

06 June 2020

Report on the Thesis

“Modeling of nonlinear and stochastic dynamics of shallow drilling rods”

submitted by Mr Almaz Sergaliyev

for the degree of Doctor of Philosophy in specialty

6D070500 – Mathematical and Computer Modeling

The thesis deals with vibrations of vertical and horizontal rotating drilling rods affected by various factors, including material and geometric parameters of a drilling tool, stick-slip phenomena and borehole interactions. Nowadays, drilling is widely used in the oil and gas industries and finds important applications in various engineering solutions. Thus, the practical relevance of the studied problem is pretty obvious.

Development of mathematical models taking into account interaction with the environment, nonlinear and stochastic phenomena, coupling between bending, longitudinal and torsional vibration modes, along with several extra features is of significant importance for supporting efficient and safe drilling of oil and gas wells.

The thesis develops multi-parametric analysis of drilling rod vibrations with the use of key dimensionless quantities governing its dynamic behavior. Various combinations of these parameters oriented to a broad range of scenario are considered. As a result, a general classification of free vibrations along with the related shortened equations of motion is established. It covers the limiting setups, for which the bending stiffness or one of two pre-stress components (an axial compressive load or a torque) could be ignored. In addition, a multi-scale procedure using perturbations of limiting static solutions is proposed for studying a special case of low-frequency vibrations.

Other important results of the thesis include investigation of drilling rod dynamics using the method of generalized functions with finding the fundamental solution of the problem; development of new nonlinear mathematical models of coupled bending and torsional vibrations of a drilling rod pre-stressed by external loadings for 2D and 3D

formulations; modeling of a drilling rod taking into account its initial curvature, contact interactions with borehole walls, as well as bit-rock interactions; analysis of stochastic vibrations of a drilling rod in more sophisticated setups.

Modern methods in solid mechanics and theory of structural vibrations, along with perturbation, asymptotic, variational and numerical methods are adapted in the thesis.

The theoretical and practical results achieved by Mr Almaz Sergaliyev demonstrate a mastery in implementing of advanced mathematical techniques and modern computer technologies, along with a clear ability of physical interpretation of the observed phenomena. The thesis makes a significant contribution to the general field of Mathematical and Computer Modeling, in particular, to the highly challenging problem of drilling.

Mr Almaz Sergaliyev visited School of Computing and Mathematics, Keele University, UK, in 2014-2015, 2016 and 2017. During his visits, Almaz conducted research under my supervision within the topic of his PhD thesis, including asymptotic analysis of vibrating structures. The obtained results were published in our joint paper entitled "On the dynamics of drilling", which has recently appeared in the International Journal of Engineering Stocience.

I recommend to accept the thesis "Modeling of nonlinear and stochastic dynamics of shallow drilling rods" by Mr Almaz Sergaliyev as a requirement for his doctoral degree. I also recommend to award Mr Almaz Sergaliyev the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Mathematical and Computer Modeling at al-Farabi Kazakh National University.



Prof Julius Kaplunov

Fellow of European Academy of Sciences
Head of Mathematics Division,
School of Computing and Mathematics
Keele University,
Keele, Staffordshire,
ST5 5BG, UK
Tel: +44 1782 733526
Email: j.kaplunov@keele.ac.uk

6 июня 2020 г.

Отзыв на диссертацию

«Моделирование нелинейной и стохастической динамики буровых штанг неглубинного бурения»,

представленную г-ном Сергалиевым Алмазом
на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности
6D070500 – Математическое и компьютерное моделирование

Диссертационная работа связана с анализом колебаний вертикальных и горизонтальных вращающихся буровых штанг под влиянием различных факторов, в том числе параметров материала и геометрии бурового инструмента, прилипания и контакта штанги со стенкой скважины. В настоящее время бурение широко используется в нефтяной и газовой промышленности, а также находит важные применения в различных инженерных проблемах. Таким образом, практическая актуальность изучаемой проблемы довольно очевидна.

Разработка математических моделей с учетом взаимодействия с окружающей средой, нелинейной и стохастической природы колебаний, связи между режимами изгибных, продольных и крутильных колебаний, а также учета других факторов имеет большое значение для обеспечения эффективного и безопасного бурения нефтяных и газовых скважин.

В диссертации рассмотрен многопараметрический анализ колебаний буровой штанги с использованием ключевых безразмерных величин, определяющих ее динамическое поведение. Рассмотрены различные комбинации этих параметров, ориентированные на широкий диапазон сценариев. В результате установлена общая классификация свободных колебаний вместе с соответствующими сокращенными уравнениями движения. Она включает предельные случаи, для которых жесткость на изгиб или один из двух компонентов предварительного напряжения (осевая сжимающая нагрузка или крутящий момент) могут игнорироваться. Кроме того, для изучения частного случая низкочастотных колебаний используется метод многих масштабов вместе с методом возмущения предельных статических решений.

Другими важными результатами диссертации являются исследование динамики буровой штанги с использованием метода обобщенных функций с нахождением фундаментального решения задачи; разработка новых нелинейных математических моделей изгибно-крутильных колебаний буровой штанги, предварительно нагруженной внешними нагрузками, для 2D и 3D случаев; моделирование буровой штанги с учетом ее начальной кривизны, контактных взаимодействий штанги со стенками скважины, а также взаимодействий долота с породой; анализ стохастических колебаний буровой штанги в более сложной постановке.

В диссертации использованы современные методы механики деформируемого твердого тела и теории колебаний конструкций, а также возмущающие, асимптотические, вариационные и численные методы.

Теоретические и практические результаты, полученные г-ном Алмазом Сергалиевым, демонстрируют глубокие знания в применении сложных математических методов и современных компьютерных технологий, а также хорошую способность физической интерпретации наблюдаемых явлений. Диссертация вносит значительный вклад в общую область математического и компьютерного моделирования, в частности, в очень сложную проблему исследования буровых процессов.

Г-н Алмаз Сергалиев посещал факультет математики и вычислительных технологий Килского университета, Великобритания, в 2014-2015, 2016 и 2017 годах. Во время своего визита Алмаз проводил исследования под моим руководством по проблеме, связанной с темой его PhD диссертации, включая асимптотический анализ колебательных систем. Полученные результаты были опубликованы в нашей совместной статье под названием «On the dynamics of drilling» в журнале International Journal of Engineering Science.

Я рекомендую диссертацию г-на Алмаза Сергалиева «Моделирование нелинейной и стохастической динамики буровых штанг неглубинного бурения», как отвечающую всем предъявляемым требованиям, к принятию на соискание докторской степени. Я также рекомендую г-на Алмаза Сергалиева к присуждению степени доктора философии (PhD) по специальности Математическое и компьютерное моделирование КазНУ им. аль-Фараби.

[Подпись]

Профессор Юлий Каплунов

Член Европейской Академии Наук

Заведующий математическим отделением,

Факультет математики и вычислительных технологий,

Килский Университет,

Кил, Стаффордшир

ST5 5BG, Великобритания

Тел: +44 1782 733526

Email: [j.kaplunov@keele.ac.uk](mailto:j.kaplunov@ Keele.ac.uk)

Республика Казахстан, город Алматы,

Тринадцатое июня две тысячи двадцатого года.

Перевод с английского языка на русский язык выполнен переводчиком ТОО «Ariana Translation (Ариана Транслэйшн)», Исмагиловой Региной Рафиковной.

Подпись



Исмагилова Регина Рафиковна



e-mail: ariana-translation@mail.ru
+7 702 666 18 00