

Моделювання енергомосткості транспортування природного газу

Стаття присвячена дослідженню причин зростання енергомосткості транспортування природного газу вітчизняними газотранспортними підприємствами та виявленню тенденцій у майбутньому на підставі моделювання стохастичних залежностей.

Статья посвящена исследованию причин роста энергоёмкости транспортировки природного газа отечественными газотранспортными предприятиями и определению тенденций в будущем на основе моделирования стохастических зависимостей.

The article is devoted to research of reasons of growth of energy capacities of transporting of natural gas by domestic gas-transport enterprises and exposure of tendencies in the future on the basis of modelling of stochastic dependences.

Постановка проблеми. Потреба в розробці практичних рекомендацій щодо раціонального споживання паливно-енергетичних ресурсів в умовах обмеженості більшості з них та зростання цін, особливо на природний газ, зумовлює необхідність дослідження витрат палива та енергії для забезпечення транспортування природного газу вітчизняними газотранспортними підприємствами. Оскільки регулювання цін на природний газ відбувається на макрорівні і усунути вплив даного чинника на величину енергомосткості транспортування газу на рівні управліннь магістральних газопроводів неможливо, потрібно шукати резерви зниження витрат на паливно-енергетичні ресурси саме за рахунок зменшення обсягів їх споживання.

Аналіз досліджень та публікацій з проблеми. Вивченню різних аспектів факторів впливу на витрати паливно-енергетичних ресурсів приділяють увагу чимало вітчизняних дослідників та науковців. Одні з них, досліджуючи вплив факторів на ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів на макрорівні, акцентують увагу на техніко-технологічних, структурних та політико-економічних факторах. Прикладом можуть бути праці О.М. Суходолі [7, с. 6], М.П. Халявка, який виділив також соціально-побутові та екологічні фактори впливу на енергоефективність та енергозбереження [5, с. 37]. Деякі науковці, такі як В.В. Микитенко, І.М. Мигас, Т.В. Середюк, зосередили свою увагу на дослідженні дії конкретних факторів на рівні промисловості [3, с. 127]. Зокрема, вони більш детально розглядали внутрішні фактори енергозбереження, а зовнішні чинники залишилися поза їхньої уваги. Також слід звернути увагу на дослідження цієї проблеми з точки зору

стратегії сталого розвитку підприємства, що знайшло своє відображення в працях В. Трегобчука, В.П. Петренка, Я.С. Витвицького, В.Л. Акуленко, І.В. Недіна, Н.А. Соколової.

Метою статті є виявлення основних факторів зростання енергомосткості транспортування природного газу, що сприяло б пошуку резервів раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, а відтак розвитку та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних газотранспортних підприємств.

Виклад основного матеріалу. У структурі витрат паливно-енергетичних ресурсів на газотранспортних підприємствах 98% займають витрати природного газу на технологічні потреби, від 0,4 до 1,22% – витрати на електроенергію та незначні витрати теплоенергії: 0,76–1,21%. Загалом, витрати на паливно-енергетичні ресурси становлять 48–60% усіх витрат діяльності газотранспортного підприємства та 88–93% матеріальних витрат зокрема, причому в 2007–2009 роках спостерігалось зростання даних показників. При цьому витрати природного газу на виробничо-технологічні потреби формують на 85–89% (2009) матеріальних витрат підприємства та становлять 52–58% усіх витрат діяльності [1].

За таких умов економія паливно-енергетичних ресурсів та їх раціональне використання є значним резервом зменшення енергомосткості транспортування природного газу та, як результат, підвищення прибутковості та конкурентоспроможності вітчизняної газотранспортної системи. З іншого боку, це буде відповідати вимогам до сталого розвитку підприємств, відображених у працях Трегобчука [8], Соколової [6], С.А. Побігуна [4] та ін. Одним з показників, що характеризує ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів, певною мірою є енергомосткість. Визначення енергомосткості транспортування природного газу з врахуванням специфіки діяльності газотранспортних підприємств у найбільш загальному вигляді можна представити співвідношенням витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю товаротранспортної роботи. В свою чергу, товаротранспортна робота представляється як добуток обсягу транспортованого газу на відстань транспортування та є одним з основних показників оцінки обсягу послуг з транспортування природного газу.

Виявлення стохастичної залежності між факторами та результуючою ознакою відбувається шляхом застосування кореляційно-регресійного аналізу, метою якого є кількісне визначення випадкової складової (виявлення зв'язку між випадковими змінними та оцінка його тісноти). Завдання

регресійного аналізу включає встановлення форми зв'язку і кількісне визначення регулярної складової за допомогою рівняння регресії $Y=P(x)$, яке отримують шляхом застосування методу найменших квадратів.

Використовується типова процедура розрахунку зміни значень досліджуваного показника під впливом зміни значень факторів на плановий період. При цьому у випадку відсутності планових значень факторів на наступний період необхідно отримати прогнозовані значення цих факторів.

Логічним шляхом було відібрано 12 факторних ознак, які підлягають кількісному виміру, є доступними в практиці роботи національної системи обліку, а також найбільш логічно вписуються в контекст даного дослідження. Розглянемо на прикладі результатів діяльності Управління магістральних газопроводів (далі УМГ) «Прикарпаттрансгаз» ступінь впливу незалежних змінних на енергомісткість транспортування природного газу.

Техніко-технологічні фактори: X_1 – коефіцієнт діагностування та очистки трубопроводів, частки одиниць; X_2 – рівень захищеності трубопроводів від корозії, %; X_3 – частка газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом, частки одиниць; X_4 – кількість вимушених зупинок газоперекачувальних агрегатів з технічних причин, зупинок; X_5 – питома вага трубопроводів, що експлуатуються більше 30 років, %; X_6 – частка приладів обліку газу з класом точності 0.1, частки одиниць.

Наведемо в табл. 1, 2 порядок розрахунку показників, за допомогою яких можна кількісно представити фактори, відібрані для моделювання енергомісткості.

Організаційно-економічні фактори: X_1 – коефіцієнт відповідності інженерно-технічних працівників займаній посаді, частки одиниць; X_2 – питома вага амортизаційних відрахувань у собівартості транспортування природного газу, %; X_3 – коефіцієнт виконання планів з впровадження нової

Таблиця 1. Показники, за допомогою яких кількісно відображають техніко-технологічні фактори, що впливають на енергомісткість транспортування природного газу

Фактор	Визначення показника
Рівень діагностування та очистки трубопроводів	Відношення довжини трубопроводів, що пройшли внутрішньотрубу діагностику та очистку до загальної довжини трубопроводів
Рівень захищеності трубопроводів від корозії	Відношення довжини трубопроводів, захищених від корозії, до загальної довжини трубопроводів
Стан ізоляційного покриття трубопроводів	Відношення довжини трубопроводів, покритих сучасними ізоляційними матеріалами до загальної їх довжини
Частка газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом	Відношення газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом до загальної їх кількості
Кількість вимушених зупинок газоперекачувальних агрегатів з технічних причин	Характеризує рівень технічного обслуговування газоперекачувальних агрегатів та їх технічний стан
Частка трубопроводів, що експлуатуються більше 30 років	Відношення довжини трубопроводів, термін експлуатації яких 30 і більше років, до загальної їх довжини
Прогресивність та точність обліку газу	Відношення кількості приладів обліку газу з класом точності 0.1 і вище до загальної їх кількості
Прогресивність автоматизації технологічних процесів	Відношення числа систем автоматизації нового покоління до загальної їх кількості

Таблиця 2. Показники, за допомогою яких кількісно відображають організаційно-економічні фактори, що впливають на енергомісткість транспортування природного газу

Фактор	Визначення показника
Рівень виконання плану з впровадження нової техніки	Відношення фактично впровадженої нової техніки до запланованого рівня
Участь працівників у раціоналізаторській роботі	Питома вага працівників, що прийняли участь у раціоналізаторській роботі, в середньо обліковій чисельності працівників у транспорті газу
Відсоток комерційних втрат газу	Відношення комерційних втрат газу до обсягу транспортованого газу
Напрацювання газоперекачувальних агрегатів в міжремонтний період	Характеризує якість проведення ремонтного обслуговування газоперекачувальних агрегатів
Виконання плану з фінансування капітальних вкладень	Відношення обсягу фактичних коштів, спрямованих на фінансування капітальних вкладень, до запланованого їх обсягу
Відповідність інженерно-технічних працівників займаній посаді	Відношення чисельності інженерно-технічних працівників, які відповідають займаній посаді, згідно результатів атестації, до чисельності працівників, які пройшли атестацію
Стимулювання раціоналізаторської діяльності працівників	Частка авторських винагород та премій у величині отриманого економічного ефекту від раціоналізаторських пропозицій
Частка амортизаційних відрахувань у собівартості транспортування газу	Співвідношення величини амортизаційних відрахувань із собівартістю транспортування природного газу
Навчання працівників у сфері енергозбереження	Витрати на навчання працівників у сфері енергозбереження
Стимулювання працівників до раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів	Питома вага коштів, спрямованих на стимулювання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, у величині фонду оплати праці

СОЦІАЛЬНО-ТРУДОВІ ПРОБЛЕМИ

техніки, частки одиниць; X_4 – коефіцієнт фінансування капітальних вкладень, частки одиниць; X_5 – коефіцієнт стимулювання раціоналізаторської діяльності працівників, частки одиниць; X_6 – частка працівників, що прийняли участь у раціоналізаторській роботі, частки одиниць.

За період дослідження вибрано 2001–2009 роки, для проведення розрахунків використовується пакет аналізу та функції програми Microsoft Excel. Кореляційний аналіз дозволяє виміряти щільність зв'язку між варіюючими змінними: оцінити фактори, що здійснюють найбільший вплив на енергомісткість транспортування природного газу.

Результати кореляційного аналізу дозволяють стверджувати, що найвагомий зв'язок спостерігається між енергомісткістю транспортування газу та наступними факторами: рівнем захищеності трубопроводів від корозії, часткою газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом у загальному їх обсязі та часткою приладів обліку з класом 0.1 і вище.

Серед організаційно-економічних факторів найвагомий вплив на енергомісткість транспортування газу мають: питома вага амортизаційних відрахувань у собівартості транспортування газу, коефіцієнт виконання планів з впровадження нової техніки та фінансування капітальних вкладень.

За результатами аналізу побудовано наступну модель енергомісткості транспортування природного газу з врахуванням впливу техніко-технологічних факторів, формула 1:

$$Y = 0,089 - 0,0009 \cdot X_2 + 0,052 \cdot X_3 + 0,00016 \cdot X_4 - 0,015 \cdot X_6 \quad (1)$$

Кількісною мірою істотності або інформативності багатofакторної регресійної моделі є коефіцієнт детермінації (D), який визначається як квадрат коефіцієнта множинної кореляції R та наблизений до 1. Коефіцієнт детермінації показує на скільки відсотків енергомісткість транспортування природного газу визначається зміною включених у модель факторів. Як свідчать результати досліджень, зміна енергомісткості транспортування природного газу обумовлена на 99,47% відібраними техніко-технологічними факторами. Стандартна статистична перевірка коефіцієнтів лінійної кореляції проводиться за допомогою критерію Фішера, розрахункове значення (31,21) якого більше за табличне (9,01) на рівні значущості 0,05, що підтверджує адекватність моделі.

За результатами регресійного аналізу модель енергомісткості транспортування газу під впливом організаційно-економічних факторів можна представити у вигляді формули 2:

$$Y = -0,016 - 0,0014 \cdot X_2 - 0,004 \cdot X_3 - 0,023 \cdot X_4 \quad (2)$$

За результатами досліджень виявлено, що зміна енергомісткості транспортування природного газу обумовлена на 96,42% зміною відібраних організаційних та соціально-економічних факторів. Розрахункове значення критерію Фішера 14,41, що більше табличного (9,01), тому можна говорити про адекватність отриманої моделі.

Заключним етапом кореляційно-регресійного аналізу є прогнозування зміни енергомісткості транспортування природного газу під впливом зміни значень відібраних факторів, що представлено в табл. 3, 4.

Таблиця 3. Прогнозування енергомісткості транспортування природного газу в 2011 році під впливом зміни техніко-технологічних факторів

Фактичне значення енергомісткості, т.у.п./млн. куб. м · км	Фактор	Значення фактора	Прогнозований рівень фактора у 2011 р.	Відхилення /Хпр-Хф/	Зміна енергомісткості	
					+/-	%
0,023	X_1	0,178	0,22	0,042	-0,0004	-1,54
	X_2	97,82	100	2,18	-0,0021	-8,95
	X_3	0,614	0,629	0,015	0,0008	3,42
	X_4	270	322	52	0,0085	36,99
	X_5	41,5	50,66	9,16	0,0048	20,83
	X_6	0,9812	1	0,0188	-0,0003	-1,24

Таблиця 4. Прогнозування енергомісткості транспортування природного газу в 2011 році під впливом зміни організаційно-економічних факторів

Фактичне значення енергомісткості, т.у.п./млн. куб. м · км	Фактор	Значення фактора	Прогнозований рівень фактора у 2011 році	Відхилення /Хпр-Хф/	Зміна енергомісткості	
					+/-	%
0,023	X_1	0,958	0,994	0,036	-0,0022	-9,75
	X_2	7,14	8,334	1,194	-0,0017	-7,41
	X_3	0,667	0,716	0,049	-0,0002	-0,91
	X_4	0,774	0,915	0,141	-0,0032	-13,95
	X_5	0,1151	0,1176	0,0025	-0,0001	-0,51
	X_6	0,0352	0,0393	0,0041	-0,0007	-3,06

Висновки

За результатами прогнозування зміни енергомосткості транспортування природного газу під впливом зміни факторів на 2011 рік виявлено, що зростання частки газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом, погіршення технічного стану газоперекачувальних агрегатів та невпинне зростання частки трубопроводів, що експлуатуються понад 30 років у 2010–2011 роках стануть причиною зростання обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема відповідно на 36,99% та 20,85%. Проте збільшення робіт з очистки та діагностування трубопроводів, відновлення їх протикорозійного покриття дозволить запобігти витокам газу, що зменшить енергомосткість транспортування газу в 2011 році відповідно на 1,54 та 8,95%.

Загалом, під впливом техніко-технологічних факторів у 2011 році можна очікувати зростання енергомосткості транспортування природного газу майже на половину, і даний показник складатиме 0,0344 т.у.п./млн. куб. м?км.

Досліджуючи вплив групи організаційно-економічних факторів на енергомосткість транспортування газу, можна зробити такі висновки: найвагомий вплив на енергомосткість транспортування газу мають відповідність інженерно-технічних працівників займаній посаді та наявність джерел фінансування капітального будівництва і ремонтів (питома вага амортизаційних відрахувань у собівартості транспортування газу – вплив становить 7,41% у 2011 році у бік зменшення енергомосткості при зростанні даного фактора на 1,19%; прогнозується зменшення енергомосткості на 14% при досягненні 91,5% фінансування планової величини капіталовкладень у 2011 році).

Залучення працівників та їх мотивація до раціоналізаторської роботи є досить незначними на УМГ «Прикарпаттрансгаз»: так, на виплату авторських винагород виділяється не більше 12% отриманого ефекту від раціоналізаторських пропозицій і менше 4% працівників беруть участь у раціоналізаторській роботі. Прогнозується незначне зростання даних факторів до 2011 року, що, відповідно, приведе до зменшення енергомосткості транспортування газу тільки на 0,51% від збільшення частки авторських винагород на 0,25% та на 3,06% від залучення на 0,4% більше працівників до раціоналізаторської діяльності.

На основі побудови стохастичних моделей енергомосткості транспортування газу виявлено фактори, які найбільшою мірою впливають на підвищення енергомосткості транспортування газу чи сприяють її зменшенню. Саме результати факторного аналізу енергомосткості транспортування природного газу можуть служити вихідною інформаційною базою управлінських рішень щодо пошуку напрямів раціонального споживання природних ресурсів і відповідно реалізації стратегії сталого розвитку.

Література

1. Бойко І.Б. Моделювання витрат паливно-енергетичних ресурсів на газотранспортних підприємствах / І.Б. Бойко // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Зб. наук. пр., (тематичний випуск: «Технічний прогрес і ефективність виробництва»). – Харків, 2008. – №54 (2). – С. 35–40.
2. Економічний аналіз: навчальний посібник [для студентів вищих навчальних закладів спеціальності «Облік і аудит»] / [Бутинець Ф.Ф., Шкарабан С.І., Мних Є.В та ін.]; за ред. Ф.Ф. Бутиця. – Житомир: ПП «Рута», 2003. – 680 с.
3. Микитенко В.В. Формування комплексної системи управління енергоефективністю у галузях промисловості: (Монографія) / Микитенко В.В. – К.: Укр.видавничо-поліграфічна компанія «Екс.Об.», 2004. – 336 с.
4. Побігун С.А. Обґрунтування стратегічних рішень щодо сталого розвитку підприємств / С.А. Побігун // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – №3, т. 1. – С. 153–157.
5. Ресурсоенергозбереження / [ред. Н.П.Халаяко]. – К.: «Задруга», 2004. – 176 с. – (НДЦ «Нафтохім»).
6. Соколова Н.А. Задачи управления устойчивым развитием объектов хозяйственной деятельности / Н.А. Соколова // Вісник Сумського державного університету. Серія «Технічні науки». – №12(71). – 2004. – С. 11–20.
7. Суходоля О.М. Методичні основи унормовування діяльності органів державної влади у сфері енергоефективності / О.М. Суходоля // Енергоінформ. – 2005. – №31 (318). – С. 4–6.
8. Трегобчук В. Концепція сталого розвитку для України / В. Трегобчук // Вісник НАН України. – 2002. – N 2. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/Portal/all/herald/2002-02/7.htm>
9. <http://www.naftogas.com>