

© В.А. Кучернюк
канд. техн. наук
І.С. Печерський
І.В. Бубнов
С.Б. Полатайко
НДПІ ПАТ «Укрнафта»

Технології ударно-хвильової та депресійно-репресійної хімікогідродинамічної дії на ПЗП

УДК 622.276.6

У статті розглянуто технологію ударно-хвильової дії на привибійну зону пласта (ПЗП) із використанням електророзрядного та ультразвукового пристроїв та технологію депресійно-репресійної хімікогідродинамічної дії (ДРХГДД) на ПЗП за допомогою гідровакуумного пристрою. Наведено результати та досвід упровадження технологій на родовищах ПАТ «Укрнафта».

Ключові слова: технологія ударно-хвильової дії, технологія депресійно-репресійної хімікогідродинамічної дії, гідровакуумний пристрій.

В статье рассмотрены технология ударно-волнового воздействия на ПЗП с использованием электроразрядного, ультразвукового устройств и технология депрессионно-репрессионного химикогидродинамического воздействия (ДРХГДВ) на ПЗП с помощью гидривакуумного устройства. Приведены результаты и опыт внедрения технологий на месторождениях ПАО «Укрнафта».

Ключевые слова: технология ударно-волнового воздействия, технология депрессионно-репрессионного химикогидродинамического воздействия, гидривакуумное устройство.

The article considers the technology of shock-wave influence on bottom-hole formation zone with the use of electrical-charging ultrasonic devices and the technology of depression-repression chemical-hydrodynamic impact on bottom-hole formation zone using a hydro-vacuum unit. The results and experience of technologies implementations in the fields of Ukrnafta PJSC are given.

Key words: technology of shock-wave influence, technology of depression-repression chemical-hydrodynamic impact, hydro-vacuum unit.

Ситуація, що склалася в нафтогазовій галузі, потребує розроблення та впровадження технологій, які б комплексно вирішували завдання підвищення продуктивності малодобітних свердловин і підключення до активної розробки нерухомих та малорухомих запасів вуглеводнів у низькопроникних зонах та інтервалах пласта. Це обумовлює необхідність створення і залучення до практичного використання технологічних рішень, які базуються на комплексному застосуванні відомих методів інтенсифікації роботи свердловин та нових високоефективних методів, засобів та прийомів одночасного вирішення широкого кола геолого-промислових задач, що дають можливість збільшити поточний видобуток вуглеводнів.

Набутий фахівцями НДПІ досвід комплексних обробок нафтовидобувних та нагнітальних свердловин показав, що доповнення традиційних технологій (в основному нагнітання хімреагентів) технологією ударно-хвильової та депресійно-репресійної дії збільшує ефективність обробок за рахунок відновлення фільтраційних властивостей привибійної зони та капілярної системи загалом.

Нижче наведено коротку характеристику технології та обладнання для ударно-хвильової дії на привибійну зону пласта (ПЗП) [1].

Ударно-хвильова дія на ПЗП дає змогу:

- зруйнувати кольматаційні відкладення у привибійній зоні пласта;

- руйнувати газогідратні пробки;
- одночасно впливати не тільки на ПЗП, але частково і на продуктивний пласт, що активізує нерухомі та малорухоми цілики нафти;
- проводити вибірковий спрямований вплив на певні інтервали пласта під час обробки неоднорідних за проникністю пропластків;
- періодично повторювати обробку привибійної зони свердловин за вибраною програмою для зміни напрямів фільтраційних потоків у пласті;
- проводити одно- або двостадійні реагентно-імпульсні обробки для збільшення зони охоплення газонасиченої частини пласта процесом газовилучення;
- за короткий інтервал часу виконувати масові обробки привибійних зон свердловин у межах кожної характерної ділянки родовища для отримання максимального сумарного технологічного ефекту.

Ударно-хвильова дія передбачає два види ефектів:

- безпосередній вплив на привибійну зону свердловини, що обробляється;
- дальній вплив на спостережний пласт залежно від складу колектора на відстані до 2 км від джерела пружних коливань (за томографією).

Ефекти ближньої дії проявляються в очищенні привибійної зони від кольматаційних відкладень, що виникли в процесі буріння та експлуатації свердловини, та руйну-

Результати впровадження технології ударно-хвильової дії на ПЗП

Таблиця 1

Рік	Назва структурної одиниці	Кількість свердловино-операцій	Додатковий видобуток	
			нафти, т	газу, тис. м ³
2008	НГВУ «Чернігівнафтогаз»	6	1700	180
2009		6	1614	228
2010		5	1972	515
2010		4	565	396
2011		6	2727	687
2012		4	1249	452
2013		5	1122	18
2014		6	303	14
Всього:		42	11252	2490

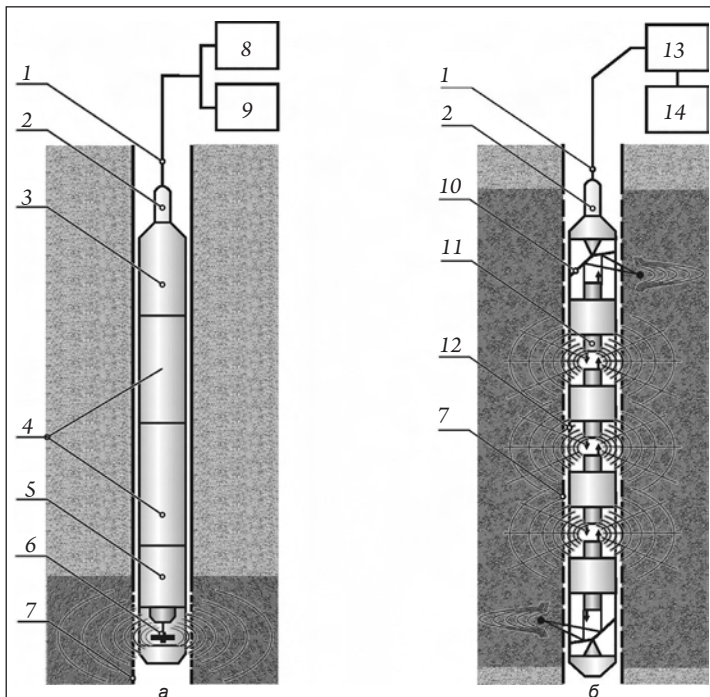


Рис. 1. Пристрої ударно-хвильової дії: а – електророзрядний, б – ультразвуковий: 1 – геофізичний кабель; 2 – кабельний наконечник; 3 – зарядний блок; 4 – блок високовольтних накопичувачів; 5 – розрядний блок; 6 – електродна система; 7 – експлуатаційна колона; 8 – блок контролю змін фільтраційних властивостей; 9 – перетворювач частоти; 10 – фокусуєча система; 11 – ультразвуковий випромінювач; 12 – корпус ультразвукового пристрою; 13 – генератор; 14 – джерело живлення

ванні газогідратних пробок.

Ефекти дальньої дії проявляються у збільшенні рухомості вуглеводнів у пласті, що обумовлюється вивільненням пружної енергії, накопиченої в самому пласті та в навколишніх породах. Остання накопичується внаслідок зміни порового тиску в пласті та пов'язаних з цим змін у напружено-деформованому стані гірського масиву.

Розглянувши процеси у пласті з цих позицій, можемо помітити, що пружні хвилі, які збуджуються ударно-хвильовим методом, лише ініціюють процес розрядки напружень у гірському масиві навколо джерела, який протікає у відносно повільному режимі. Процес перерозподілу

напружень, що відбувається в імпульсному режимі протягом тривалого часу і супроводжується генеруванням пружних хвиль із частотою, характерною для цих порід, активізує нерухомі та малорухомі цілики вуглеводнів на площі, яка охоплена процесом перерозподілу напружень.

Виходячи з цього, можемо припустити, що передумовами, сприятливими для прояву ефектів дальньої дії, за ударно-хвильової обробки пласта є:

- велика продуктивна товщина;
- наявність неоднорідностей різного типу (фізичних властивостей, будівлі пласта, виклинувань, скидань, депресійних та репресійних воронки тиску тощо);
- значні зміни порового тиску в процесі розробки родовища;
- обводненість.

Зазначені чинники сприяють процесу накопичення пружної енергії та додаткових напружень у зонах, охоплених ударно-хвильовою дією.

Найбільш важлива відмінність цих зон від інших ділянок продуктивного пласта полягає у так названих воронках депресії, тому правомірно зробити висновок, що незалежно від фактора, що обумовлює проявлення ефектів ударно-хвильової дії в цих зонах (підвищена швидкість фільтраційних потоків, підвищення концентрації напружень у породі тощо), збільшення розмірів воронки депресії буде сприяти зростанню площі активізації запасів вуглеводнів навколо видобувної свердловини.

Як джерело ударно-хвильової дії використовують електророзрядні та ультразвукові свердловинні пристрої, зображені на рис. 1.

Обидва пристрої дають змогу здійснювати ударну або хвильову дію на пласт як у середовищі пластового флюїду, так і в середовищі хімічних реагентів, що забезпечує найбільш ефективну реагентно-імпульсну дію, яка включає фізико-хімічну та фізико-механічну обробку пласта.

Технічні параметри обох свердловинних пристроїв забезпечують можливість локальної та спрямованої дії на певні зони пласта як за напрямком дії, так і за потужністю.

Фізичною основою електророзрядної імпульсної дії є сукупність складних взаємопов'язаних процесів, які полягають у тому, що хвилі стиснення, які збуджуються під час високовольтного імпульсного пробоя рідини, що знаходиться в привибійній зоні, електричним розрядом, циклічно навантажують пористе насичене середовище, багаторазово відбиваються та трансформуються в хвилі стискання-розтягання. За рахунок їх повторюваної знакоперемінної дії руйнуються кольматаційні відкладення та порода, збільшується гідродинамічний зв'язок системи «пласт – свердловина». Під час кожного високовольтного електричного розряду імпульс тиску розганяє рідину, що заповнює свердловину в зоні розряду, до швидкості 150 м/с, що дає можливість очистити перфотвори, кольматацию стінок породи та передати стиснення на породу пласта.

Короткочасність дії імпульсу (мілісекунди) стиснення не руйнує цементного за колонного каменю, але створює систему мікротріщин у породі.

Електророзрядний пристрій складається з наземного генератора живлення та свердловинного пристрою.

Генератор живлення виробляє сигнал частотою 1 кГц і напругою 800 V, що передається геофізичним трижильним кабелем типу КГЗ – 60-90 до свердловинного пристрою.

Технологія впливу на привибійну зону ультразвуком ґрунтується на таких ефектах:

- термоакустичному;
- ультразвуковому капілярному;
- гравітаційному.

У процесі дії ультразвукового випромінювання виникає теплове поле, що розріджує та руйнує парафіносмолисті відкладення та газогідратні пробки.

Створюючи знакозмінні (стиск – розтяг) градієнти тиску з частотою 20 кГц ультразвук ефективно очищує капілярну систему, а в поєднанні з хімреагентами збільшує глибину охоплення та інтенсивність їх дії на породу привибійної зони.

Гравітаційні ефекти, що виникають у високоінтенсивному акустичному полі, призводять до очищення від механічних домішок, солей та інших відкладень, руйнують електростатичний прошарок, гальмуючий рух газу.

Конструктивно ультразвуковий пристрій складається з наземного блока живлення та зануреної, глибинної частини, котра складається з ультразвукових генераторів і випромінювачів.

Блок живлення з'єднується із зануреною, глибинною частиною трижильним геофізичним кабелем завдовжки до 6 000 м.

Основним показником ефективності обробки ПЗП ударно-хвильовою дією з використанням електророзрядного та ультразвукового пристроїв є технологічний ефект.

За період упровадження технології на родовищах ПАТ «Укрнафта» 2008–2014 рр. проведено 42 свердловино-операції. Додатково видобуто 11 252 т нафти та 2 490 тис. м³ газу. Результати впровадження показано в табл. 1.

Нижче наведено коротку характеристику технології та обладнання для проведення депресійно-репресійної хімікогідродинамічної дії (ДРХГДД) на ПЗП за допомогою гідровакуумного пристрою (ГВП).

На сьогодні існує велика кількість методик, технологій, пристроїв, контрольно-вимірвальних приладів тощо, які допомагають викликати приплив пластового флюїду в свердловину, визначити фільтраційні та енергетичні параметри продуктивних пластів і отримати вихідні дані для розроблення проектів розробки родовищ загалом.

Оскільки основний підхід до отримання інформації про стан і можливості продуктивного пласта базується на пониженні рівня флюїду в свердловині (створення депресії), фахівці нашого інституту застосовують комплект обладнання для реалізації технології ДРХГДД.

Технологію ДРХГДД на ПЗП за допомогою ГВП упроваджують із метою інтенсифікації припливу пла-

стового флюїду або збільшення приймальності нагнітальних свердловин шляхом відновлення фільтраційної здатності колекторів та введення в розробку низькопроникних ізольованих ділянок продуктивного пласта, що досягається створенням миттєвих циклічних керованих депресій.

Технологія передбачає створення багаторазових знакозмінних імпульсів (депресія – репресія) у зоні обробки пласта.

У процесі створення знакозмінних тисків відбувається очищення пор і тріщин ПЗП, виникають явища втомленості в породах продуктивного пласта і з'являється можливість утворення і розвитку тріщин.

У результаті циклічної дії на пласт у режимі депресія–відновлення гідростатичного тиску відбувається очищення ПЗП і поступове заповнення свердловини (внутрішнього об'єму НКТ) пластовим флюїдом. Особливістю цієї операції є те, що створюється задана депресія на пласт, і в разі необхідності можна керувати її величиною і тривалістю, а також здійснювати циклічну багатократну дію на пласт чи безперервне відкачування пластового флюїду при заданій величині депресії. Після очищення (декольматації) ПЗП забезпечується дренування пласта з відкачуванням певної кількості рідини.

Технологія реалізується за допомогою встановленого на насосно-компресорних трубах (НКТ) пакера і змонтованого над ним ГВП.

У ГВП відбувається змішування й обмін енергій двох потоків різних тисків, при яких утворюється потік зі змішаним тиском у результаті захоплення струменем робочого потоку, що виходить у камеру змішування пристрою з великою швидкістю, середовища, яке має більш низький тиск. Принцип дії свердловинного ГВП полягає у перетворенні потенційної енергії потоку в кінетичну енергію, що частково передається інжекційному (захопленому) потоку. Під час протікання через дифузор ГВП швидкості потоків, що змішуються, вирівнюються, і кінетична енергія змішаного потоку перетворюється на потенційну [2, 3].

Технологію ДРХГДД застосовують для інтенсифікації роботи нафтових видобувних та нагнітальних свердловин шляхом відновлення гідродинамічного зв'язку системи «пласт–свердловина» у результаті дії на ПЗП, фільтраційна здатність якої ускладнена або втрачена. Зміна скін-ефекту виникає у зв'язку з:

- проникненням фільтрату глинистих та бурових розчинів під час буріння та проведення тампонажних робіт;
- утворенням щільних трубок через спікання гірської породи при перфорації продуктивного інтервалу;
- тампонуванням фільтраційних каналів продуктами реакцій від упровадження технологій хімічного впливу рухливими частинками породи через їх винесення в процесі фільтрації пластового флюїду, випадання асфальтосмолопарафіністих речовин (АСПР);
- утворенням у ПЗП колоїдно-дисперсних систем.

Технологію застосовують для збільшення приймаль-

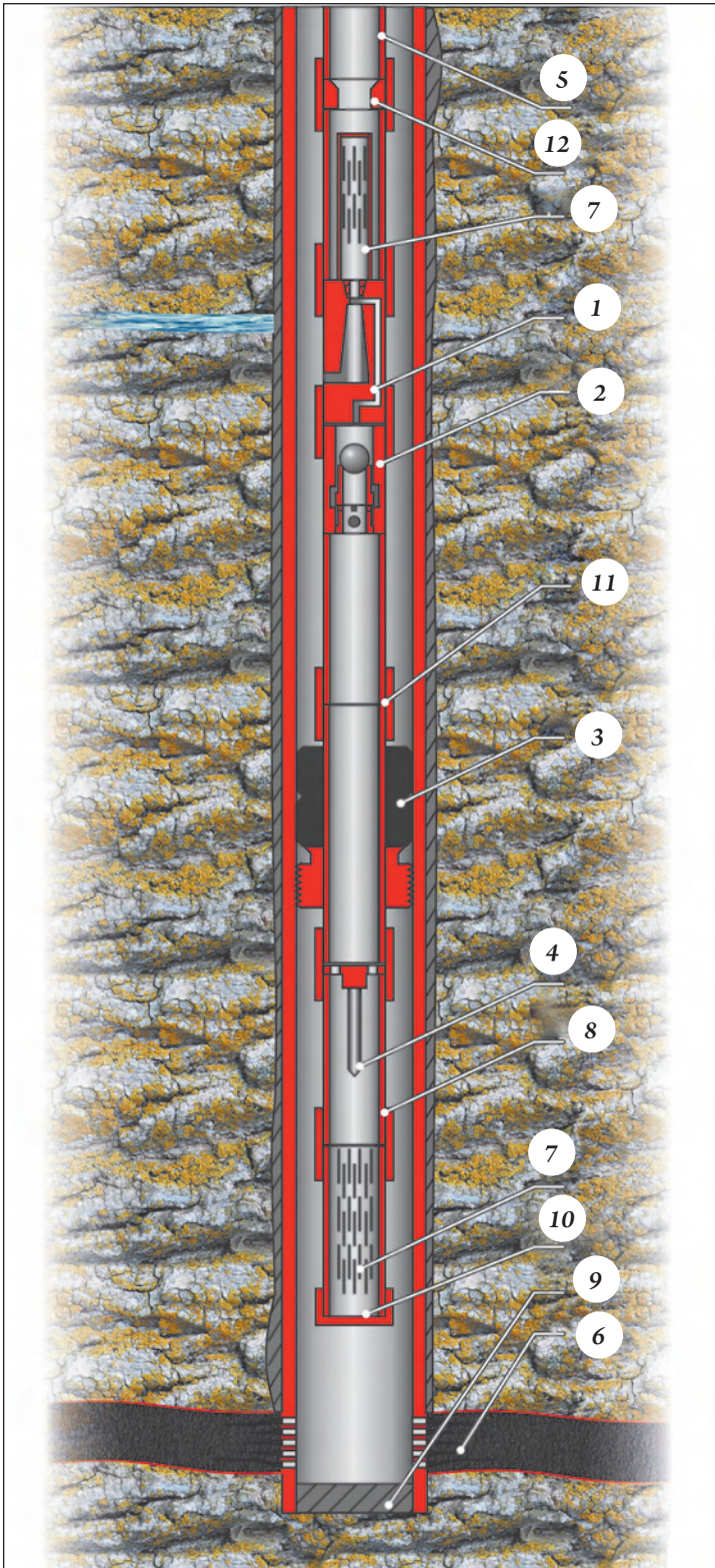


Рис. 2. Типова схема компоновки підземного обладнання: 1 – гідровакуумний пристрій; 2 – зворотний клапан; 3 – пакер механічний; 4 – глибинний манометр; 5 – НКТ до гирла; 6 – продуктивний горизонт; 7 – фільтр; 8 – НКТ; 9 – штучний вибій; 10 – глуха муфта; 11 – перехідник; 12 – опресувальне сидло



Рис. 3. Відсоток видобутої нафти по структурних одиницях ПАТ «Укрнафта»

ності нагнітальних свердловин шляхом очищення за-
кольматованої привибійної зони.

Використання ГВП дозволяє в одному циклі робіт під час освоєння або штучного впливу на привибійну зону реалізувати такі види робіт:

- досліджувати свердловини за даними кривих відновлення тиску (КВТ);
- впливати на ПЗП багаторазовими миттєвими депресіями та репресіями;
- забезпечувати подачу в зону пласта різних хімічних реагентів зі швидким видаленням продуктів реакції;
- досліджувати свердловини на приплив при різних депресіях для побудови індикаторних діаграм або запису КВТ.

Як робочу рідину можна використовувати пластову воду, технічну воду, водний розчин NaCl чи CaCl_2 , товарну дегазовану нафту.

Поєднання технології ДРХГДД із хімічними методами впливу на ПЗП дає можливість більш глибокого проникнення реагенту в породу та подвійного фізико-хімічного та гідродинамічного впливу на пласт.

На рис. 2 зображено типову схему компоновки підземного обладнання.

Основним показником ефективності обробки ПЗП із використанням гідровакуумного пристрою є технологічний ефект, тобто додатковий видобуток вуглеводнів.

За період 2010–2015 рр. проведено 48 свердловино-операцій. ОПЗП проводили в різноманітних інтерпретаціях (табл. 2).

У табл. 3 наведено кількість свердловино-операцій та додатковий видобуток по структурних одиницях ПАТ «Укрнафта» за 2010–2015 рр.

На рис. 3 наведено відсоток видобутої нафти по структурних одиницях ПАТ «Укрнафта».

Види проведених ОПЗП за 2010–2015 рр.

Таблиця 2

№ п/п	Вид обробки привибійної зони пласта
1	ОПЗП депресійно-репресійної дії та дослідження проводили з використанням глибинного манометра, що дало можливість більш точно дослідити основні параметри продуктивного горизонту та оцінити стан привибійної зони до та після ОПЗП по скін-ефекту. Проведено 27 свердловино-операцій, додатковий видобуток становив 22 582,8 т.
2	Дослідження свердловини виконували в розвідувальних свердловинах та водозабірній із метою оцінки потенційних можливостей продуктивних горизонтів на різних депресіях на горизонт. Проведено 4 свердловино-операції.
3	ОПЗП депресійно-репресійної дії з використанням кислотного розчину та розчинників – це операції, що дають можливість покращити приймальність свердловини перед проведенням обробки, підсилити дію розчину під час його реагування, а також провести вчасне видалення продуктів реакції з продуктивного горизонту. Проведено 15 свердловино-операцій, додатковий видобуток становив 4 678,42 т.
4	Відновлення приймальності в нагнітальних свердловинах – 2 свердловино-операції.

Кількість свердловино-операцій та додатковий видобуток по структурних одиницях ПАТ «Укрнафта» за 2010–2015 рр.

Таблиця 3

Назва структурної одиниці	Кількість свердловино-операцій	Додатковий видобуток нафти, т	Вид ОПЗП (згідно з табл. 2)
НГВУ «Охтирканафтогаз»	12	14351,8	1, 3
НГВУ «Полтаванафтогаз»	1	–	3
НГВУ «Чернігівнафтогаз»	9	3378,4	3
НГВУ «Долинанафтогаз»	6	7813,9	1, 3
НГВУ «Надвірнанафтогаз»	11	1051,0	1, 2, 3, 4
НГВУ «Бориславнафтогаз»	6	1557,1	1, 3
Прикарпатське УБР	3	–	2
Всього:	48	28152,2	–

Висновок

За рахунок упровадження технології депресійно-репресійної дії на привибійну зону пласта за допомогою гідровакуумного пристрою додатково видобуто 28163,2 т нафти, 6451,98 тис. м³ газу.

Ударно-хвильовий та депресійно-репресійний впливи на продуктивні пласти дає змогу не тільки підвищити видобуток нафти, але й знизити обводненість продукції, що видобувається. Це досягається як за рахунок очищення привибійної зони та встановлення більш якісного гідродинамічного зв'язку свердловини з пластом, так і за рахунок активізації нерухомих і малорухомих ціликів нафти в продуктивному пласті. Розглянуті методи впливу прості в експлуатації, характеризуються малими енерговитратами й високими технологічними показниками.

Список використаних джерел

1. Кучернюк А.В. Комплексні технології ударно-хвильового впливу на продуктивні горизонти як інструмент підвищення ефективності експлуатації нафтових родовищ / А.В. Кучернюк // Нафт. і газова пром-сть. – 2003. – № 5. – С. 23–27.
2. Соколов Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – М.: «Госэнергоиздат», 1960. – 208 с.
3. Яремійчук Р.С. Освоєння свердловин / Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук. – Львів: «Центр Європи», 2007. – 368 с.

НОВИНИ

ЄС підтримує будівництво газопроводу Клайпеда–Курсенай

Литовська газотранспортна компанія Amber Grid підписала угоду щодо фінансової підтримки ЄС будівництва газопроводу Клайпеда–Курсенай, згідно з якою Євросоюз виділить грант у розмірі 27,6 млн євро. Новий газопровід передбачає створення достатніх потужностей для транспортування газу від терміналу ЗПГ у Клайпеді до споживачів як Литви на північному сході, так і інших країн Прибалтики. Його метою є створення можливостей для диверсифікації джерел постачання газу прибалтійським країнам, гарантування безпеки газопостачання, підвищення надійності газотранспортної системи та забезпечення конкурентоздатності газового ринку.

Наявної потужності литовської газотранспортної системи достатньо для передачі тільки 40 % газу від потенційної добової потужності терміналу ЗПГ. Після побудови згаданого газопроводу буде створено можливості експлуатувати з максимальною потужністю термінал, який може задовольнити понад 80 % потреб у природньому газі всіх трьох балтійських країн, що ще більше підвищить важливість терміналу ЗПГ для регіону і можливості диверсифікації постачання газу.

Проектом передбачено прокладання газопроводу завдовжки 110 км діаметром 800 мм від точки його сполучення з терміналом ЗПГ у Клайпеді до м. Курсенай, загальна вартість будови 63,7 млн євро. У першій половині 2015 р. велися інтенсивні роботи з будівництва трубопроводу, завезено близько 100 км труб, понад 80 км із них зварено, 50 км укладено в траншею і засипано. Будівництво планується завершити до кінця 2015 р.

<http://www.lngworldnews.com./eu-supports-klaipeda-kursenai-pipeline-construction/>