

При этом максимальное разнообразие, индцировалось индексами, как правило, сразу после выжигания (в тот же год). Причиной этого явилось не внедрение новых видов, а более выровненное проективное покрытие видов на пироженных площадках за счет снижения проективного покрытия доминантов – главным образом, дерновинных злаков, сильно повреждаемых огнем. Такая реакция фитоценозов говорит о некотором «запасе прочности» степной растительности Даурии по отношению к действию огня и адаптированности к этому фактору на уровне особей и фитоценозов. Однако, в каждой реальной, неэкспериментальной, ситуации сообщество находится под действием комплекса факторов, некоторые из которых (интенсивный выпас скота, засухи, бессистемное движение автотранспорта) могут усугублять неблагоприятное влияние пожаров и выводить экосистему из равновесия, что необходимо учитывать в практике природопользования

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия.– М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. – 256с.

#### **АНАЛИЗ СРЕДСТВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ И ОЦЕНКА ИХ ФАКТИЧЕСКОЙ И НОРМАТИВНО ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗОК**

В.Г. Крец, А.В. Шадрина, Н.А. Антропова  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: kr\_nas\_sh@tpu.ru

#### **ANALYSIS OF TOOLS FOR GAS PIPELINES SECURING IN PERMAFROST SOIL AND PIPELINES ACTUAL AND ACCEPTABLE LOADS EVALUATION**

V.G. Krets, A.V. Shadrina, N.A. Antropova  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: kr\_nas\_sh@tpu.ru

***Annotation.** Huge natural gas reserves are located in the north of our country. Related to this is the need to lay pipelines in permafrost soils, and the important aspect is to increase the reliability of gas pipelines laid under this condition. The article discusses the existing design of devices for securing gas pipelines, their advantages and disadvantages are shown. The calculated values of stresses in a real pipeline are compared with the data of calculations for the strength and stability of the gas pipeline in accordance with the regulation.*

Традиционно на практике применяют такие средства закрепления трубопроводов в траншее, как железобетонные утяжелители (типа УБО и УБК). В сложных геокриологических условиях севера данные средства зарекомендовали себя как недостаточно надежные. В условиях продольно-поперечных перемещений трубопровода преимущество жестких, тяжелых закрепляющих конструкций перетекают в недостатки – увеличиваются усилия на трубопровод, что, в свою очередь приводит к аварийным ситуациям [1–3].

Железобетонные утяжелители охватывающего типа УБО и клиновидные типа 1-УБКм имеют такие недостатки, как: слабое взаимодействие с грунтом засыпки в траншее; существенные транспортные затраты при доставке; неэффективность при продольно-поперечных перемещениях трубопровода; возрастающие сосредоточенные усилия на трубопровод при его поперечных перемещениях; усложненная конструкция

средствами для предохранения изоляционного покрытия; высокая стоимость устройств; недостаточная надежность в многолетнемерзлых грунтах (ММГ).

Анкерные устройства винтового раскрывающего типа (ВАУ, АР) (вмораживаемые), предназначенные для закрепления от всплытия трубопроводов, проходящих через болота, обводненные участки и поймы рек, показали слабое взаимодействие с грунтом засыпки в траншее; необходимость усложнения анкерных устройств компенсаторами; недостаточную надежность в ММГ.

Нетканые синтетические материалы (НСМ) в сравнении с железобетонными утяжелителями имеют ряд преимуществ. Таких как: увеличение надежности за счет того, что НСМ имеет высокие значения коэффициента относительного удлинения при разрыве (70–100%); сокращение материальных и трудовых затрат при строительстве.

Один из имеющихся недостатков НСМ – высокое значение коэффициента относительного удлинения становится положительным фактором на многолетнемерзлых грунтах. Это объясняется тем, что удлинение полотна НСМ компенсирует подъем трубопровода в массиве вечномёрзлых грунтов, полотно сохраняет свою конструктивную целостность и продолжает выполнять роль стабилизирующего элемента прокладки газопроводов на вечной мерзлоте [4].

Для справедливой оценки технического состояния газопроводов необходимо располагать сведениями о фактических эксплуатационных нагрузках [3]. В качестве примера был рассмотрен аварийный участок трубопровода длиной 120 м, на котором произошло выпучивание газопровода на поверхность на 1 м. Определены основные геометрические и физические параметры магистрального газопровода в непроектном положении:  $E = 2,1 \times 10^5$  МПа; диаметр внешний  $D = 0,53$  м; толщина стенки  $\delta = 0,007$  м; диаметр внутренний  $\delta = 0,516$  м; прогиб  $f = 1$  м; длина участка  $l = 120$  м. Продольное напряжение определяем по теории чистого изгиба:

$$\sigma(f, l) = 8EJ \frac{f}{W(4f^2 + l^2)},$$

где  $J$  – момент инерции трубы,

$$J = \pi(D^4 - d^4)/64,$$

$W$  – момент сопротивления трубы,

$$W = \pi(D^4 - d^4)32D.$$

Тогда продольное напряжение  $\sigma(f, l) \approx 30,98$  МПа. Газопровод схематично представим в виде статически неопределимой системы. При изменении температуры в элементах статически неопределимых систем возникают дополнительные усилия, так называемые температурные напряжения:

$$\sigma_t = -\alpha \Delta t E = -201,6 \text{ МПа},$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения металла трубы, м;

$E$  – переменный параметр упругости (модуль Юнга), МПа;

$\Delta t$  – расчетный температурный перепад, принимаемый положительной величиной при нагревании, С.

Максимальные суммарные продольные напряжения от нормативных нагрузок и воздействий температурного перепада и упругого изгиба определяют по формуле:

$$\sigma_{np.n} = \sigma_t + \sigma(f, l).$$

Суммарные напряжения в результате сочетания растяжения и сжатия равны

$$\sigma_{np.n} = -201,6 + 30,98 = -170,62 \text{ МПа}.$$

Для оценки полученных значений напряжений проведено сравнение результатов расчетов с данными расчетов на прочность и устойчивость газопровода согласно СП 36.13330.2012 [5]. Результат расчета согласно СП 36.13330.2012 равен 162,2 МПа. Это

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