

РОЗРАХУНОК НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ БУРОВИХ УСТАНОВОК

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. На прикладі підйимальної системи бурових установок запропоновано метод розрахунку нестационарних процесів в машинних агрегатах, який ґрунтується на сумісному інтегруванні нелінійних диференціальних рівнянь електромагнітного стану асинхронних двигунів і звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь з частковими похідними, що описують рух механічної системи, і забезпечує підвищення точності визначення динамічних зусиль в елементах машин та дає можливість виявляти автоколивальні явища квазірезонансного характеру і прогнозувати ресурс відповідальних деталей та вузлів. Для чисельної реалізації методу побудовано алгоритм розв'язання задач із застосуванням скінченнорізницевої дискретизації ланок, що мають яскраво виражені розподілені параметри.

Ключові слова: бурова установка, електромеханічна система, нестационарні процеси, метод скінченних різниць.

Дослідженням динаміки бурових установок приділяється значна увага у зв'язку з відповідальністю бурової техніки, екстремальними умовами її експлуатації, динамічним характером навантажень привідних систем й несівних металоконструкцій [1-4]. Наукові розробки у даній галузі ґрунтуються на загальних методологічних принципах динаміки механізмів і машин і враховують особливості конструктивного виконання та специфіку експлуатаційних режимів машин нафтової і газової промисловості.

Велика увага спеціалістів у галузі розрахунку та конструювання бурових установок приділяється аналізу коливальних явищ у підйимальній системі, що пов'язано зі значним зростанням навантажень її елементів під час виконання спуско-підйимальних операцій. Багато робіт присвячено теоретичному дослідженню процесів пуску і гальмування підйимальних механізмів. Широко досліджується динамічна взаємодія колони бурильних труб зі свердловиною і бурового інструменту з вибоєм. Більшість досліджень з динаміки бурових установок підтверджує суттєвий вплив коливальних процесів на зусилля в елементах трансмісії, талевому канаті, колоні бурильних туб, несівних металоконструкціях.

У наукових працях знайшли застосування як дискретні, так і континуально-дискретні розрахункові моделі бурових установок. У багатьох дослідженнях колона бурильних труб розглядається як пружна ланка з розподіленими параметрами. Такий підхід слід визнати обґрунтованим, оскільки довжина колони сучасних бурових установок сягає кількох тисяч метрів, а її маса – сотень тон. Привід бурової установки здебільшого розглядають як абсолютно жорстке тіло. Для наближених оцінок динамічних навантажень у колоні, талевому канаті і конструкції вишки таке припущення є прийнятним. Однак, для дослідження динаміки трансмісії і аналізу віброактивності силових агрегатів необхідно привідну систему розглядати більш детально. Крім цього, математичне моделювання динамічних процесів у бурових установках необхідно здійснювати на основі застосування уточнених континуально-дискретних розрахункових моделей і врахування динамічних властивостей привідних двигунів, оперативних муфт, систем керування, а також чинників, що визначають технологічні навантаження.

У даній праці на прикладі підйимальної системи бурових установок запропоновано метод розрахунку нестационарних режимів роботи машинних агрегатів, як електромеханічних систем, із застосуванням нелінійних континуально-дискретних розрахункових моделей та врахування взаємозв'язку механічних коливань і електромагнітних коливальних явищ в асинхронних

двигунах. Дискретизацію рівнянь руху виконано шляхом сітково-різницевої апроксимації функцій, що описують переміщення колони бурильних труб, як одномірного пружного тіла.

Побудовані скінченно-різницеві схеми у просторово-часовій області дають можливість аналізувати хвильові явища у колоні бурильних труб східчастого поперечного перерізу за допомогою нескладних алгебричних формул. Даний підхід є достатньо ефективним як у випадках плавної зміни навантажень, так і у випадках, коли динамічні процеси супроводжуються ударними навантаженнями, що генерують хвилі деформацій із крутим фронтом.

Дослідження перехідних режимів роботи машинного агрегату ротора бурових установок підтверджують наявність тісного взаємозв'язку електромагнітних і хвильових механічних коливальних явищ, що необхідно враховувати при оцінці міцності і надійності відповідальних деталей і вузлів. Коливання моменту двигуна, зумовлені електромагнітними перехідними процесами, суттєво впливають на віброактивність машинного агрегату. В режимі електромагнітного резонансу навантаження на елементи агрегату можуть перевищувати номінальні значення у 10 – 15 разів і більше.

При нестационарних режимах роботи підйомної системи бурових установок динамічні зусилля в елементах конструкцій значною мірою залежать від максимального значення і характеру зростання моменту тертя в оперативному фрикційному пристрої. Більші коефіцієнти динамічності притаманні ланкам привідних механізмів, менші – талевому канатові, вищці і бурильній колоні. Забезпечення раціональних характеристик привідної системи дає можливість досягти зниження динамічних навантажень в елементах установки на 30 – 40%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моделирование нештатных ситуаций при бурении глубоких скважин: монография / [В. И. Гуляев, С. Н. Глазун, О. В. Глушакова и др.] – Киев: Издательство «Юстон». – 2017. – 544 с.
2. Kharchenko Ye., Hutyi A., Haiduk V. The influence of friction forces on longitudinal waves propagation in a drill string under release of a stuck borehole. Tribologia, 2018, Volume 282, Nr 6, pp. 79-87.
3. Khulief Y.A., Al-Naserb H. Finite element dynamic analysis of drillstrings. Finite Elements in Analysis and Design, 41, (2005), pp. 1270–1288.
4. Tucker R. W., Wang C. An integrated model for drill-string dynamics. Journal of Sound and Vibration, 224 (1), (1999), pp. 123–165.

Харченко Євген Валентинович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Опір матеріалів та будівельна механіка», Національний університет «Львівська політехніка», Львів, e-mail: evhen.v.kharchenko@lpnu.ua;

Віра Володимир Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра «Опір матеріалів та будівельна механіка», Національний університету «Львівська політехніка», Львів, e-mail: volodymyr.v.vira@lpnu.ua;

Мальон Андрій Володимирович, студент групи МП-21, Інститут механічної інженерії та транспорту, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, e-mail: andrii.malon.mp.2019@lpnu.ua.

CALCULATION OF NON-STATIONARY PROCESSES IN ELECTROMECHANICAL SYSTEMS DRILLING INSTALLATIONS

Abstract. *On the example of the lifting system of drilling rigs the method of calculation of nonstationary processes in machine units is offered, which is based on joint integration of nonlinear differential equations of electromagnetic state of induction motors and usual differential equations and partial differential equations describing the motion of mechanical system. in the elements of machines and makes it possible to detect self-oscillating phenomena of quasi-resonant nature and predict the life of critical parts and components. To numerically implement the method, an algorithm for solving problems using finite-difference sampling of units with pronounced distributed parameters is constructed.*

Keywords: *drilling rig, electromechanical system, non-stationary processes, finite difference method.*

Kharchenko Yevhen, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Material Resistance and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, e-mail: yevhen.v.kharchenko@lpnu.ua;

Vira Volodymyr, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Material Resistance and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, e-mail: volodymyr.v.vira@lpnu.ua;

Malion Andrii, student of MP-21 group, Institute of Mechanical Engineering and Transport, Lviv Polytechnic National University, Lviv, e-mail: andrii.malon.mp.2019@lpnu.ua.