

куполами / А. Н. Тяпкина, Ю. К. Тяпкин, А. И. Окрепский // Геофизический журнал. – 2015. – Т. 37, № 1. – С. 147–164.

3. Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки для подсчета запасов углеводородов в условиях карбонатных пород с пористостью трещинно-кавернового типа / В. Б. Левянт, И. Ю. Хромова, Е. А. Козлов [и др.]. – Москва : Федер. агентство по недропользованию, 2010. – 250 с.

УДК 622.276

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЖИМАЕМОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ ТРЕХОСНОМ СЖАТИИ

А. М. Жуковский

*БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение
«Белоруснефть», г. Гомель*

П. П. Повжик

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Отмечено, что построение геомеханических моделей скважин и месторождений основывается на информации о пространственном распределении физико-механических свойств горных пород и их напряженно-деформированном состоянии. Физико-механические свойства горных пород получают при проведении лабораторных испытаний на образцах керна. Одним из таких исследований является испытание по определению предела прочности при трехосном сжатии. Рассмотрен подход анализа и интерпретации информации для определения общей сжимаемости, сжимаемости твердой фазы и порового объема при проведении лабораторных испытаний на предел прочности при трехосном сжатии.

Ключевые слова: лабораторные испытания, предел прочности при трехосном сжатии, общая сжимаемость, сжимаемость зерна, сжимаемость порового объема.

DETERMINATION OF COMPRESSIBILITY BASED ON THE RESULTS OF TRIAXIAL COMPRESSION STRENGTH TESTS

A. M. Zhukouski

BelNIPIneft RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel

P. P. Povzhik

RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel

Construction of geomechanical models of wells and oil fields is based on information about the spatial distribution of physical and mechanical properties of rocks and their stress-strain state. Physical and mechanical properties of rocks are obtained during laboratory tests on core samples. One of such studies is a test to determine the ultimate strength under triaxial compression. This paper considers an approach to the analysis and interpretation of information to determine the total compressibility, compressibility of the solid phase and pore volume during laboratory tests for the ultimate strength under triaxial compression.

Keywords: laboratory tests, triaxial compression strength, total compressibility, grain compressibility, pore volume compressibility.

Керновый материал, извлеченный из скважины, ограничен, при этом хотелось бы получать на одном и том же образце горной породы весь комплекс возможных испытаний: геохимические, петрофизические и геомеханические свойства. Для одного образца выполнить все эти исследования затруднительно либо невозможно по следующим причинам: различные требования к размерам, подготовки, условиям проведения эксперимента, а также разрушение образца при геомеханических экспериментах. В связи с этим в последнее время активно развивается направление «цифрового керна» [1–3], позволяющее создавать цифровой двойник образца керна с возможностью неограниченного проведения на нем цифровых лабораторных испытаний. Таким образом, актуальным является вопрос о максимальном получении информации с проведенных лабораторных испытаний на образцах керна.

Цель работы – разработать методический подход анализа и интерпретации информации для определения общей сжимаемости, сжимаемости твердой фазы и порового объема при проведении лабораторных испытаний на предел прочности при трехосном сжатии.

Решение задачи. Исследование физико-механических свойств кернового материала (модуль упругости, коэффициент Пуассона, предел прочности) проводят на лабораторном оборудовании, воспроизводящем условия залегания: пластовая температура, а также создание всестороннего и порового давления. При проведении экспериментов на предел прочности при трехосном сжатии выполняется запись осевой и радиальной деформации, а также осуществляется регистрация скоростей упругих волн с целью определения динамических упругих свойств. Стандартная схема проведения испытаний такого типа представлена на рис. 1, б).

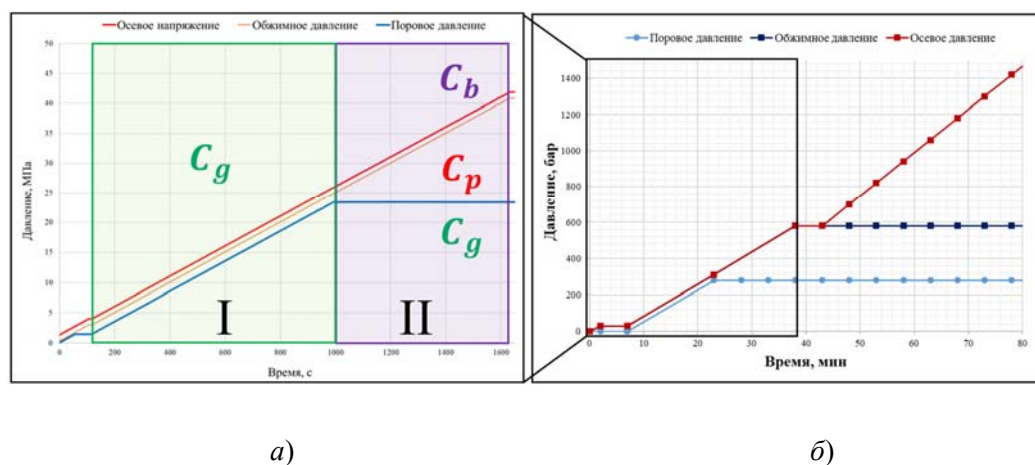


Рис. 1. Выход на пластовые условия (а) и схема нагружения эксперимента (б) по определению предела прочности при трехосном сжатии

Результатом проведения эксперимента является определение пикового значения нагрузки, при которой разрушается образец, – это величина принимается за предел прочности при трехосном сжатии. Для определения упругих модулей используются прямолинейные участки нагружения (рис. 2). По известным значениям осевой деформации и осевого напряжения определяется статический модуль Юнга (рис. 2, а), по отношению изменения радиальной к осевой деформации рассчитывается статический коэффициент Пуассона (рис. 2, б).

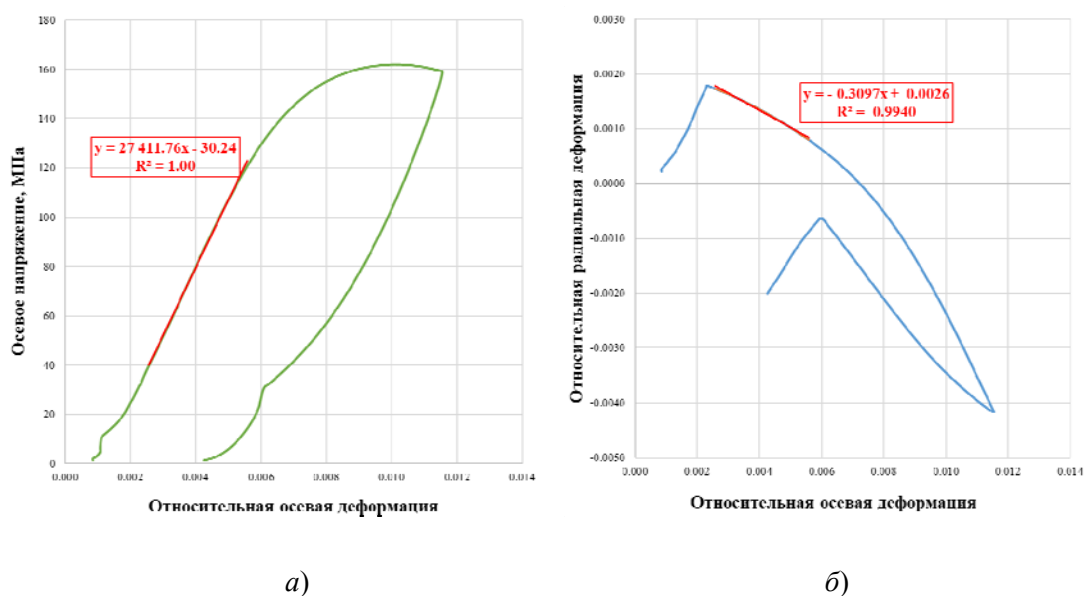


Рис. 2. Определение статических модуля Юнга (а) и коэффициента Пуассона (б)

Создание и выход на пластовые условия при проведении этого эксперимента происходит по схеме, выделенной на рис. 1, а). При стандартном подходе эта часть эксперимента не применяется на этапе анализа результатов испытаний. В работе предлагается использовать данный участок с целью определения на нем общей сжимаемости, а также сжимаемости твердой фазы и порового объема.

Участок I (рис. 1, а) – это участок изостатического сжатия, на котором, можно определить сжимаемость твердой фазы образца (C_g). (С_г) Приложение изостатического давления обжима и порового давления к образцам при идентичных контролируемых компьютером значениях интенсивности при нагружении до начального целевого значения радиального напряжения является основным лабораторным методом измерения сжимаемости зерен [4].

На участке II (рис. 1, а) происходит повышение давление обжима до пластовых условий при постоянном поровом давлении, для этого участка можно определить общую сжимаемость (C_b) (С_б) – это производное значение объемной деформации на данном этапе нагружения по отношению к напряжению обжима [4]. При получении величины общей сжимаемости и зная величину сжимаемости твердой фазы можно рассчитать величину сжимаемости порового объема (C_p). (С_р)

Таким образом, предложенный подход позволяет определить общую сжимаемость, а также сжимаемость твердой фазы и пустотного пространства по результатам записи осевой и радиальной деформации для участка эксперимента, на котором осуществляется выход на пластовые условия при проведении испытаний на предел прочности при трехосном сжатии. Данный участок ранее не использовался при анализе результатов испытаний образцов керна.

Л и т е р а т у р а

1. Балашов, В. А. Технология «цифровой керн» и суперкомпьютерные вычисления / В. А. Балашов, Е. Б. Савенков, Б. Н. Четверушкин // Вестник Российской академии наук. – 2023. – Т. 93, № 6. – С. 503–511.

2. Катанов, Ю. Е. Цифровой керн: аппроксимационные модели текстурных особенностей пустотного пространства песчаников / Ю. Е. Катанов, А. К. Ягафаров, А. И. Аристов // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2023. – Т. 47, № 2 (110). – С. 33–42.
3. Многомасштабные цифровые модели керна: практика применения / И. Д. Магдеев, И. А. Варфоломеев, Н. В. Евсеев [и др.] // ПРОнефть. Профессионально о нефти. – 2024. – Т. 9, № 1 (31). – С. 183–191.
4. МакФи, К. Лабораторные исследования керна: гид по лучшим практикам / К. МакФи, Дж. Рид, И. Зубизаретта. – Москва – Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2018. – 924 с.

УДК 622.24.053.6

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НАКОПЛЕННОГО УСТАЛОСТНОГО ИЗНОСА БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

М. Г. Гегедеш, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

А. А. Туркевич

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Выполнен анализ современных методов оценки накопленного усталостного износа труб буровой колонны. Предложен алгоритм динамического расчета накопленной усталости каждой используемой при проходке скважин нефтяных месторождений трубы на основе решения задачи по определению прочности и усталости ее материала в статической постановке для каждого фиксируемого момента времени проходки. Определены необходимые исходные данные для реализации алгоритма.

Ключевые слова: буровая колонна, усталостные повреждения, износ буровой трубы, алгоритм расчета накопленного износа.

MODERN APPROACHES TO ASSESSING THE ACCUMULATED FATIGUE WEAR OF DRILLING PIPES

M. G. Gegedesh, N. V. Bocharov, V. M. Tkachev

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

A. A. Turkevich

RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel

The analysis of modern methods for assessing of the accumulated drill string pipes fatigue wear is performed. The article proposes an algorithm for dynamic calculating of the accumulated fatigue of each pipe used in drilling wells based on solving the problem of determining the pipe material strength and fatigue in a static statement for each recorded drilling time moment. The necessary initial data for the algorithm implementation are determined.

Keywords: drill string, fatigue damage, drilling pipe wear, calculation algorithm for accumulated fatigue wear.

В настоящее время на нефтяных месторождениях Республики Беларусь увеличивается количество скважин со сложным профилем – наклонно-направленные скважины с протяженным горизонтальным участком. При бурении таких скважин возникает сложное напряженно-деформированное состояние в буровых трубах (БТ), которое вызывает рост инцидентов, связанных с усталостным разрушением бурового инстру-