш точно задавати осьову силу, яка діє на відхильник, з метою ефективного керування траєкторією свердловини.

Вдосконалено лабораторний стенд для дослідження деформацій і напружень у трубних колонах, які знаходяться в довільно викривленому стовбурі свердловини. Зокрема проведено доопрацювання навантажувального вузла з метою реалізації ним осьових зусиль як розтягу, так і стиску. Завдяки цьому з'явиться можливість фізичного моделювання ділянок бурильних колон, які знаходяться як вище, так і нижче нейтрального перерізу.

Набув подальшого розвитку метод прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони на основі механіки руйнування. Зокрема, розроблено твердотільну тривимірну модель висадженої частини бурильної труби з напівеліптичною втомною тріщиною в небезпечному перерізі. При цьому модель навантажується осьовою силою, згинальним і крутним моментами. Це дає можливість визначати коефіцієнти інтенсивності напружень нормального відриву та поперечного зсуву перед фронтом втомної тріщини враховуючи як нормальні так і дотичні напруження в площині її поширення з подальшим розрахунком кількості циклів до настання критичного стану.

Ключові слова: колона бурильних труб; похило-скерована свердловина; осьове навантаження; згинальний та крутний моменти; напружено-деформований стан; нормальне та дотичне напруження; втомна довговічність; напівеліптична тріщина; коефіцієнт інтенсивності напружень.

ANNOTATION

Rachkevych I.O. Prognosis of the drill string elements fatigue longevity with consideration of complicate deformable state. – Academic qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for obtaining the academic degree of the Philosophy Doctor in specialty 133 – «Industrial machinery engineering». The dissertation is prepared in the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 2021.

The dissertation solves important scientific-technical problem of prognosis of the drill string elements fatigue longevity with consideration of normal and shear stresses in its cross section.

Method of estimation of stress-strain state of the drill string section in the arbitrarily curved well is developed. Results of well survey are used as parameters of curved well. Axial force, bending moment and torque are taken in to account during calculations. 3D modeling of the system «drill string section – well section» is used for calculations by the finite elements method. It gives possibility to calculate with consideration of geometrical parameters of drill pipes screw joints and their positions according to well walls. There is additional possibility to take in to account of physical and mechanical parameters of rock.

Methodic of determination of the critical compression load of the device for managing of the well trajectory using 3D modeling of elastic shells packet is gotten refinement. It gives possibility to set more accurately axial load that acts on the device with purpose of more effective managing of the well trajectory.

Laboratory equipment for research of deformations and stresses in the pipe string models in the arbitrarily curved wells is improved. In particular, loading unit is upgraded by the purpose of realization of axial tension and compression force. It gives possibility of physical modeling of the drill pipes that are located higher and lower of drill string neutral cross section.

Method of prognosis of the drill string elements fatigue longevity is developed using fracture mechanics. In particular, 3D model of the upset end of the drill pipe with semi elliptical crack in its cross section is developed. The 3D model is loaded by the axial force, bending moment and torque. It gives possibility to determine stress

intensity factor for opening model and in-plane shear model of crack growth with take in to account normal and shear stresses in to dangerous cross section. Consequently, it gives possibility to calculate quantity of load cycles to critical condition.

Key words: drill string; directional well; axial load; bending moment and torque; stress-strain state; normal and shear stress; fatigue longevity; semi elliptical crack; stress intensity factor.

Список публікацій здобувача

1. Andriy Dzhus, Ruslan Rachkevysh, Andriy Andrusyak, Iryna Rachkevych, Oleksandr Hryhoruk, Serhii Kasatkin. Evaluation the stress-strain state of pumping equipment in the curvilinear sections of the well. *Management Systems in Production Engineering*. 2020. Vol. 28, Issue 3. P. 189 – 195. **(Індексується в базі Scopus)**.

2. Rachkevych R., Rachkevych I. The Stress-Strain State of the Drill String at the Section of the borehole with a Cavern. *Journal of Material Science Research*. 2016. Vol. 5. No. 2. P. 128 – 146. **(Закордонне наукове періодичне видання)**.

3. Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Рачкевич І.О. Розрахунок залишкового ресурсу насосної штанги. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2017. № 3 (64). С. 50 – 56. **(Наукове фахове видання України)**.

4. Копей В., Artym V., Rachkevych I., Rachkevych R. Estimation of the drill pipes residual resource under the multiaxial stress state. *Technology audit and production reserves*. 2019. № 1/1 (45). P. 58 – 64. **(Наукове фахове видання України, індексується в базі Index Copernicus)**.

5. Олексюк М.П., Рачкевич Р.В., Яциняк І.І., Рачкевич І.О., Івасів В.М. Розроблення конструкції та аналіз стійкості пакету пружних оболонок пристрою для керування траєкторією свердловини. *Нафтогазова енергетика*. 2019. № 2 (32). С. 61 – 69. **(Наукове фахове видання України)**.

6. Rachkevych R., Ivasiv V., Bui V., Yurych L., Rachkevych I. Laboratory research of the stress-strain state of the drill string in the local bend of the well. *Technology audit and production reserves*. 2019. № 1/1 (45). P. 15 – 24. **(Наукове фахове видання України, індексується в базі Index Copernicus)**.

7. Рачкевич Р.В., Рачкевич І.О., Івасів В.М. Лабораторне моделювання напружено-деформованого стану бурильних колон у локальних перегибах свердловин. *Машини, обладнання і матеріали для нарощування вітчизняного видобутку нафти і газу PGE – 2018*: Матеріали II міжнародної науково-технічної конференції (Івано-Франківськ, 24 – 27 квіт. 2018). Івано-Франківськ, 2018. С. 234 – 236. **(Тези конференції)**.

8. Рачкевич І.О. Тривимірне моделювання напружено-деформованого стану колони бурильних труб у криволінійному стовбурі свердловини. *Science – the Future of the Word: The 5th International scientific and practical conference* (Prague, June 23 – 24. 2020). Prague, 2020. P. 131 – 136. **(Тези конференції)**.