

означает, что значение напряжения $-170,62$ МПа, полученное на участке с изгибом, больше допустимого значения, и свидетельствует, что участок с изгибом не отвечает нормативным условиям прочности.

Как показывают расчеты большое количество участков не отвечает нормативным условиям прочности, что становится основной причиной разрушений магистральных газопроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгих Г.М., Вельчев С.П. Строительство на вечномёрзлых грунтах: проблемы качества // Международный журнал «Геотехника». – 2010. – № 6. – С. 23–29.
2. Чухарева Н.В., Тихонова Т.В. Анализ причин аварийных ситуаций при эксплуатации магистральных трубопроводов в условиях Крайнего Севера в период с 2000 по 2010 год // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 3 – С. 231–243.
3. Вишневская Н.С., Тюфякова М.В., Карнович Е.В. Обеспечение устойчивого положения магистральных газонефтепроводов на проектных отметках. – Ухта: УГТУ, 2014. – 59 с.
4. ВСН 39-1.9-003-98 Конструкции и способы балластирования и закрепления подземных газопроводов. – М.: ОАО «Газпром», 1989. – 46с.
5. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85:2013.– М.: Стандартинформ, 2019. – 104 с.

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ, КАК РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ

А.К. Лукьянов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: alexandrlukianoff@yandex.ru

ANALYSIS OF FOREIGN EXPERIENCE OF MATHEMATICAL MODELING THE DISTRIBUTION OF FOREST FIRES, AS RESULTS OF TECHNOGENIC DISASTERS

A.K.Lukianov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: alexandrlukianoff@yandex.ru

***Annotation.** This article discusses the possibility of mathematical modeling of the spread of forest fires, as the results of technogenic catastrophes. The author analyzes the best foreign practices. This method allows you to do a comprehensive analysis of the methodological support of fire safety at especially dangerous and technically complex production facilities of the oil and gas complex.*

Анализ литературных источников показывает, что математическое моделирование природных пожаров в результате аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой промышленности является актуальной задачей, имеющей важное практическое значение.

Математическое моделирование определяется как изучение процессов и явлений математическими методами. Для техногенных объектов, наиболее перспективным является метод прогнозирования, основанный на математическом моделировании. По своей природе, задачи оценки рисков, прогнозирования последствий техногенных

аварий исключают проведение полномасштабных натуральных экспериментов, и математическое моделирование является единственным методом как получения картины развития гипотетических аварийных ситуации, так и анализа промышленных аварий, имевших место в прошлом.

Рассмотрим зарубежный опыт математического моделирования распространения лесных пожаров, как результатов техногенных катастроф.

Классической является работа Розермела Р. «A mathematical model for predicting fire spread in wild land fuels» (1972). Его математическая модель была разработана для прогнозирования скорости распространения и интенсивности пожара.

В работе Дрисси М. [1] представлена модель, предназначенная для имитации моделей пожаров в неоднородных ландшафтах. Анализ чувствительности был проведен для выявления наиболее влиятельных входных параметров модели, контролирующих распространение огня. Модель сочетает в себе особенности сетевой модели с характеристиками квази-физической модели взаимодействия горящих и негорящих клеток, которая сильно зависит от локальных условий ветра, топография и растительность. Модель применялась к австралийскому эксперименту по пожарам на пастбищах, а также к реальному пожару на Корсике в 2009. Прогнозы выгодно отличаются от экспериментов с точки зрения скорости распространения, площади и формы ожога.

В работе Глаза и Халанда «A note on mathematical modeling of elliptical fire propagation» [2] предлагается модель, основанная на принципе Гюйгенса, применяемом при распространении огня. В статье демонстрируется несколько простых примеров распространения огня, соответствующего как эллиптическому, так и неэллиптическому локальному распространению огня в однородных условиях.

В работе Домингоса [3] представлена теоретическая модель, описывающая конвективное взаимодействие между фронтом огня и окружающим воздухом, она предложена для объяснения явления взрыва, наблюдаемого в природе. Эта модель основана на ряде лабораторных экспериментов по взрыву пожара в каньонах, которые использовались для его проверки. Модель достаточно хорошо предсказывает общее поведение при пожаре, которое наблюдалось во время двух несчастных случаев со смертельным исходом, произошедших в Соединенных Штатах и одного в Португалии.

В работе Шауэ Кларис «The Mathematical Modeling of Forest Fires» [4] было применено дифференциальное уравнение. Реализуя это уравнение в C++ с помощью компьютерной программы было установлено, что лесные пожары усиливаются, если ветер дует в нескольких направлениях, увеличивая вероятность распространения огня. Кроме того, было установлено, что в пожарах, которые происходят ближе к центру леса, в конце концов, горит больше деревьев, чем у внешнего края. Этот тип информации имел значение для профилактики и тушения лесных пожаров. В статье Каруни, Хауэ, Бахлака и Чавет «A Simplified Mathematical Model for Fire Spread Predictions in Wildland Fires Combining between the Models of Anderson and Rothermel» [5] представлена полуэмпирическая математическая модель, использованы модели Андерсона (1983) и Ротермеля (1972).

Опыт шведских исследований моделирования лесных пожаров описан в работе Хансена Рикардо «Pilotstudy: Modeling of wildfires» [6]. Во время исследования была построена и усовершенствована примитивная модель лесного пожара, чтобы получить представление о сложностях и проблемах с разработкой операционной модели.

В работе Феррагута Ferragut, M.I. Asensi, Асенси и Симон «Forest Fire Simulation: Mathematical Model and Numerical Methods» [7] делается акцент на физической модели, которая описывает эволюцию физических величин для исследования фронта огня. Эта

модель учитывает три основных механизма распространения огня, а именно, содержание воды, радиационный эффект и эффекты топографии.

Отдельно рассмотрим ряд работ французского исследователя Морвана Доминго и его соавторов. В статье «Wild fires front dynamics: 3D structure and intensity at small and large scales» рассматривается трехмерная структура фронта пожара, распространяющегося через однородный пористый твердотопливный слой, она была исследована численно в лабораторных и полевых масштабах. В лабораторных масштабах численно воспроизводились пожары в аэродинамической трубе. Это моделирование было выполнено с использованием FIRESTAR3D, основанного на многофазной формулировке, которая включает основные физические явления, управляющие поведением при пожаре. Нестационарный подход RANS и метод Большого вихревого моделирования (LES) использовались для моделирования реактивного турбулентного потока, в то время как турбулентное горение моделировалось с использованием концепции вихревой диссипации (EDC) [8]. В статье «Framework for submodel improvement in wild fire modeling» проводится экспериментальное и численное исследование было проведено для оценки эффективности различных подмоделей и параметров, используемых для описания динамики горения лесных пожаров [8]. В статье «A 3D physical model to study the behavior of vegetation fire at laboratory scale» для прогнозирования поведения лесных пожаров в локальном масштабе (<500 м) была разработана трехмерная многофизическая модель, называемая «FireStar3D» [9].

В статье американского автора Уильяма Мелла описано моделирование распространения пожара, созданное с использованием подхода Эйлера с набором уровней (как реализовано в симуляторе динамики пожара между дикими землями и городским районом, WFDS) и метода маркеров (как реализовано в FARSITE) [10].

В заключение по анализу зарубежных исследований, отметим деятельность научной группы профессора Габриэля Вайнера (Университет Карлтон, Оттава, Канада) по визуализации и моделированию лесных пожаров (Центр визуализации и моделирования Карлтонского университета – V-Sim). Ученые работают над анализом множества переменных, которые влияют на направление и интенсивность лесных пожаров, а также факторов, которые в первую очередь вызывают их, для предотвращения возникновения таких бедствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Drissi M. Modeling the spreading of large-scale wild land fires. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1402/1402.6187.pdf> (дата обращения 26.12.2019).
2. Glasa J., Halada L. A note on mathematical modelling of elliptical fire propagation // Computing and Informatics. – 2011. – vol. 30. – no.6. – Pp. 1303–1319.
2. Viegas D.X. A mathematical model for forest fires blowup // Combustion Science and Technology. – 2005. – vol. 177. – no.1. – Pp. 27–51.
3. Shaw C. The Mathematical Modeling of Forest Fires. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hdl.handle.net/123456789/2631> (дата обращения 26.12.2019).
4. Karouni A., Bassam D., Samia B., Pierre C. A simplified mathematical model for fire spread predictions in wildland fires combining between the models of anderson and rothermel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Simplified-Mathematical-Model-for-Fire-Spread-in-Karouni-Daya/75827d2d59f03e81033d593cbfd2e974fe267dcf> (дата обращения 26.12.2019).
5. Pilot study: modeling of wildfires rickard hansen thesis for the degree master of science (one year) in mathematical modelling and simulation 15 credit points (15 ECTS credits)

- May 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rib.msb.se/Filer/pdf/24328.pdf> (дата обращения 27.12.2019).
6. Ferragut L., Asensio M.I. and Simon J. Forest fire simulation: mathematical models and numerical methods – [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.raczar.es/webracz/ImageServlet?mod=publicaciones&subMod=monografias&car=monografia34&archivo=051.pdf> (дата обращения 29.12.2019).
 7. Houssami M., Lamorlette A., Morvan D., Hadden R.M., Simeoni A. Framework for submodel improvement in wildfire modeling // Combustion and flame.– 2018. – vol. 190. – Pp.12–24.
 8. Morvan D., Accary G.M.S., Frangieh N., Bessonov. O. A 3D physical model to study the behavior of vegetation fires at laboratory scale // Fire safety journal. – 2018. –vol. 101. – Pp. 39–52.
 9. Bova A., Mell W., Hoffman C. A comparison of level set and marker methods for the simulation of wildland fire front propagation // International journal of wildland fire. – 2018. – vol.25. – Pp. 229–241.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ СИГОВСКОЙ СВИТЫ В БОЛЬШЕХЕТСКОМ НЕФТЕГАЗОНОСНОМ РАЙОНЕ

Н.М. Недоливко, Т.Г. Перевертайло

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: nedolivko@tpu.ru

THE CONDITIONS OF FORMATION OF DEPOSITS SIOVSKY SUITE IN THE BOLSHEKHETSKAYA OIL AND GAS REGION

N.M. Nedolivko, T.G. Perevertajlo

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: nedolivko@tpu.ru

Annotation. The lithological and facial features of the Upper Jurassic deposits of the Sigovskaya suite (J_{3sg}) in one of the fields of the Bolshekhetskoye oil and gas region of the West Siberian oil and gas province are considered. The complex structure of the suite was established, 4 packs (C-I, C-II, C-III, C-IV) were highlighted from bottom to top. The genetic relationship of the C-I member with the coastal-marine facies was revealed; C-II – with facies of waves of a shallow shelf; C-III – with relatively deepwater facies of the outer shelf; C-IV – with coastal marine facies.

Терригенные отложения сиговской свиты (J_{3sg}) Большехетского нефтегазоносного района Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции относятся к перспективным в нефтегазоносном отношении объектам со сложным геологическим строением, обусловленным литолого-фациальной изменчивостью. В районе исследования они охарактеризованы керном (выход 97–99 %) в интервале глубин 3441,4–3368,9, и по особенностям литологического состава и условиям образования разделяются на 4 толщи (снизу-вверх): C-I, C-II, C-III, C-IV. Теоретическими предпосылками явились представления Л.Г. Вакуленко и др. [1], П.А. Яна и др. [2], Конторовича и др. [1] о палеогеографическом развитии и условиям осадконакопления Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрский период.

Толща C-I (интервал глубин 3441,4–3430,14 м, рисунок 1) представлена песчаниками светло-серыми среднезернистыми полевошпатово-кварцевыми с внутриформационной галькой сидерит-глинистого состава, остатками древесины, растительным детритом,