

УДК 338.22.0212

ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА ГАЗОХРАНИЛИЩ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

© В.А. Перегудов¹, И.Г. Перегудова²

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматривается инновационный проект строительства газохранилищ трех типов (I, II, III) в Иркутской области. Расход газа характеризовался двумя величинами – суммарный расход за год и среднемесячный расход за зимний период. Была получена соответствующая математическая модель с применением компьютерной программы GAMS. По итогам линейного программирования оптимальным решением поставленной задачи, обеспечивающим удовлетворение потребностей в газе при минимальной его себестоимости, оказалось возведение газохранилищ II типа в количестве 25 единиц.

Ключевые слова: энергетика, Иркутская область, газохранилище, линейное программирование, программа GAMS.

LINEAR PROGRAMMING OF INNOVATION PROJECT OF GAS HOLDERS CONSTRUCTION IN IRKUTSK REGION

V. Peregudov, I. Peregudova

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper considers the innovative project for the construction of gas holders of three types (I, II, III) in the Irkutsk region. Gas consumption is characterized by two values – total consumption for the year and monthly discharge over the winter period. The corresponding mathematical model has been obtained using a computer program GAMS. According to the results of linear programming, the optimal solution of the task that provides gas demand satisfaction at the lowest cost is the construction of 25 gas holders of type II.

Keywords: power engineering, Irkutsk region, gas holder, linear programming, GAMS program.

На международном форуме «Газ России-2014», прошедшем 11 декабря 2014 г., гендиректор ведомства Роман Панов сообщил, что Росгеология, призванная решать задачи и в части повышения доли сжиженных природных углеводородов (СПГ) на рынке, увеличила интенсивность работ, связанных с подготовкой для размещения подземных хранилищ газа и гелия в Амурской области. Также планируется реализация проектов по проведению сейсморазведочных работ в транзитных зонах. «Это крайне важная задача, чтобы понять объемы запасов внутренних морей. Это даст импульс развития и Северного морского пути», – сказал Панов.

Помимо этого, Росгеологией интенсифицированы работы в Амурской области, связанные с подготовкой для «размещения подземных хранилищ газа и, возможно, гелия». Одним из важных направлений работы глава Росгеологии назвал обеспечение газом удаленных территорий. «Это проблема ставится и руководителями регионов. Речь идет, прежде всего, о Забайкальском крае, Амурской области, Республике Саха (Якутия). Мы разрабатываем локальные месторождения, которые способны решать эту задачу, а также способствуют повышению энергоэффективности в удаленных районах страны. Эта работа ведется интенсивно, в том числе и с частными недропользователями», – подчеркнул Роман Панов [14].

Ранее топ-менеджеры «Газпрома» высказывались о том, что концерн пока не планирует строить подземное хранилище газа для газопровода «Сила Сибири», который пройдет по территории Амурской области. Гендиректор «Газпром трансгаз Томск» Анатолий Титов объяснил, что подземные хранилища газа (ПХГ) обычно строятся там, где существует неравномерное потребление газа и пиковые нагрузки, которые газопровод и месторождения не могут обеспечить.

¹ Перегудов Владимир Алексеевич, студент Института энергетики, гр. ПРЭМ-15-1, e-mail: pva8383@mail.ru
Peregudov Vladimir, a first-year student of Power Engineering Institute, e-mail: pva8383@mail.ru

² Перегудова Ирина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры мировой экономики, e-mail: pvew52@mail.ru
Peregudova Irina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of World Economy Department, e-mail: pvew52@mail.ru

В данном случае речь идет о двух месторождениях с огромными запасами газа и газопроводе производительностью 60 млрд м³ газа в год (месторождения Чаяндинское в Якутии и Ковыктинское в Иркутской области). «Это количество позволяет выполнить экспортные обязательства и закрыть потребности в газификации всех территорий, по которым проходит газопровод. Соответственно, строительство ПХГ пока экономически невыгодно», – отметил Титов [14].

При этом «Газпром» не отказывается от идей строительства ПХГ на востоке России. Зампред правления «Газпрома» Виталий Маркелов говорил о том, что ведется соответствующая работа по подготовке, поиску необходимых структур для подземных хранилищ на востоке. «Мы рассматриваем структуры, которые позволили бы хранить не только газ, но и гелий», – подчеркнул он.

Стратегической целью ОАО «Газпром» является становление Общества как лидера среди глобальных энергетических компаний посредством освоения новых рынков, диверсификации видов деятельности, обеспечения надежности поставок.

Деятельность Компании строится на следующих принципах [14]:

- повышение эффективности основной деятельности;
- диверсификация деятельности за счет высокоэффективных проектов, обеспечивающих создание продуктов с высокой добавленной стоимостью;
- повышение капитализации и корпоративного рейтинга;
- соблюдение интересов всех акционеров Общества;
- совершенствование корпоративного управления;
- повышение «прозрачности» финансово-хозяйственной деятельности;
- персональная ответственность руководителей за принятие управленческих решений.

Приоритетным направлением деятельности Компании будет являться также освоение газовых ресурсов Восточной Сибири, Дальнего Востока, акваторий Обской и Тазовской губ, Штокмановского месторождения, потенциал которых позволяет сформировать ряд крупных газодобывающих центров.

Выход Общества в новые регионы будет способствовать решению задач поддержания устойчивого газоснабжения в России и диверсификации направлений экспортных поставок газа [14].

Интенсификация геологоразведочных работ, проводимых собственными силами Компании, будет направлена на дальнейшее развитие минерально-сырьевой базы в основных газодобывающих регионах и ее формирование для создания единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Геологоразведочные работы будут сосредоточены в Надым-Пур-Тазовском регионе (включая акваторию Обской и Тазовской губ), на полуострове Ямал, акваториях Баренцева, Печорского и Карского морей, в Архангельской области, в Красноярском крае, Иркутской области, на шельфе острова Сахалин, в других районах с последующим получением лицензий на разработку открываемых месторождений.

Перспективные планы Компании предусматривают развитие подземного хранения газа на территории России. Основными целями развития является [14]:

- формирование потенциальных запасов товарного газа, обеспечивающих регулирование сезонной неравномерности;
- сохранение на протяжении реализации работ по выполнению программы развития ПХГ степени надежности по видам резервов и суточной производительности порядка 25% по отношению к прогнозируемому уровню отбора газа из подземных газохранилищ для повышения надежности работы Единой системы газоснабжения;
- дальнейшее наращивание суточной производительности по отбору газа за счет реконструкции и расширения действующих и строительства новых ПХГ.

Компания планирует проводить техническое перевооружение и реконструкцию действующих газоперерабатывающих заводов для более глубокой переработки углеводородного сырья, максимального извлечения ценных компонентов из газа, повышения экономической эффективности и экологической безопасности предприятий.

Основным направлением экспортной стратегии ОАО «Газпром» является сохранение и усиление позиции лидера на газовом рынке Европы [14].

В условиях либерализации газового рынка Европы ОАО «Газпром» проводит более активную маркетинговую политику, планирует развивать новые формы и методы торговли (разменные операции, разовые и биржевые сделки, краткосрочные контракты, электронная торговля) при сохранении долгосрочных контрактов как основы газового бизнеса, формировать совместные подходы по защите интересов поставщиков газа с другими зарубежными экспортерами, развивать торговлю сжиженным газом и жидкими синтетическими углеводородами, полученными из газа.

ОАО «Газпром» активно изучает рынки газа стран Азиатско-Тихоокеанского Региона (АТР), имеющие значительный потенциал роста. Правительство России назначило ОАО «Газпром» коорди-

натором по реализации Программы создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР. Компания предлагает использовать комплексный подход при освоении месторождений углеводородов в этом регионе, осуществлять глубокую переработку сырья, считать приоритетным газоснабжение российских потребителей и поставки газа в страны АТР через единый экспортный канал [14].

В последние годы наметилась устойчивая тенденция к снижению негативного воздействия газовой отрасли на окружающую среду, что связано с внедрением новых технологий и оборудования. В ОАО «Газпром» ведется работа по повышению эффективности действующих и вводу новых очистных сооружений, обустройству мест захоронения отходов и внедрению нового оборудования для утилизации отходов.

Уже сейчас Общество осуществляет переход на более эффективные формы финансирования своих проектов, в частности, на проектное финансирование. Принципы проектного финансирования позволяют разделить инвестиционные риски с другими инвесторами и оптимизировать долгосрочную (на 10–15 лет) финансовую программу заимствований, учитывающую осуществление крупнейших проектов Компании.

ОАО «Газпром» видит свою миссию в максимально эффективном и сбалансированном газоснабжении потребителей Российской Федерации, выполнении с высокой степенью надежности долгосрочных контрактов по экспорту газа [14].

На основании вышеизложенного авторами был разработан инновационный проект строительства газохранилищ в Иркутской области.

Расход газа в Иркутской области характеризуется двумя величинами – суммарный расход за год и среднемесячный расход за зимний период. Для удовлетворения потребностей в газе могут быть построены газохранилища трех типов (I, II, III), для каждого из которых известны те же характеристики. Известны также капитальные затраты на строительство каждого газохранилища и суммарный объем капиталовложений на организацию газоснабжения (таблица). Требуется определить оптимальный план строительства газохранилищ, обеспечивающий удовлетворение потребностей в газе при минимальной его себестоимости, с использованием компьютерной программы GAMS.

Типы газохранилищ	I	II	III	Всего
Годовая потребность (производительность), м ³	50	100	50	2500
Среднемесячная потребность (производительность), м ³	20	30	10	500
Себестоимость 1 м ³ , ден. ед.	1	0,8	0,8	
Капиталовложения, ден. ед.	120	90	180	3600

Для удобства введем следующие обозначения:

x_1 – число газохранилищ I типа;

x_2 – число газохранилищ II типа;

x_3 – число газохранилищ III типа.

По условию задачи годовая потребность в газе составляет не менее 2500, а среднемесячная – не менее 500. Капиталовложения, в свою очередь, не превышают 3600 денежных единиц.

Ограничения по условию задачи можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} 50x_1 + 100x_2 + 50x_3 \geq 2500 \\ 20x_1 + 30x_2 + 10x_3 \geq 500 \\ 120x_1 + 90x_2 + 180x_3 \leq 3600 \end{cases}$$

Целевая функция задачи изначально выглядит следующим образом:

$$z = x_1 + 0,8x_2 + 0,8x_3 \rightarrow \min .$$

Поскольку строительство газохранилищ ведётся не кубометрами, а годовыми объёмами потребления газа, коэффициенты перед ключевыми переменными x_1 , x_2 , x_3 нужно умножить на значения годовой потребности в газе для каждого типа хранилищ. Тогда

$$z = 50x_1 + 80x_2 + 40x_3 \rightarrow \min .$$

В итоге получаем для решения задачи следующую математическую модель:

$$\begin{cases} z = 50x_1 + 80x_2 + 40x_3 \rightarrow \min \\ 50x_1 + 100x_2 + 50x_3 \geq 2500 \\ 20x_1 + 30x_2 + 10x_3 \geq 500 \\ 120x_1 + 90x_2 + 180x_3 \leq 3600 \end{cases}$$

Ввод данных задачи в программу GAMS выглядит следующим образом:

```
Positive variables x1, x2, x3;
Variable z;
Equations obj, ineq1, ineq2, ineq3;
obj.. z=e=50*x1+80*x2+40*x3;
ineq1.. 50*x1+100*x2+50*x3=g=2500;
ineq2.. 20*x1+30*x2+10*x3=g=500;
ineq3.. 120*x1+90*x2+180*x3=l=3600;
Model myLP /obj, ineq1, ineq2, ineq3/;
Solve myLP minimizing z using lp;
```

Запуск решения задачи дал следующие результаты:

Equation Listing SOLVE myLP Using LP From line 9

```
---- obj =E=
obj.. - 50*x1 - 80*x2 - 40*x3 + z =E= 0 ; (LHS = 0)

---- ineq1 =G=
ineq1.. 50*x1 + 100*x2 + 50*x3 =G= 2500 ; (LHS = 0, INFES = 2500 ****)
---- ineq2 =G=
ineq2.. 20*x1 + 30*x2 + 10*x3 =G= 500 ; (LHS = 0, INFES = 500 ****)
---- ineq3 =L=
ineq3.. 120*x1 + 90*x2 + 180*x3 =L= 3600 ; (LHS = 0)
```

Column Listing SOLVE myLP Using LP From line 9

```
---- x1
x1
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      -50   obj
       50   ineq1
       20   ineq2
      120   ineq3
---- x2
x2
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      -80   obj
      100   ineq1
       30   ineq2
       90   ineq3
---- x3
x3
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      -40   obj
       50   ineq1
       10   ineq2
      180   ineq3
---- z
```

z
1 obj (.LO, .L, .UP, .M = -INF, 0, +INF, 0)

Model Statistics SOLVE myLP Using LP From line 9

MODEL STATISTICS
BLOCKS OF EQUATIONS 4 SINGLE EQUATIONS 4
BLOCKS OF VARIABLES 4 SINGLE VARIABLES 4
NON ZERO ELEMENTS 13
GENERATION TIME = 0.016 SECONDS 3 MB 24.5.6 r55090 WEX-WEI
EXECUTION TIME = 0.016 SECONDS 3 MB 24.5.6 r55090 WEX-WEI

Solution Report SOLVE myLP Using LP From line 9

SOLVE SUMMARY
MODEL myLP OBJECTIVE z
TYPE LP DIRECTION MINIMIZE
SOLVER CPLEX FROM LINE 9

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE 2000.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.015 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 1 2000000000

Cplex 12.6.2.0

Space for names approximately 0.00 Mb

Use option 'names no' to turn use of names off

LP status(1): optimal

Cplex Time: 0.00sec (det. 0.01 ticks)

Optimal solution found.

Objective : 2000.000000

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

---- EQU obj . . . 1.000
---- EQU ineq1 2500.000 2500.000 +INF 0.800
---- EQU ineq2 500.000 750.000 +INF .
---- EQU ineq3 -INF 2250.000 3600.000 .

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

---- VAR x1 . . +INF 10.000
---- VAR x2 . 25.000 +INF .
---- VAR x3 . . +INF EPS
---- VAR z -INF 2000.000 +INF .

**** REPORT SUMMARY : 0 NONOPT
0 INFEASIBLE
0 UNBOUNDED

Компьютерная программа GAMS показала, что удовлетворение потребностей в газе при минимальной его себестоимости достигается при строительстве газохранилищ II типа в количестве 25 единиц.

\

Библиографический список

1. Абрамов Л.М., Капустин В.Ф. Математическое программирование: учеб. пособие. СПб.: ЛГУ, 1981. 328 с.
2. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций / Пер. с англ. В. Я. Алтаева; под ред. И.А. Ушакова. М.: Мир, 1971. 551 с.
3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. Глава 1. Задачи линейного программирования. Глава 2. Специальные задачи линейного программирования. М.: Высш. шк., 1986. 319 с.
4. Астафьев Н.Н. Бесконечные системы линейных неравенств в математическом программировании. М.: Наука, 1991. 134 с.
5. Ашманов С.А., Тимохов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях. М.: Наука, 1991. 446 с.
6. Гасс С. Линейное программирование. М.: Физ.-мат. литература, 1961. 300 с.
7. Давыдов Э.Г. Исследование операций. М.: Высшая школа, 1990. 382 с.
8. Дегтярёв Ю.И. Исследование операций: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 1986. 320 с.
9. Зуховицкий С.И., Авдеева Л.И. Линейное и выпуклое программирование. М.: Наука, 1966. 348 с.
10. Карманов В.Г. Математическое программирование. 3-е изд. М.: Наука, 1986. 288 с.
11. Кузнецов А. В., Сакович В. А., Холод Н. И. Высшая математика. Математическое программирование. Минск.: Выш. шк., 1994. 286 с.
12. Томас Х., Кормен и др. Алгоритмы: построение и анализ = INTRODUCTION TO ALGORITHMS. Глава 29. Линейное программирование. 2-е изд. М.: Вильямс, 2006. С. 1296.
13. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Линейное программирование. М.: Наука, 1969. 424 с.
14. ПАО «Газпром»/. Южный поток [Электронный ресурс].
URL: <http://www.gazprom.ru/production/projects/pipelines/south-stream/> Южный поток (дата обращения: 7.06.16)
15. Общеалгебраическая система моделирования (GAMS) [Электронный ресурс].
URL: www.gams.com (7.06.16)