

потужності. Тому, узагальнюючи наведені не-вирішені аспекти процесу буріння свердловини, подальші дослідження спрямовуємо на мінімізацію енергозатрат (рис. 1) при поглибленні вибою свердловин, а саме:

Дослідження форм динамічної рівноваги бурильної колони і зміни в свердловинах різного профілю при зміні режимно-технологічних параметрів буріння.

Дослідження розподілу крутного моменту, осьового навантаження на долото і потужності приводу по довжині бурильної колони, залежно від конструкції свердловини, її профілю і складових елементів передавальних механізмів енергії на долото.

Вибір раціонального способу буріння і встановлення оптимальних величин витрат промивальної рідини, осьового навантаження на долото та швидкості обертання бурильної колони та долота.

Розробка заходів та засобів із зменшення повздовжніх та поперечних коливань бурильної колони і покращання умов роботи долота.

Література

1 Крижанівський Є. І. Нафтогазова енергетика // Нафтогазова енергетика. – 2006. – № 1. – С. 5-9.

2 Расчет бурильных труб в геологоразведочном бурении / Е.Ф.Епштейн, В.И.Мацейчик, И.И.Ивахнин, А.Ш.Асатурян. – М.: Недра, 1979. – 160 с.

3 Сароян А.Е. Теория и практика работы бурильной колонны. – М.: Недра, 1990. – 264 с.

4 Кирия Т.А. Совершенствование проходки глубоких скважин. – М.: Недра, 1971. – 167 с.

5 Кирия Т. А. Малогабаритное бурение и его моделирование // Нефтяное хозяйство. – 1960. – №9. – С. 162–167.

УДК 620.9+658.567

ВИКОРИСТАННЯ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЯХ: ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

¹Єжи Дудек, ¹Пьотр Клімек, ²Олег Гвоздевич, ²Юрій Стефанік

¹ Інститут нафти і газу, Польща, м. Краків, вул. Любіч, 25а, office@inig.pl

² Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, вул. Наукова, 3а
igggk@ah.ipm.lviv.ua

Представлена характеристика газа полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), концепция дегазации, а также один из способов ее применения. Проанализировано использование газа полигонов ТБО в процессе производства энергии в когенерационных модулях СНР (Combined Heat and Power). Для этого проведена вероятностная симуляция относительно применения модулей СНР с учетом дебита газа. Данные по симуляции использованы при проведении экономического анализа, который состоит в определении величины прибыли для отдельных вариантов расчетов. В результате вычислений представлены ориентировочные параметры дебита газа, которые делают возможным его использование для экономически обоснованного производства энергии. Изложенные в статье данные касаются работ по проекту „Польско-украинский Центр сотрудничества контроля газа полигонов твердых бытовых отходов”, который осуществляется по Программе Добрососедства Польша-Украина-Беларусь INTERREG IIIA-TACIS ППС.

It is shown the characteristic of the landfill gas, the concept of degassing, and also one of ways of its application. Authors have analyzed an opportunity of use of gas during manufacture of energy in co-generation modules CHP (Combined Heat and Power). For this purpose is carried out probabilistic simulation of an opportunity of use CHP modules in view of the debit of gas. The given simulations are used at carrying out of the economic analysis which consists in definition of the profit for various variants of calculation. As a result of calculations it is described rough parameters to the debit of gas which make possible its use for the economically justified energy output. The data stated in article concern works under project „Polish-Ukrainian Centre for control of landfill gas which is conducted” under Neighborhood Programs Poland-Belarus-Ukraine INTERREG IIIA / TACIS CBC.

1. Суттєві елементи при виборі концепції дегазації полігону твердих побутових відходів (ТПВ)

При розробці концепції дегазації полігону ТПВ слід врахувати:

1.1. Властивості звалищного газу.

Теплота згоряння звалищного газу залежить від відсоткової частки метану у його складі і

становить у середньому близько 22 МДж/м³. Вона наближена до теплоти згоряння середньокалорійного газу, але значно відрізняється від природного газу, що широко використовується як у комунальному господарстві, так і у промисловості (мінімально 32 МДж/м³).

Питома вага звалищного газу залежить від співвідношення в ньому основних складників: метану СН₄ (0,71 кг/м³) та двоокису вуглецю

Таблиця 1 — Розрахунок виходу метану та діоксиду вуглецю при анаеробному розкладі ТПВ

Джерело розкладу	Вихід метану, м ³	Вихід діоксиду вуглецю, м ³
вуглеводні	0,25x0,455=0,1137	0,25x0,456=0,1140
протеїни	0,025x0,548=0,0149	0,025x0,516=0,0129
жири	0,005x1,095=0,0054	0,005x0,448=0,0022
Разом	0,134м ³	0,129м ³

CO₂ (1,98 кг/м³), і змінюється у межах 1,04-1,22 кг/м³.

Ця властивість впливає на транспортні параметри, а також на швидкість спалювання, що характеризується числом Воббі. Низькі числа Воббі вказують на те, що застосування типових пальників для спалювання газу без їх модифікації неможливе.

Тиск газу у масиві ТПВ при їх складуванні на полігонах невеликий і залежить від інтенсивності перебігу процесів розкладу та ступеня ущільнення підстилки і поверхні. Воно коливається у межах від кількох Па до 1 кПа. Тому при практичному використанні тиск звалищного газу необхідно збільшувати із метою забезпечення його транспортування та споживання.

Температура газу у полігоні ТПВ вища, ніж температура навколишнього середовища. У зв'язку з охолодженням газу, вологість його становить 70%-100%, після виходу з технологічного газового колодязя настає скраплення водного конденсату. Через це можуть виникати труднощі із його транспортуванням на більші відстані.

1.2. Характеристика полігону ТПВ як джерела газу з огляду на його утилізацію.

Склад газу може змінюватись за великий період часу як під час експлуатації полігону ТПВ, так і після її завершення. Змінюється з часом і інтенсивність виробництва газу в масиві полігону ТПВ. Звалищний газ утворюється відразу після початку складування органічних відходів, а завершення процесу настає через багато років після закінчення експлуатації полігону ТПВ. З огляду на необхідність охорони людей та довкілля доцільно проводити дегазацію полігону ТПВ та утилізацію біогазу протягом усього періоду його продукування у масиві. Використання газу як палива можливе протягом значно коротшого періоду часу і становить 8-15 років. У зв'язку з цим найістотнішим елементом, вирішальним для здійснення утилізації газу і вибору її способу, є визначення умов та розробка прогнозу продукування звалищного газу. Дані прогнози розробляються із застосуванням математичних моделей, а для модельних обчислень необхідна база даних про відходи та полігон ТПВ, таких як: склад відходів та спосіб їх складування, період розкладу, температура, рН, вологість, тип ущільнення полігону ТПВ тощо. У розрахунках використовуються різноманітні кінетичні моделі розкладу органічних субстанцій, а алгоритми містять зазвичай значну кількість спрощених вхідних даних з огляду на складність отримання відповідної

інформації. Розробка прогнозів із високим ступенем достовірності при браку даних про складовані відходи та полігон ТПВ, які збираються систематично, вимагає здійснення низки досліджень і замірів задля отримання якнайповнішої характеристики даного полігону ТПВ. Як правило, ці прогнози вимагають верифікації пробною експлуатацією. Для полігонів ТПВ, на яких складування відходів завершено у періоді до 5 років, можна досягти значно більшої точності прогнозу.

Теоретичні розрахунки орієнтовної кількості біогазу в масиві полігону базуються на відомих характеристиках ТПВ. Наприклад, Львівський міський полігон має густину 1000 кг/м³, вміст органічних речовин біологічного походження – 50%, які в свою чергу складаються з 50% вуглеводнів, 5% протеїнів та 1% жирів. Підраховано, що при розкладі органіки без потрапляння кисню кількість CH₄ та CO₂, яка виділяється з 1кг вуглеводнів, протеїнів та жирів, складає відповідно 0,455 м³, 0,548 м³, 1,095 м³ по метану та 0,456 м³, 0,516 м³, 0,448 м³ – по діоксиду вуглецю. Розрахункові дані зведені в табл. 1 [2].

Таким чином, загальна кількість біогазу, що утворюється в масиві ТПВ, буде становити 0,134 + 0,129 = 0,263 м³ з одного кілограма твердих побутових відходів, або 263 м³ – з 1 тонни.

Припустимо, що термін експлуатації полігону становить 20 років і на одного мешканця м. Львова припадає на рік 200 кг відходів органічного походження. Тоді для м. Львова з населенням 800 тис. осіб загальна кількість відходів за 20 років складає приблизно 32x10⁵ тонн. З цієї кількості відходів при анаеробному розкладі органіки утворюється звалищного газу: 32x263 x10⁵ = 841x10⁶ м³.

Специфіка полігону ТПВ як джерела газу полягає у відносно короткому періоді експлуатації та мінливості його продуктивності у часі. Ці параметри задають високі вимоги до вибору технологічних та технічних рішень щодо систем відбору/видобутку газу та способу його утилізації. У більшості вирішень вимагається висока точність планування окремих фаз інвестицій і власне відбору належних приладів. Можливість виникнення у ході експлуатації як короткотермінових, так і довготермінових коливань тиску газу і/або складу газу впливає великою мірою на вибір споживача чи попереднього визначення виду утвореної з газу енергії. Оптимальний споживач – це такий, який „не відчуває” вищенаведених змін. Такою „нечутливістю” характеризуються системні споживачі,

наприклад: мережа дистрибуції газу із великою ємністю, тепломережа, енергомережа чи споживачі, що володіють незалежним джерелом живлення і легко можуть переключитись на інше джерело (двопаливні системи у великих промислових котельнях, локальні котельні центрального опалення, що частково живляться енергією звалищного газу і водночас під'єднані до тепломережі тощо). Слід наголосити, що навіть велика еластичність споживача не виключає необхідності дотримання стабільності подачі, наслідком чого є ускладнення способу регуляції системи відбору газу шляхом високого ступеня автоматизації і, відповідно, великі фінансові витрати.

У багатьох випадках може трапитись конфлікт між принципом максималізації відбору газу із полігону ТПВ, що впливає із екологічних цілей, поставлених перед дегазацією, та необхідністю дотримання режиму подачі. Ці проблеми найчастіше розв'язуються частковим використанням відібраного із полігону ТПВ біогазу та спалюванням надлишків, які неможливо передати.

2. Критерії оцінки ефективності системи дегазації полігону ТПВ

Базові критерії оцінки ефективності роботи системи дегазації полігону ТПВ вважаються виконані, якщо настає мінімізація емісії газу у атмосферу та міграції газу поза масив складування відходів, а також якщо газ використовується для виробництва енергії.

Для кількісного опису ефектів, що досліджуються після дегазації полігону ТПВ, можуть слугувати такі величини [3]:

- коефіцієнт видобутку газу із полігону ТПВ, що обчислюється відношенням кількості відібраного системою дегазації полігону ТПВ газу до кількості газу, що виникає у полігоні ТПВ;

- зона міграції газу за межі полігону ТПВ, що вимірюється відстанню від меж полігону ТПВ до пунктів території, у яких з'являються складники газу (в основному метан і двоокис вуглецю);

- величина емісії газу із полігону ТПВ;

- ступінь видобутку енергії, що містить газ.

Загалом приймається, що система дегазації функціонує справно, якщо коефіцієнт видобутку газу із полігону ТПВ становить 60-70%.

3. Енергія, вироблена зі звалищного газу

У публікації представлено один зі способів використання хімічної енергії палив, що полягає у виробництві тепла та електроенергії у модулях СНР (Combined Heat and Power — когенераційна установка з виробництва тепла та електроенергії). Необхідно враховувати, що виробництво енергії в когенераційних установках повинне застосовуватись там, де наявна відповідна потреба у теплі. Однак у разі використання звалищного газу, що є „дармовим”

паливом, може бути обґрунтованим виробництво і продаж лише електроенергії.

Далі наведені розрахунки та виконані обчислення будуть стосуватись виключно виробленої електроенергії. Це пояснюється труднощами, пов'язаними із забезпеченням відбору теплової енергії, що виробляється модулем СНР, який локалізується на території полігону ТПВ. Більшість полігонів ТПВ розташовано за межами міста і підведення теплої води або технологічної пари пов'язана із спорудженням трубопроводу. Велика вартість побудови трубопроводу, що транспортує теплу воду чи пару — це підставова проблема, яка виключає продаж великої кількості теплової енергії. Невеликі кількості цієї енергії використовуються, як правило, для обігріву тепло службових приміщень полігону ТПВ. На рис. 1 представлено модуль СНР, що виробляє енергію на одному з полігонів ТПВ.

У розрахунках використано як одиницю вимірювання енергії кВт/год., хоча її не включено до модулів установок дегазації. Це наслідок поширеного її застосування у взаєморозрахунках між енергетичними підприємствами та виробниками або споживачами енергії.

Для обчислень кількості електроенергії, виробленої зі звалищного газу, застосовують такі характеристики:

- вміст метану у газі, що поступає на модуль СНР, є постійний і становить 50% об, що становить теплоту згоряння газу 27 МДж/м³;

- електрична ефективність модуля СНР становить 33,3%;

- кількість годин роботи модуля СНР у кожному році встановлено на рівні 8000 год/рік. Решту 760 год. у році призначено для техоглядів та ремонтів.

Розрахунки виконано для трьох варіантів при сталій подачі газу у модуль СНР: варіант А — дебіт газу становить 150 м³/год.; варіант Б — 300 м³/год.; варіант В — 450 м³/год.

У таблиці 2 представлено результати розрахунків кількості електроенергії, що вироблена зі звалищного газу. Дані таблиці 2 використовуються далі при економічному аналізі.

Таблиця 2 — Кількість виробленої електроенергії при різних дебітах газу

Варіант	Дебіт газу, м ³ /год.	Кількість електроенергії, кВт/рік
Варіант А	150	1 991 284
Варіант Б	300	3 982 568
Варіант В	450	5 973 852

4. Економічний аналіз використання звалищного газу у енергетичних цілях

Під інвестиційним кутом зору кожен новий захід має своєю метою отримання прибутку. Аналогічна справа і у випадку з пропонованим способом енергетичного використання звалищного газу. Очевидно, що утилізація газу вигідна і з інших поглядів: екологія та можливість пра-



Рисунок 1 — Модуль СНР

цевлаштування певної кількості осіб. Не варто, однак, забувати, що під комерційним кутом зору повернення коштів, а згодом і отримання прибутків є найважливішим чинником, що визначає успіх і сенс інвестицій [3]. Економічну оцінку інвестицій для трьох варіантів А, Б, В здійснено на базі аналізу динаміки виробництва, включаючи отримання прибутку.

Прибуток, облікований за рік реалізації виробництва, вираховується з коштів усіх витрат та грошових вкладів, пов'язаних із даним виробництвом, здійснюваних та утримуваних протягом усього періоду його реалізації та експлуатації. Інвестиція має економічний сенс, коли прибуток додатний і є щонайбільшим.

Вихідні дані для розрахунків за варіантами А, Б і В:

1) Інвестиційні витрати становлять 1 450 000 PLN. Це витрати на придбання модуля СНР, спорудження енергетичного блоку;

2) Терміни спорудження та запуску системи дегазації не перевищують року. Так званий „нульовий рік“;

3) Розрахунковий термін експлуатації становить 5 років;

4) Ціна закупівлі енергії енергетичним підприємством становить 0,20 PLN за 1 кВт/год.;

5) За квоти прибутку встановлені для окремого року вважають добуток вартості 1 кВт та кількості виробленої електроенергії (табл. 1).

6) Необхідні витрати:

– для обслуговування системи полігону ТПВ залучається 4 особи. Місячна зарплата кожного працівника становить 1200 PLN, або 57 600 PLN для чотирьох осіб на рік. Крім цього, закладається річний ріст винагороди у розмірі 2% від розмірів ставки попереднього;

– витрати на експлуатацію модуля СНР (заміна масла, охолоджувальних речовин, відпрацьованих елементів, т.п. — 50 000 PLN/рік;

– прийнята амортизація, а саме амортизаційна квота (у нашому випадку повна квота інвестицій), для даного року розраховується діленням інвестиційних витрат на період реалізації інвестиційного проекту;

– податок на дохід становить 19%;

7) Ліквідаційні кошти дорівнюють 0;

8) Крок дисконту становить 4,423%;

9) Валютні перерахунки на дату 17.01.2007:

Найменування валюти	Код валюти	Курс PLN
Долар США	1 USD	3,0113
Євро	1 EUR	3,8914
Швейцарський франк	1 CHF	2,4110
Фунт стерлінгів	1 GBP	5,9153
Гривня	1 UAH	0,5952
Рубль російський	1 RUB	0,1133

Розрахунки величин прибутків здійснено окремо для кожного з трьох варіантів і наведено у таблицях 3, 4 і 5.

5. Підсумки

Проведені розрахунки для трьох варіантів (із врахуванням вихідних даних), на нашу думку, окреслюють проблематику енергетичного використання звалищного газу під економічним кутом зору. Величина прибутку на п'ятому році експлуатації модуля СНР на полігоні ТПВ при проведенні процесу дегазації є вирішальним показником рентабельності інвестицій. На підставі проведених експериментальних розрахунків для трьох варіантів умов гіпотетичної експлуатації системи дегазації полігону ТПВ можна стверджувати, що:

Таблиця 3 — Розрахункова величина прибутку для варіанту А

Грошові транші/роки	0	1	2	3	4	5	
Дохід з продажу	0,0	398 256	398 256	398 256	398 256	398 256	
Кошти, разом	0,0	397 600	398 752	399 927	401 125	402 348	
Статті витрат	Персонал	0,0	57 600	58 752	59 927	61 125	62 348
	Амортизація	0,0	290 000	290 000	290 000	290 000	290 000
	Експлуатація СНР	0,0	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
Дохід до оподаткування	0,0	657	-495	-1 670	-2 869	-4 091	
Доходи	0,0	532	-401	-1 353	-2 324	-3 314	
Амортизація	0,0	290 000	290 000	290 000	290 000	290 000	
Інвестиційні надходження	0,0	290 532	289 599	288 647	287 676	286 686	
Інвестиції загалом	1 450 000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Грошові транші	1 450 000	290 532	289 599	288 647	287 676	286 686	
Фактор дисконту	1,0000	0,9576	0,9171	0,8782	0,8410	0,8054	
Дисконтові транші	-1 450 000	278 226	265 585	253 500	241 946	230 901	
Акумуляовані дисконтові кошти	-1 450 000	-1 171 773	-906 188	-652 688	-410 741	-179 840	

Прибуток -179 840

Таблиця 4 — Розрахункова величина прибутку для варіанту Б

Грошові транші/роки	0	1	2	3	4	5	
Дохід з продажу	0,0	796 514	796 514	796 514	796 514	796 514	
Кошти, разом	0,0	397 600	398 752	399 927	401 126	402 348	
Статті витрат	Персонал	0,0	57 600	58 752	59 927	61 126	62 348
	Амортизація	0,0	290 000	290 000	290 000	290 000	290 000
	Експлуатація СНР	0,0	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
Дохід до оподаткування	0,0	398 914	397 762	396 587	395 388	394 166	
Доходи	0,0	323 120	322 187	321 235	320 264	319 274	
Амортизація	0,0	290 000	290 000	290 000	290 000	290 000	
Інвестиційні надходження	0,0	613 120	612 187	611 235	610 264	609 274	
Інвестиції загалом	1 450 000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Грошові транші	1 450 000	613 120	612 187	611 235	610 264	609 274	
Фактор дисконту	1	0,9576	0,9171	0,8782	0,8410	0,8054	
Дисконтові транші	-1 450 000	587 150	561 425	536 809	513 255	490 718	
Акумуляовані дисконтові кошти	-1 450 000	-862 850	-301 425	235 385	748 640	1 239 358	

Прибуток 1 239 358

– дебіту газу величиною 150 м³/год., що прийнятий для розрахунків у варіанті А, не достатньо для отримання прибутку на п'ятому році експлуатації модуля СНР;

– дебітів газу величиною 300 м³/год. та 450 м³/год., (варіанти розрахунків Б і В) достатньо для отримання прибутку на п'ятому році експлуатації модуля СНР.

Величину чистого прибутку для п'ятого року експлуатації модуля СНР залежно від варіанту умов розрахунків представлено на рис.2.

В принципі, до кожного полігону ТПВ, на якому заплановано здійснення процесу дегазації біогазу для енергетичного використання,

слід підходити індивідуально. Представлені вище модельні розрахунки лише окреслюють тематику ефективного використання звалищного газу в енергетичних цілях, акцентуючи увагу на необхідності проведення індивідуальних розрахунків для визначення показників рентабельності проектної інвестиції.

Література

1 Dudek J. Energetyczne wykorzystanie gazu wysypiskowego – kryteria efektywności technicznej i ekonomicznej. – Krakow: Opracowanie IGNiG, 1997.

Таблиця 5 — Розрахункова величина чистого прибутку для варіанту В

Грошові транші/роки	0	1	2	3	4	5	
Дохід з продажу	0,0	1 062 018	1 062 018	1 062 018	1 062 018	1 062 018	
Кошти, разом	0,0	397 600	398 752	399 927	401 126	402 348	
Статті витрат	Персонал	0,0	57 600	58 752	59 927	61 126	62 348
	Амортизація	0,0	290 000	290 000	290 000	290 000	290 000
	Експлуатація СНР	0,0	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
Дохід до оподаткування	0,0	664 418	663 266	662 091	660 893	659 670	
Доходи	0,0	538 179	537 246	536 294	535 323	534 333	
Амортизація	0,0	290 000	290 000	290 000	290 000	290 000	
Інвестиційні надходження	0,0	828 179	827 246	826 294	825 323	824 333	
Інвестиції загалом	1 450 000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Грошові транші	1 450 000	828 179	827 246	826 294	825 323	824 333	
Фактор дисконту	1	0,9576	0,9171	0,8782	0,8410	0,8054	
Дисконтові транші	-1 450 000	793 100	758 651	725 682	694 128	663 929	
Акумуляовані дисконтові кошти	-1 450 000	-656 900	101 751	827 433	1 521 560	2 185 490	

Прибуток 2 185 490

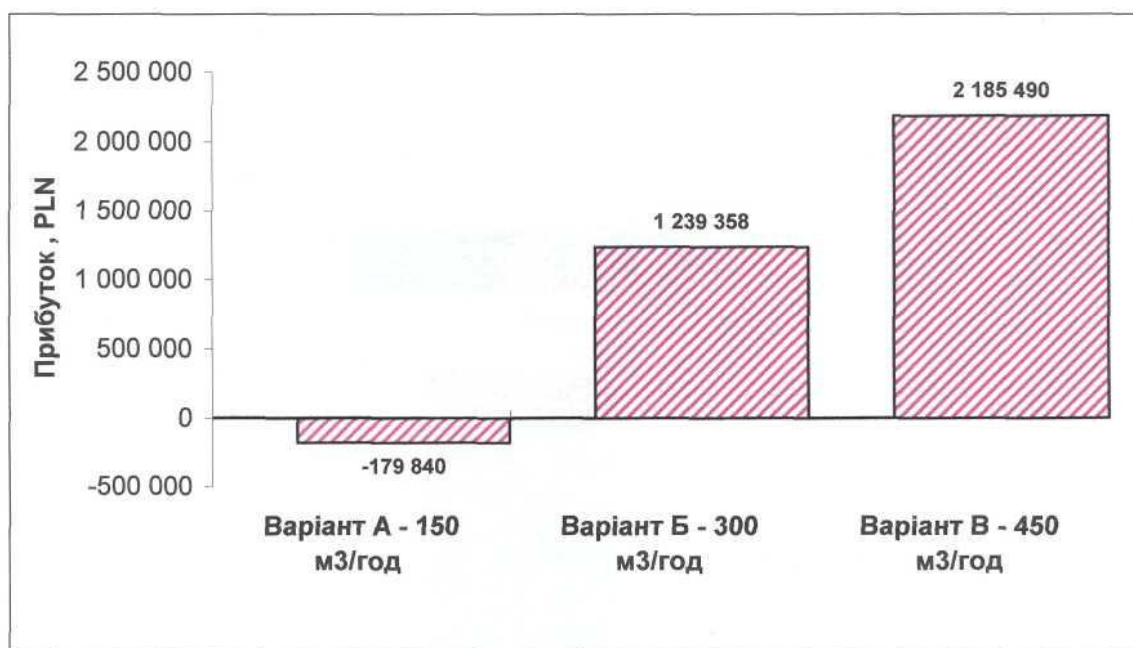


Рисунок 2 — Прибуток для п'ятого року експлуатації модуля СНР залежно від варіантів умов розрахунків

2 Паспортизація полігонів ТПВ Львівської області: Аналіз енергетичного потенціалу / Гвоздевич О.В., Стефанік Ю.В., Кульчицька-Жигайло Л.З., Брик Д.В. // II-а Міжнар. наук.-практ. конф. „Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам в регіоні”, 19-20 червня 2003 р.: 36. наук. статей. – Львів: ЛьВЦНТЕІ, 2003. – С. 91-95.

3 Dudek J., Klimek P. Ekonomiczne aspekty wykorzystania gazu składowiskowego // XI Konferencja Naukowo-Techniczna – Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii Warszawa, 28-30 listopada 2005 r. Biblioteka Ogólnopolskiego Forum Odnawialnych Źródeł Energii.