

DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-6-126-132
УДК 69.003.12

Д.Р. Гатиятуллина, Е.А. Тайлакова, Э.Д. Губайдуллина, Е.В. Кузнецова
(Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация)

ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ РАБОТ ПО БАЛЛАСТИРОВКЕ ГАЗОПРОВОДА

Dilara R. Gatiyatullina, Ekaterina A. Taylakova, Elvina D. Gubaidullina,
Elena V. Kuznetsova (Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Russian Federation)

OPTIMIZATION OF GAS PIPELINE BALLASTING COST WORKS

Введение

Широкое распространение различных криогенных геологических процессов на Крайнем Севере усложняет условия эксплуатации газопровода. Задача обеспечения высокого уровня надежности и эффективности функционирования магистральных газопроводов является комплексной проблемой. Передвижение газопровода от заданного положения в результате особенностей ландшафта и почвы - это одна из причин ухудшения его работоспособности. Поэтому крайне важно учесть технологию работ с использованием балластировки для обеспечения безопасного функционирования газопроводов. Различные конструкции и способы балластировки и закрепления газопроводов получили широкое распространение в практике линейного строительства.

Цели и задачи

Обосновать актуальность применения линейного программирования для решения задач с целью оптимизации затрат в условиях ограниченности ресурсов.

Методы

Методы линейного программирования, метод потенциалов.

Background

The wide distribution of various cryogenic geological processes in the Far North complicates the operating conditions of the gas pipeline. The task of ensuring a high level of reliability and efficiency of main gas pipelines operation is a complex problem. The movement of a gas pipeline from a set position as a result of landscape and soil features is one of the reasons for its capacity. Therefore, it is extremely important to consider the technology of work using ballasting to ensure the safe functioning of gas pipelines. Various designs and methods for ballasting and fixing gas pipelines are widespread in the practice of linear construction.

Aims and Objectives

To substantiate the relevance of using linear programming to solve problems in order to optimize costs in the conditions of limited resources.

Methods

Linear programming methods, potential method.

Результаты

Предложен метод оптимизации стоимости проекта балластировки газопровода в условиях болотистой местности Крайнего Севера на примере проекта «Прокладка газопровода - 6,659 км участка Ачимовских отложений» компании ООО «ГазЭнергоСтрой». Комплекс работ, предусмотренных проектом, включает в себя работы по монтажу газопровода, метанолапровода; обустройство кранового узла; монтажные работы узла запуска очистного устройства; монтажные работы узла приема очистного устройства. Исследованы сырьевая база и стоимость материалов в зависимости от расположения объектов по проекту. С помощью методов линейного программирования составлены матрицы стоимости и ограничений. Проведен анализ ограничений системы, зависящей от возможностей поставщика. Методом потенциалов получен оптимальный план организации закупок. Данное решение приведет к сокращению стоимости данной работы на 22,28 %, а также всего проекта в целом.

Results

A method is proposed for optimizing the cost of a gas pipeline ballasting project in the conditions of the marshland of the Far North on the example of the project «Construction the Gas Pipeline - 6.659 km Section of Achimov Deposit» by GazEnergoStroy LLC. The scope of work provided by the project includes the installation of a gas pipeline, methanol pipeline; equipping a crane unit; installation work of the purification device starting unit; installation work of the purification device receiving unit. The raw material base and the cost of materials are studied depending on the location of the facilities under the project. Using linear programming methods, cost and constraint matrices are compiled. The analysis of the system limitations, depending on the capabilities of the supplier has been fulfilled. Using the potential method, an optimal procurement plan has been obtained. This decision will reduce the cost of this work by 22.28 %, and also all project on the whole.

Ключевые слова: оптимизация; транспортная задача; метод потенциалов; балластировка; газопровод; балласт; трубопровод

Key words: optimization; transport problem; potential method; ballasting; gas pipeline; ballast; pipeline

Природной особенностью условий Крайнего Севера является наличие многолетнемерзлых пород сплошного и прерывистого распространения (Якутия, ЯНАО, Республика Коми). Это обуславливает широкое распространение различных криогенных геологических процессов, усложняющих условия эксплуатации газопровода (термокарстовых просадок, курумов, солифлюкции, пучения, обвалов, осыпей, болот, грунтовых вод и др.).

Задача обеспечения высокого уровня надежности и эффективности функционирования магистральных газопроводов является комплексной проблемой. Одна из причин ухудшения работоспособности газопровода -

его передвижение от заданного положения в результате особенностей ландшафта и почвы. Для обеспечения безопасного функционирования газопроводов крайне важно учесть технологию работ с использованием балластировки. Балласты предназначены для балластировки трубопроводов при сооружении, реконструкции и производстве капитального ремонта линейной части трубопроводов, проложенных в условиях болотистой местности [1].

В данной работе приведены результаты оптимизации стоимости проекта «Прокладка газопровода 6,659 км участка Ачимовских отложений» по прокладке газопровода, а имен-

но по проведению балластировки газопровода на примере компании ООО «ГазЭнергоСтрой» [2, 3].

Расположение на местности ресурсных и распределительных баз проекта представлено на рисунке 1.

К базе заказчика УКПГ-22 подведены железнодорожные и водные пути сообщения. Транспортировка ресурсов происходит от базы заказчика УКПГ-22 до распределительных баз автомобильным транспортом. Большая часть площадки заболочена. Мощность торфа составляет 0,3-0,7 м.

Комплекс работ, предусмотренных проектом, включает в себя работы по монтажу газопровода диаметром 219 мм и метаноопровода диаметром 57 мм; обустройство кранового узла DN 200 с перемычкой; мон-

тажные работы узла запуска очистного устройства; монтажные работы узла приема очистного устройства. Метаноопровод укладывается совместно с газопроводом слева по ходу движения газа [4].

Подземные трубопроводы и детали газопровода, арматура теплоизолируются скорлупами теплоизоляционными «ПЕНОПЛЕКС-45» толщиной 50 мм; надземные трубопроводы, детали трубопроводов и арматура теплоизолируются матами теплоизоляционными толщиной 50 мм в обвязке из сетки металлической № 20-0,5 и покрываются сталью оцинкованной толщиной 0,7 мм. Теплоизоляция запорной арматуры, фасонных изделий и сварных стыков на надземных участках трубопроводов выполняется съемной [5].

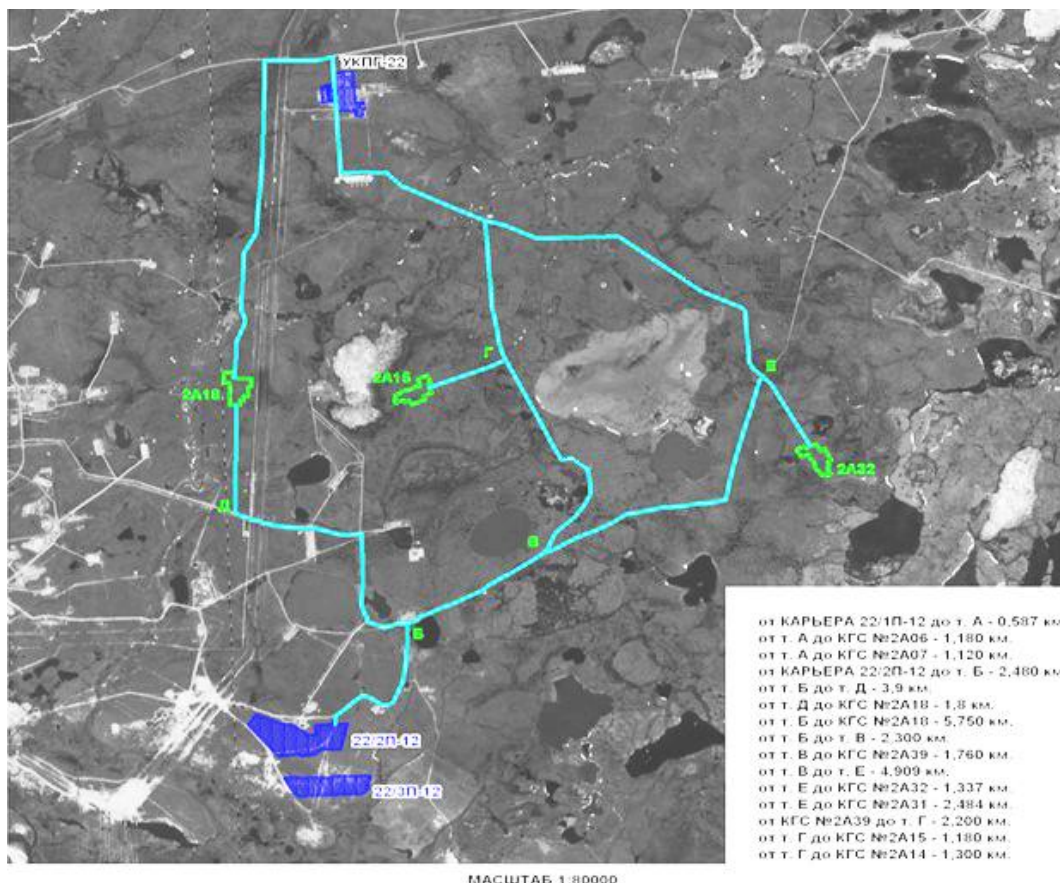


Рисунок 1. Транспортная схема строительства объекта

В состав работ по устройству метано-лопровода, последовательно выполняемых при балластировке трубопровода КТ-300Т, входят:

- подвозка и раскладка комплектов КТ-300Т вдоль траншеи;
- установка трапа и переходного мостика;
- заполнение контейнеров минеральным грунтом;
- монтаж КТ на трубопровод.

При балластировке трубопровода КТ-300Т в качестве основных материалов используются: минеральный грунт (плотностью не менее 1400 кг/м^3 с размерами фракции не более 50 мм в поперечнике); контейнеры текстильные КТ-300Т, отвечающие требованиям ТУ 102-588-91.

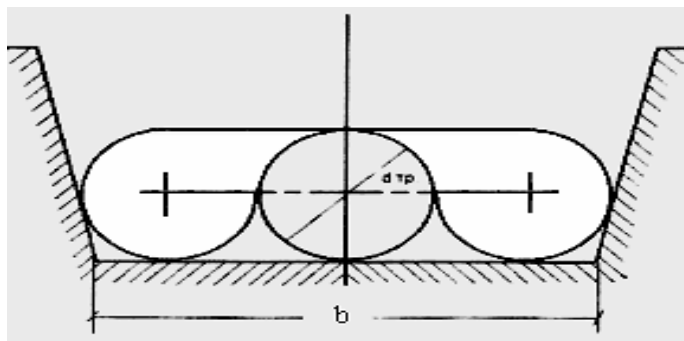
Для обеспечения проекта ресурсами были выбраны три предприятия, предостав-

ляющие балласты необходимого типа в данном регионе, а именно: ООО «Монолит», ООО «БЕТРОН», ООО «ТакелажСервис». В зависимости от расположения объектов по проекту предприятия предоставляют разную стоимость материалов за одну штуку балласта.

На рисунках 2 и 3 приведены типы балласта, используемого по проекту [6].

Для достижения поставленной цели рассмотрена открытая транспортная задача, данные которой представлены в таблице 1 [7-10]. Кроме того, необходимо располагать информацией об ограничениях системы, зависящих от возможностей поставщика и потребности подрядчика (таблица 2).

Решение данной задачи по оптимизации закупки материалов для балластировки трубопроводов было получено методом потенциалов (таблица 3).



d - диаметр трубопровода;
 b - ширина траншеи

Рисунок 2. Закрепление балласта КТ-300



Рисунок 3. Балласт КТ-300

Таблица 1. Матрица стоимости балласта труб за 1 штуку (руб.)

Поставщики Расположение объектов	ООО «Монолит»	ООО «БЕТРОН»	ООО «ТакелажСервис»
2А15	2 872,12 руб.	2 566,35 руб.	2 398,87 руб.
2А18	2 148,20 руб.	2 632,80 руб.	2 478,40 руб.
2А32	3 147,20 руб.	3 552,80 руб.	3 257,80 руб.

Таблица 2. Матрица ограничений

Поставщики Расположение объектов	ООО «Монолит»	ООО «БЕТРОН»	ООО «ТакелажСервис»	Потребности организации
2А15	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	214 шт.
2А18	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	117 шт.
2А32	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	142 шт.
Запас поставщика	228 шт.	154 шт.	180 шт.	-

Таблица 3. Оптимальный план закупки материалов балластировки, составленный методом потенциалов

Поставщики Расположение объектов	ООО «Монолит»	ООО «БЕТРОН»	ООО «ТакелажСервис»	Потребности организации
2А15	-	65 шт.	149 шт.	214 шт.
2А18	117 шт.	-	-	117 шт.
2А32	111 шт.	-	31 шт.	142 шт.
Запас поставщика	228 шт.	154 шт.	180 шт.	-

Вывод

С помощью метода потенциалов найдено и оптимизировано решение задачи по сокращению стоимости балластировки газопровода на примере проекта организации ООО «ГазЭнергоСтрой»: «Прокладка газо-

провода № 2А18 - 6,659 км участка Ачимовских отложений» на 2019 год.

Данное решение приведет к сокращению стоимости данной работы на 22,28 %, а также всего проекта в целом.

Список литературы

1. Шарыгин В.М., Яковлев А.Я. Прокладка и балластировка газопроводов в сложных условиях. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2009. 213 с.
2. Китаев С.В., Смородова О.В., Кузнецова Е.В. Оптимизация реализации проекта прокладки трубопроводных систем // Трубопроводный транспорт - 2019: тез. докл. XIV междунар. учеб.-науч.-практ. конф. Уфа: УГНТУ, 2019. С. 79-81.
3. Проект 1610P-TGP. MP2A18-Л «Подключение кустов скважин к УКПГ-22 второго опытного участка Ачимовских отложений Уренгойского НГКМ. Сбор и транспорт газа, метанолепровод куста газоконденсатных скважин № 2A18». ООО «ГазЭнергоСтрой», 2017. 78 с.
4. СП 107-34-96. Свод правил по сооружению магистральных газопроводов. Балластировка обеспечение устойчивости и положения газопроводов на проектных отметках. М.: Газпром, 1996. 19 с.
5. ВСН 39-1.9-003-98. Конструкция и способы балластировки и закрепления подземных трубопроводов. М.: Газпром, 1998. 46 с.
6. ВСН 012-88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемки работ. М.: Миннефтегазстрой, 1990. 130 с.
7. Большаков А.М., Сыромятникова А.С., Алексеев А.А. Непроектные положения газопроводов, проложенных подземным способом в районах многолетнемерзлых грунтов // Газовая промышленность. 2014. № 4. С. 66-69.
8. Васильев О.В., Леденева Т.М. Транспортная задача и оптимизация грузоперевозок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. № 7. С. 82-84.
9. Поздняков В.Я. Экономика отрасли. М.: ИНФРА-М, 2011. 309 с.
10. Степанов И.С. Экономика строительства. М.: Юрайт, 2014. 368 с.

References

1. Sharygin V.M., Yakovlev A.Ya. *Prokladka i ballastirovka gazoprovodov v slozhnykh usloviyakh* [Laying and Ballasting of Gas Pipelines in Difficult Conditions]. Moscow, TsentrLitNefteGaz Publ., 2009. 213 p. [in Russian].
2. Kitaev S.V., Smorodova O.V., Kuznetsova E.V. *Optimizatsiya realizatsii projekta prokladki truboprovodnykh sistem* [Optimization of the Pipeline System Project Implementation]. *Tezisy dokladov XIV mezhdunarodnoi uchebno-nauchno-prakticheskoi konferentsii «Truboprovodnyi transport - 2019»* [Abstracts of the XIV International Educational, Scientific and Practical Conference «Pipeline Transport-2019»]. Ufa, UGNTU, 2019, pp. 79-81. [in Russian].
3. *Proekt 1610R-TGP. MP2A18-L «Podklyuchenie kустov skvazhin k UKPG-22 vtorogo opytного uchastka Achimovskikh otlozhenii Urengoi'skogo NGKM. Sbor i transport gaza, metanoloprovod kusta gazokondensatnykh skvazhin № 2A18»* [Project 1610R-TGP. MP2A18-L «Connection of Well Bushes to UKPG-22 of the Second Experimental Section of the Achimov Deposits of the Urengoy NGCM. Gas Collection and Transportation, Methane Pipeline of the Bush of Gas Condensate Wells No. 2A18»]. «GazEnergoStroi» Publ., 2017. 78 p. [in Russian].
4. *SP 107-34-96. Svod pravil po sooruzheniyu magistral'nykh gazoprovodov. Ballastirovka obespechenie ustoichivosti i polozheniya gazoprovodov na proektnykh otmetkakh* [SP 107-34-96. Set of Rules for the Construction of Main Gas Pipelines. Ballasting Ensuring the Stability and Position of Gas Pipelines at Design Marks]. Moscow, Gazprom Publ., 1996. 19 p. [in Russian].
5. *VSN 39-1.9-003-98. Konstruktsiya i sposoby ballastirovki i zakrepleniya podzemnykh truboprovodov* [VSN 39-1. 9-003-98. Construction and Methods of Ballasting and Fixing of Underground Pipelines]. Moscow, Gazprom Publ, 1998. 46 p. [in Russian].
6. *VSN 012-88. Stroitel'stvo magistral'nykh i promyslovykh truboprovodov. Kontrol' kachestva i priemki rabot* [VSN 012-88. Construction of Main and Field Pipelines. Quality Control and Acceptance of Works]. Moscow, Minneftegazstroi Publ., 1990. 130 p. [in Russian].
7. Bolshakov A.M., Syromyatnikova A.S., Alekseev A.A. *Neproektnye polozheniya gazoprovodov, prolozhennykh podzemnym sposobom v raionakh mnogoletnemerzlykh gruntov* [Non-Project Positions of Gas Pipelines Laid Underground in Areas of Permafrost]. *Gazovaya promyshlennost' - Gas Industry of Russia*, 2014, No. 4, pp. 66-69. [in Russian].
8. Vasilev O.V., Ledeneva T.M. *Transportnaya zadacha i optimizatsiya gruzoperevozok* [Forecast Building on the Base of Fuzzy Compensatoin Theory]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta - Bulletin of Voronezh State Technical University*, 2011, No. 7, pp. 82-84. [in Russian].

9. Pozdnyakov V.Ya. *Ekonomika otrashi* [The Economics of the Industry]. Moscow, INFRA-M Publ., 2011. 309 p. [in Russian].

10. Stepanov I.S. *Ekonomika stroitel'stva* [Construction Economics]. Moscow, Yurait Publ., 2014. 368 p. [in Russian].

Авторы

• Гатиятуллина Дилара Рамилевна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Прикладные
и естественнонаучные дисциплины»
Российская Федерация, 450022, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: daruku2015@gmail.com

• Тайлакова Екатерина Александровна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Старший преподаватель кафедры «Прикладные
и естественнонаучные дисциплины»
Российская Федерация, 450022, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: taylakova@rambler.ru

• Губайдуллина Эльвина Динаровна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Прикладные
и естественнонаучные дисциплины»
Российская Федерация, 450022, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: elvina210896@mail.ru

• Кузнецова Елена Викторовна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Экономика и управление
на предприятии нефтяной и газовой
промышленности»
Российская Федерация, 450022, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: nsp-rb@mail.ru

The Authors

• Gatiyatullina Dilara R.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Applied and Natural
Sciences Department
195, Mendeleev str., Ufa, 450022,
Russian Federation
e-mail: daruku2015@gmail.com

• Taylakova Ekaterina A.
Ufa State Petroleum Technological University
Senior Lecturer of the Department of Applied
and Natural Sciences
195, Mendeleev str., Ufa, 450022,
Russian Federation
e-mail: taylakova@rambler.ru

• Gubaidullina Elvina D.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Applied and Natural
Sciences Department
195, Mendeleev str., Ufa, 450022,
Russian Federation
e-mail: elvina210896@mail.ru

• Kuznetsova Elena V., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor Enterprise Economics
and Management in the Oil and Gas Industry
Department
195, Mendeleev str., Ufa, 450022,
Russian Federation
e-mail: nsp-rb@mail.ru