

**И.С. Швец, Ю.И. Курашко, О.В. Хвоцан,
В.В. Литвинов, Ю.И. Мельхер, Л.И. Онищенко, В.И. Гунько**

Институт импульсных процессов и технологий (ИИПТ) НАН Украины, Николаев

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ШАХТНОГО МЕТАНА



Описывается разработка электроразрядного оборудования для интенсификации притока шахтного метана. При разработке комплекса использовались результаты работ по повышению эффективности и выбору оптимальных параметров зарядной цепи погружных скважинных установок для увеличения притока нефти; по увеличению удельной энергии импульсных конденсаторов, использующихся в качестве накопителя энергии; по разработке надежных, высокоэффективных разрядника и электродной системы. В результате был разработан электроразрядный погружной комплекс для обработки угольных пластов, содержащих метан и залегающих на глубине до 1 км и ниже.

К л ю ч е в ы е с л о в а: шахтный метан, электроразрядное погружное устройство, высоковольтный разряд, зарядное устройство, высоковольтный конденсатор.

Сегодня одной из актуальных проблем в Украине является разработка месторождений метана. Острый дефицит энергоносителей в стране и резкое уменьшение запасов углеводородов во всем мире вызывает необходимость поисков сырья, альтернативного природному газу. Таким сырьем является шахтный метан, в значительных количествах находящийся в угольных пластах Донбасса [1]. Кроме того, наличие газа в угольных массивах приводит к возникновению аварийных ситуаций, сопровождающихся человеческими жертвами. Поэтому в настоящее время остро стоит проблема дегазации угольных пластов. Существует много методов дегазации [2, 3], принцип действия их заключается в очистке пор и трещин в газосодержащей породе, подвергшихся кольтматации, и создании новых каналов, по которым газ поступает в пробуренную с поверхности земли скважину. Сущность *гидродинамического* ме-

тода заключается в приложении к свободным поверхностям угольного пласта знакопеременных нагрузок, которые разрушают свободную поверхность и образуют более широкую систему трещин в пласте [4]. Лучший эффект дегазации закольтмированных пластов ожидается при совместном использовании гидродинамического и *электроразрядного* методов обработки скважин. Электроразрядный метод основан на использовании электрогидравлического эффекта при высоковольтном разряде в жидкости и успешно применяется в первую очередь при восстановлении нефтяных и артезианских скважин [5, 6].

Целью настоящей работы является создание малогабаритного электроразрядного скважинного комплекса для интенсификации притока шахтного метана из угольных пластов. Комплекс состоит из трех основных частей: наземной (источника питания); погружной, опускаемой непосредственно в зону обработки, и грузонесущего геофизического кабеля, соединяющего наземную часть с погружной. Специфика созда-

ваемого устройства состоит в необходимости размещения погружаемого в скважину оборудования в крайне ограниченном объеме, определяемом диаметром скважины. Так, диаметр цилиндрического корпуса погружной части комплекса составляет величину порядка 0,1 м, что требует тщательного подхода к выбору конструкции и расчету высоковольтных блоков установки.

С учетом сравнительно неглубокого залегания газонасыщенных угольных пластов (более 55 % шахт ведут горные работы на глубине порядка 1 км) целесообразно использовать зарядную схему с передачей по кабелю в погружную часть напряжения до 1 кВ повышенной частоты. Схема обладает высокой эффективностью передачи энергии в емкостный накопитель при удовлетворительных габаритных размерах погружной части комплекса. Блок-схема всего комплекса приведена на рис. 1, а принципиальная схема наземной части комп-

лекса (силовой части источника питания) — на рис. 2. Источник работает от сети промышленного напряжения 380 В, 50 Гц. Выпрямитель, выполненный на диодах VD1-VD6, преобразует сетевое напряжение в постоянное 510 В, а инвертор напряжения на транзисторах VT1-VT4 формирует ток и напряжение повышенной частоты. Выходной трансформатор TV1 регулирует величину напряжения, передаваемого в погружную часть комплекса через соединительный кабель. В качестве соединительной линии используется 3-жильный геофизический кабель длиной до 5 км.

Погружная часть зарядного контура — зарядный блок — содержит высоковольтный трансформатор и выпрямитель, выполненный по несимметричной схеме удвоения (рис. 3).

Проведенные исследования [7, 8] позволили определить оптимальные схему и параметры зарядной цепи погружного электроразрядного устройства. Определение оптимальных

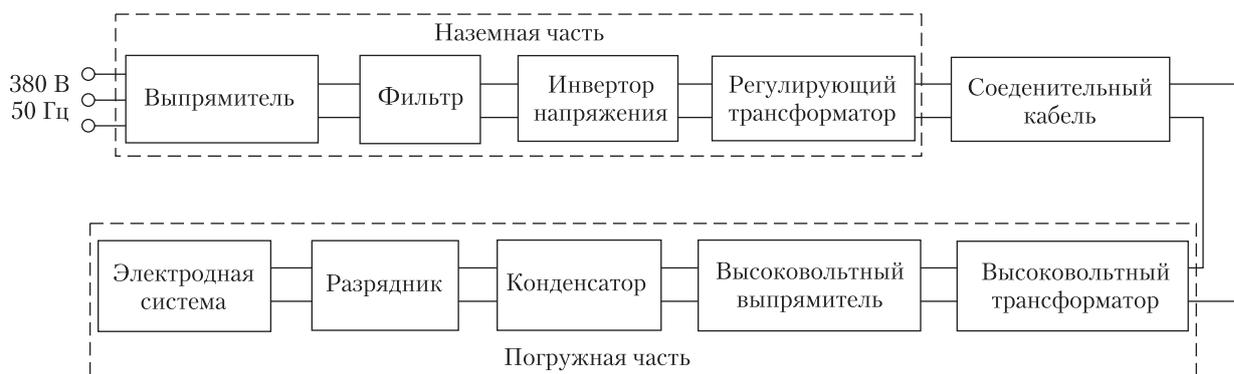


Рис. 1. Блок-схема электроразрядного погружного комплекса для интенсификации добычи шахтного метана

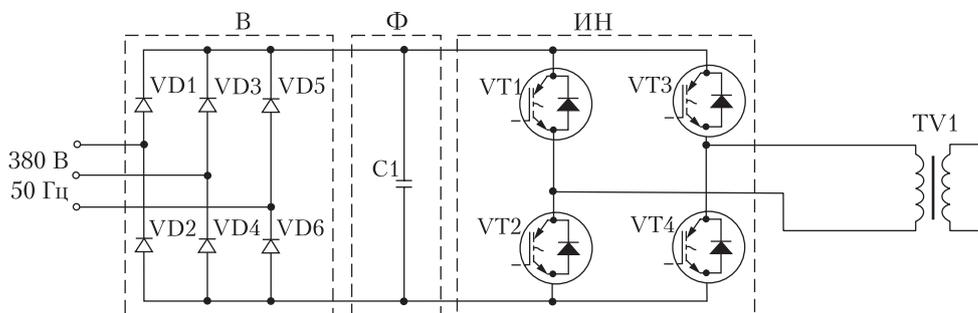


Рис. 2. Принципиальная схема силовой части источника питания комплекса

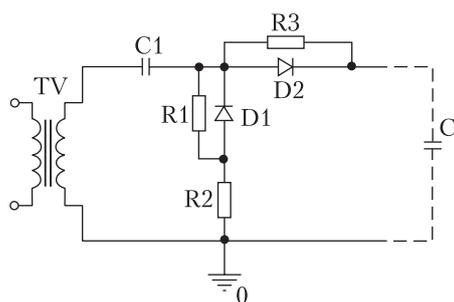


Рис. 3. Принципіальна схема зарядного блоку



Рис. 4. Наземна частина (джерело живлення) електророзрядного поглиняного комплексу для інтенсифікації добування шахтного метану

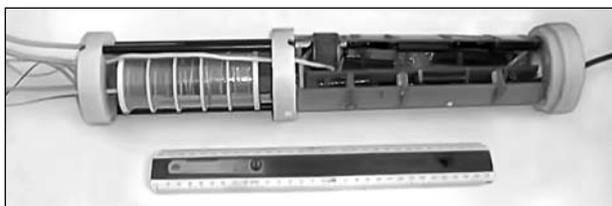


Рис. 5. Вийнятна частина зарядного блоку установки

параметров вироблялось з використанням програми розрахунку перехідних процесів *PSpice* (точність 0,1 %). В якості з'єднательної лінії був вибран достатньо часто зустрічаючийся в експлуатації геофізический кабель КГЗ-60-90 ГОСТ 6020-82 [9] з параметрами: $R_{ж} = 28,5 \text{ Ом/км}$, $L_0 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ Ф/км}$, $C_0 = 0,102 \cdot 10^{-6} \text{ Ф/км}$. По результатам досліджень було визначено, що оптимальними

являються наступні параметри зарядної цепі поглиняного скважинного пристрою, дозволяють виробити заряд накопительної ємності $2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ до напруги $3 \cdot 10^4 \text{ В}$ за часом 5 с (заспаєма енергія — 1 кДж, потужність заряду — 200 ВА):

- + проміжочна частота передаваного напруги — 3 кГц;
- + коефіцієнт трансформації високовольтного трансформатора — 36;
- + ємність схеми удвоєння — конденсатор КВИ-3 470 пФ, 20 кВ;
- + вихідне напруги регулюючого трансформатора — (350÷750) В.

Внешній вигляд наземного джерела живлення електророзрядного комплексу для інтенсифікації добування шахтного метану приведено на рис. 4. Маса джерела живлення — 12,5 кг. Поглиняна частина комплексу має блочну структуру; кожен блок розташований в циліндричному сталевому корпусі діаметром 0,102 м. Вийнятна частина розробленого зарядного блоку (розташованого в поглиняній частині фрагмента зарядного пристрою) приведено на рис. 5. Використання сучасних електротехнічних матеріалів і елементної бази дозволило зробити висновок про можливість надійної та ефективною роботи блоку при зовнішній температурі середовища до $100 \text{ }^\circ\text{C}$, що було підтверджено теоретичними і експериментальними дослідженнями [10].

Основний внесок в масогабаритні показники поглиняної частини комплексу вносить енергозаспаєний елемент — високовольтний конденсатор. В результаті досліджень, проведених в останнє час Інститутом імпульсних процесів і технологій [11, 12], стало можливим перейти до використання пліночних систем в якості діелектрика в накопитель, підвищив удільну заспаєму енергію в 1,3÷1,8 раз по порівнянню з застосованим раніше бумажно-пліночним діелектриком. В складі розробленого пристрою використовується високо-

вольтний імпульсний конденсатор ИКП-30-2,4 с номинальним напругою 30 кВ і ємністю 2,4 мкФ на основі поліпропіленово-поліетиленотерефталатного діелектрика, пропитаного маловязкою поліметилсілаксановою рідкістю. Робоча напруженість електричного поля в діелектриці конденсатора — 192,3 кВ/мм, удельна запасана енергія — 82,5 Дж/дм³. Конденсатор допускає експлуатацію в режимі коливального розряду з такими параметрами:

- ✦ частота слідування зарядів-розрядів — 0,25 Гц;
- ✦ амплітуда розрядного току — 12 кА;
- ✦ реверс розрядного току — не більше 0,3 кА;
- ✦ період розрядного току — не більше 8 мкс.

Конденсатор має циліндричний корпус довжиною 1,615 м (рис. 6), середній ресурс роботи конденсатора в номінальному режимі — 105 зарядів-розрядів.

Розрядник поглибної установки (рис. 7) призначений для передачі запасеної в конденсаторах енергії в навантажку при досягненні рівня зарядного напруги 30 кВ. Розрядник виконаний газонаповненим і неуправляємим. В якості газової середовища використаний азот газобразний ГОСТ 9293-74 при тиску $1,01 \cdot 10^5$ Па. Корпус розрядника 1 представляє сталеву трубу, всередині якої встановлені з обох сторін ізолятори 2 і 3 з мідними електродами 4 і 5. Електроди мають можливість осевого переміщення. Герметизація внутрішньої порожнини розрядника здійснюється з допомогою резинових ущільнювальних кілець прокладок. При транспортуванні і зберіганні розрядник закривається заглушками 6 і 7.

Електродна система поглибної установки призначена для створення імпульсних гідродинамічних впливів на об'єкт обробки за допомогою високовольтних електричних розрядів в рідині. В залежності від величини удельної електропровідності рідини, що заповнює скважину, в установці можливо використання системи "острие —



Рис. 6. Высоковольтный конденсатор

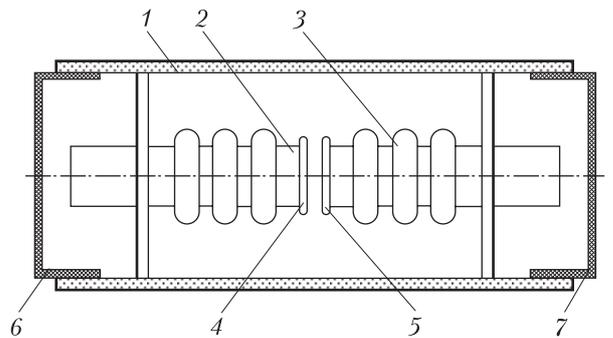


Рис. 7. Разрядник

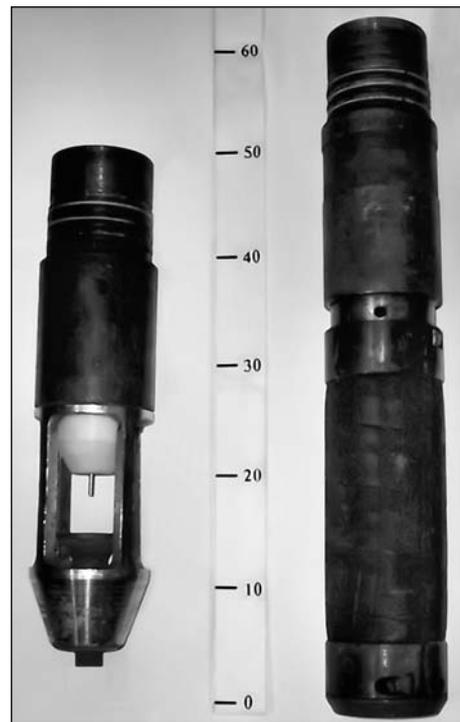


Рис. 8. Электродные системы электроразрядного погружного комплекса

плоскості" открытого либо закрытого типа (рис. 8). Механическое и электрическое соединение грузонесущего кабеля и погружной части установки осуществляется посредством соединительной головки, а конденсатора с зарядным блоком и разрядником — при помощи муфт.

В результате проведенных исследований был разработан электроразрядный погружной комплекс для обработки угольных пластов, содержащих метан и залегающих на глубине до 1 км и ниже, с габаритными параметрами погружаемой в скважину части 3,5 м, 93 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Закономерности* процесса газовыделения из угольных пластов при гидродинамическом воздействии / К.К. Софийский, Д.П. Силин, Э.И. Мучник, Е.Г. Бардулин, В.Г. Золотин, Д.М. Житленок, А.В. Аксенов, В.Н. Жмыхов // Геотехническая механика. — Вып. 49. — 2004. — С. 41–48.
2. *Способы* повышения дебита поверхностных дегазационных скважин / Е.Л. Звягильский, И.А. Ефремов, Викт.В. Бобрышев, Вас.В. Бобрышев, Д.П. Силин // Геотехническая механика. — Вып. 49. — 2004. — С. 3–8.
3. *Башкатов Д.Н., Драхлис С.Л., Сафонов В.В., Квашиин Г.П.* Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду. — М.: Недра, 1988. — 268 с.
4. *Булат А.Ф., Софийский К.К., Силин Д.П.* Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласт. — Днепропетровск: "Полиграфист". — 2003. — 220 с.
5. *Electrohydroimpulse* Equipment for Increase of the Output of Oil and Intake Wells / I.S.Shvets, Yu.I.Kurashko, N.N. Klimanskiy, O.V. Khvoshchan, L.I. Onishchenko // 13th International Symposium on High Current Electronics: Proceedings. Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS, 2004, pp. 409–411.
6. *Разработка* и создание высоковольтных малогабаритных погружных устройств для интенсификации добычи полезных ископаемых из недр земли / В.Г. Жекул, В.М. Косенков, Ю.И. Курашко, Л.И. Онищенко, С.Г. Поклонов, О.Н. Сизоненко, О.В. Хвоцан, И.С. Швецец // Материалы XII Международной научной школы-семинара "Физика импульсных разрядов в конденсированных средах", Николаев, 2005. — С. 101–103.
7. *Анализ* схем зарядных цепей генераторов импульсных токов установок погружного типа / Ю.И. Курашко, О.В. Хвоцан, И.С. Швецец // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Тематичний випуск "Електроенергетика і перетворююча техніка", 2006. — № 17. — С. 127–137.
8. *Оптимизация* режимов в зарядных цепях высоковольтных электроразрядных погружных систем для электроимпульсной обработки нефтяных скважин / А.А. Щерба, О.В. Хвоцан, Ю.И. Курашко, И.С. Швецец, Н.Н. Климанский // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск "Проблеми сучасної електротехніки", 2006. — Ч. 5. — С. 98–101.
9. *ГОСТ 6020-82.* Кабели грузонесущие геофизические. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 5 с.
10. *Особенности* анализа температурного режима работы погружных скважинных устройств / О.В. Хвоцан, Ю.И. Курашко, В.В. Литвинов // Материалы XIII Международной научной школы-семинара "Физика импульсных разрядов в конденсированных средах", Николаев, 2007. — С. 148–149.
11. О повышении удельных энергетических характеристик и ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов / Л.И. Онищенко, В.И. Гунько, И.Ю. Гребенников, А.Я. Дмитришин // Электронная обработка материалов, 2004. — № 5. — С. 66–69.
12. *Создание* емкостных накопителей для скважинных электрогидроимпульсных устройств / И.Ю. Гребенников, В.И. Гунько, Л.И. Онищенко, И.С. Швецец // Материалы XII Международной научной школы-семинара "Физика импульсных разрядов в конденсированных средах", Николаев, 2005. — С. 159–160.

І.С. Швецец, Ю.І. Курашко, О.В. Хвоцан, В.В. Литвинов, Ю.І. Мельхер, Л.І. Оніщенко, В.І. Гунько

ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУТКУ ШАХТНОГО МЕТАНУ

Анотація. Описано створення електророзрядного устаткування для інтенсифікації припливу шахтного метану. При розробці комплексу були використані результати робіт по підвищенню ефективності і вибору оптимальних параметрів зарядного кола заглиблених установок для збільшення притоку нафти; по збільшенню питомої енергії імпульсних конденсаторів, що використовуються як накопичувач енергії; по розробці надійних, високо-ефективних розрядника і електродної системи. В результаті проведених досліджень був розроблений електророзрядний занурювальний комплекс для обробки вугільних пластів, що містять метан і залягають на глибині до 1 км та нижче.

Ключові слова: шахтний метан, електророзрядний занурювальний пристрій, високовольтний розряд, зарядний пристрій, високовольтний конденсатор.

I.S. Shvets, Yu.I. Kurashko, O.V. Khvoschan, V.V. Litvinov,
Yu.I. Melkher, L.I. Onischenko, V.I. Gunko

ELECTRIC-DISCHARGE
COMPLEX FOR INTENSIFICATION
OF MINE METHANE OUTPUT

Abstract. New electro-discharge equipment for intensification of inflow of mine methane is described. The results of works on the increase of efficiency and choice of optimum parameters of charge circuit of submersible hole devices for the increase of influx of oil; on the increase of specific ener-

gy of the pulse capacitors used as the store of energy; on the development of reliable, high-effective spark-gap and electrode system were used for the development of the complex. As a result the electric-discharge submersible complex for treatment of coal layers containing methane and bedding on a depth up to 1 km and below was developed.

Key words: mine methane, electric-discharge submersible device, high-voltage discharge, charge device, high-voltage capacitor.

Надійшла до редакції 14.12.07.

**С 8 по 9 апреля 2009 года
в Харькове состоится 6-я Международная конференция
"Сотрудничество для решения проблемы отходов"**

**Основные
тематические
направления**

- + Нормативно-правовая база управления отходами
- + Санитарно-экологические, организационные и экономические аспекты проблемы
- + Технологии, оборудование, услуги по переработке твердых бытовых и промышленных отходов
- + Обустройство и эксплуатация полигонов
- + Радиоактивные и токсичные отходы
- + Очистка сточных вод. Обработка осадков. Иловые площадки
- + Выбросы в атмосферу. Газоочистка. Утилизация пылей и шламов
- + Энергия из отходов
- + Информационное, программное и метрологическое обеспечение
- + Экологическое страхование, сертификация, стандартизация, аудит, экспертиза
- + Участие общественности в решении проблемы отходов

**Организаторы
конференции**

ЭкоИнформ, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ООО "Экологический Альянс"

Подробности проекта и материалы предыдущих конференций — на сайте <http://www.waste.com.ua/cooperation>