

УДК [622.002.5:621.51/.54].001.5

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України)

Кирик Г.В., д-р техн. наук
(Концерн «Укрросметалл»)

Шевченко В.Г., д-р техн. наук, ст. научн. сотр.
(ИГТМ НАН України)

**СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УГЛЕВОДОРОДОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО
КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України)

Кирик Г.В., д-р техн. наук
(Концерн «Укрросметалл»)

Шевченко В.Г., д-р техн. наук, ст. науч. співроб.
(ИГТМ НАН України)

**СУЧАСНІ РІШЕННЯ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ
РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ НА ОСНОВІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО
КОМПРЕССОРНОГО УСТАТКУВАННЯ**

Bulat A.F., Acad. NASU, D. Sc. (Tech.), Professor
(IGTM NAS of Ukraine)

Kirik G.V., D.Sc. (Tech.),
(Concern “Ukrrosmetall”)

Shevchenko V.G., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

**ADVANCED SOLUTIONS ON IMPROVING EFFICIENCY OF HYDRO-
CARBON DEPOSIT MINING BY ENERGY-SAVING COMPRESSOR
EQUIPMENT**

Аннотация. Проведены фундаментальные исследования в области создания новых композиционных материалов деталей и узлов компрессорного оборудования. Проведены исследования и получены фундаментальные разработки в области создания методов расчета и конструирования теплообменных аппаратов компрессорных установок. Получены фундаментальные разработки по усовершенствованию методов расчета режимных параметров компрессорных установок. На основе новых разработок и результатов фундаментальных исследований предложены современные решения по повышению эффективности разработки месторождений углеводородов на основе энергосберегающего компрессорного оборудования.

Разработан метод искусственного воздействия на пласты газоконденсатного месторождения азотом с целью повышения конденсатоотдачи. Разработаны проектные решения по компрессорному оборудованию для добычи, сбора и транспортировки газа из низконапорных и малодебитных скважин.

Разработаны способы получения и транспортировки попутного нефтяного газа при помощи компрессорных станций. Для повышения эффективности разработки угольных месторождений разработаны новые технологии выработки пневмоэнергии в подземных условиях шахт. Разработаны способы предупреждения, локализации, тушения подземных пожаров в угольных шахтах и обустройства нефтяных и газовых скважин при помощи азотных компрессорных станций. Разработана технология утилизации и когенерации шахтного газа-метана установками компрессорными газоутилизационными.

Реализация технологий и компрессорных машин позволила повысить эффективность и безопасность разработки угле- и нефтегазовых месторождений и получить экономический эффект за счет ликвидации аварий, сохранения оборудования, повышения производительности добычи угля, газового конденсата, попутного нефтяного газа, добычи и утилизации метана.

Ключевые слова: разработка месторождений углеводородов, энергосберегающее компрессорное оборудование, повышение эффективности и безопасности.

Совершенствование технологий, способов и средств разработки и эксплуатации месторождений углеводородов является актуальной проблемой, имеющей важное значение для угольной и нефтегазовой отраслей [1-3]. Концерном «Укрросметалл» предложен ряд современных решений по повышению эффективности разработки угле- и нефтегазовых месторождений на основе создания и внедрения энергосберегающего компрессорного оборудования.

Проведены фундаментальные исследования в области создания новых композиционных материалов деталей и узлов компрессорного оборудования [4]. Исследованы надежность, усталостная прочность и долговечность узлов компрессорных машин, а также пути их повышения за счет применения новых композиционных материалов и защитных покрытий. Созданы и исследованы новые типы защитных покрытий с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, полученные с помощью комбинации новых технологий и позволяющие восстанавливать изношенные в процессе работы участки изделий, а также значительно повысить твердость, модуль упругости, индекс пластичности, стойкость к коррозии в солевых средах и стойкость к износу.

Проведены исследования и получены фундаментальные разработки в области создания методов расчета и конструирования теплообменных аппаратов компрессорных установок [5]. Теоретически обоснованы оптимальные конструкции и технические условия эксплуатации теплообменных аппаратов с тепловой мощностью 4-110 кВт при проектировании энергоэффективных компрессорных машин и специализированных установок в соответствии с учетом конкретных горнотехнических условий, влияющих на процессы теплообмена.

Получены фундаментальные разработки по усовершенствованию методов расчета режимных параметров компрессорных установок [6]. Усовершенствованы методы расчета режимных и конструктивных параметров шахтного компрессорного оборудования, позволяющие определить длительность циклов «нагнетание - холостой ход» шахтной компрессорной установки с учетом объема, давление воздуха и его расхода, характерных для шахтной сети, а также позволяющие выбрать параметры теплообменника шахтной компрессорной установ-

ки: коэффициент теплопередачи и потери давления воздуха с изменением скорости воздуха в канале теплообменника, что обеспечивает повышение надежности и эффективности применения компрессорного оборудования при добыче угля и шахтного метана.

На основе новых разработок и результатов фундаментальных исследований предложены современные решения по повышению эффективности разработки месторождений углеводородов [7-9].

Разработан метод искусственного воздействия на пласты газоконденсатного месторождения азотом с целью повышения конденсатоотдачи. Проведенный анализ показал, что применение технологий разработки с использованием методов поддержания пластового давления может обеспечить повышение газоотдачи на 10-15 %, а конденсатоотдачи на 20-30 %.

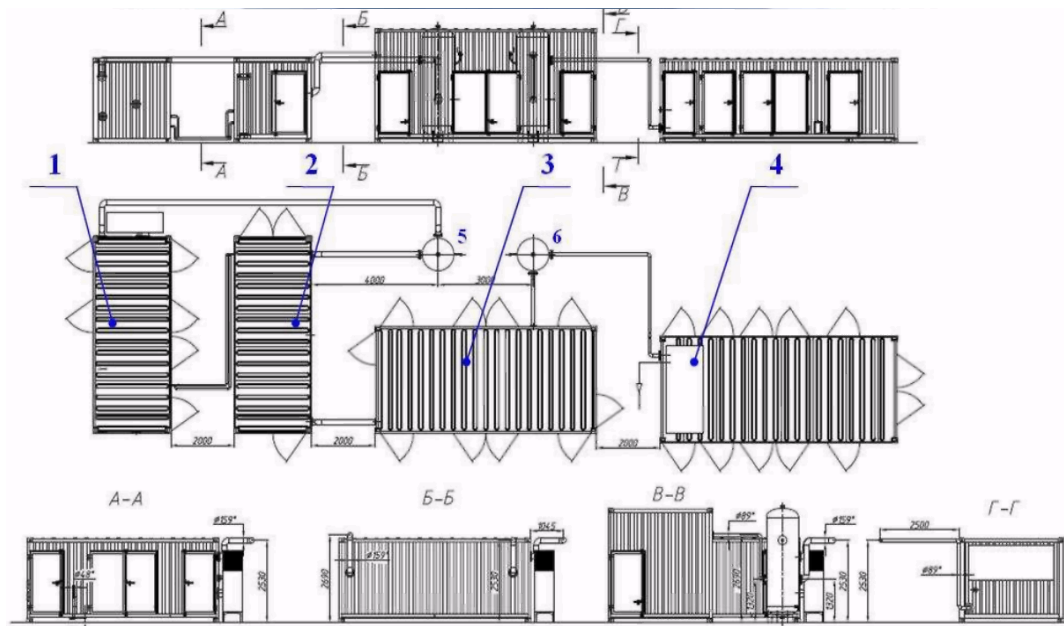
Острая актуальность проблемы текущего состояния энергоресурсов в Украине обусловила определение путей повышения интенсификации пластового давления с использованием современных вторичных технологий активного воздействия на пласт. В частности, на Котелевском месторождении реализуется проект по использованию газообразного азота, полученного из атмосферного воздуха непосредственно на месте его применения.

В результате разработано и утверждено техническое задание на изготовление станции блочно-модульного исполнения для круглосуточного производства 50000 м³/сутки газообразного азота для сайклинг процесса (табл. 1). Данный комплекс оборудования обеспечивает получение из атмосферного воздуха газообразного азота концентрацией не менее 99 % с его последующей закачкой в скважину газоконденсатного месторождения под давлением до 250 бар.

Таблица 1 - Технические характеристики азотной станции адсорбционной ААВН-40/25У1

Наименование параметра	Размерность	Значение
Сжимаемая среда		атмосферный воздух
Дожимаемая среда		газообразный азот
Объемная производительность станции по азоту, приведенная к нормальным условиям	м ³ /с (м ³ /мин)	0,67 (40)
Давление воздуха начальное, номинальное	МПа	0,101 (1,033)
Давление азота конечное избыточное, не более	кгс/см ²	25 (250)
Чистота азота	%	99
Напряжение питания оборудования станции	В	6000/380/220/24
Общая потребляемая мощность оборудованием станции, не более	кВт	950
Количество контейнеров с оборудованием станции	шт.	4
Исполнение электрооборудования станции		не взрывозащищенное
Режим работы		непрерывный

Мониторинг и управление работой всего оборудования, которое будет эксплуатироваться в круглосуточном автоматическом режиме, производится с единого удаленного пульта через систему высшего уровня с минимальным присутствием персонала. Весь комплекс состоит из отдельных блок-боксов исполнения У1, соединенных между собой коммуникациями (рис. 1).



1 - модуль компрессора низкого давления, 2 - модуль подготовки сжатого воздуха, 3 - модуль газоразделительный, 4 - модуль компрессора высокого давления, 5 - ресивер сжатого воздуха, 6 - ресивер азота

Рисунок 1 - Схема размещения модулей азотной станции

Оборудование модуля компрессора среднего давления (центробежный компрессор, компрессор стартового воздуха, насосный узел и система управления) монтируется внутри одного контейнера. В качестве компрессора среднего давления применен компрессор объемного сжатия центробежного типа с водяным охлаждением, предназначенный для сжатия атмосферного воздуха до давления газоразделения.

Модуль компрессора высокого давления, предназначенный для дожатия газообразного азота до заданного давления, состоит из группы поршневых дожимных компрессоров. В состав модуля газоразделения входят генераторы азота адсорбционного типа, предназначенные для получения из сжатого подготовленного воздуха газообразного азота заданной чистоты.

Разработаны проектные решения по компрессорному оборудованию для добычи, сбора и транспортировки газа из низконапорных и малодобитных скважин. На Бельском газоконденсатном месторождении реализован проект винтовой газовой компрессорной установки СГВв 315-20/035-25 У1, которая обеспечивает отбор газа из семи низконапорных газовых скважин с остаточным давлением 1,1-2,0 кгс/см², отбор попутного нефтяного газа от имеющейся на месторождении установки сепарации нефти, газа из танков хранения и стабилизации газового конденсата, а также факельного газа (рис. 2, 3).

Газ компримируется в сеть потребителя с давлением 17-25 кгс/см². За первый год эксплуатации осуществлена дополнительная добыча 12,0 млн. м³ газа. Концерн «Укрросметалл» применяя имеющийся у него опыт производства винтовых газовых компрессоров, создал ряд компрессорных агрегатов, установок и станций производительностью до 250 м³/мин и давлением нагнетания от 25 и

до 52 кгс/см². Винтовые компрессорные установки могут быть использованы для сбора и транспортирования газа, сепарации, очистки, осушки, разделения, подачи в газовую турбину и т.д.



Рисунок 2 - Общий вид газовой компрессорной установки СГВв

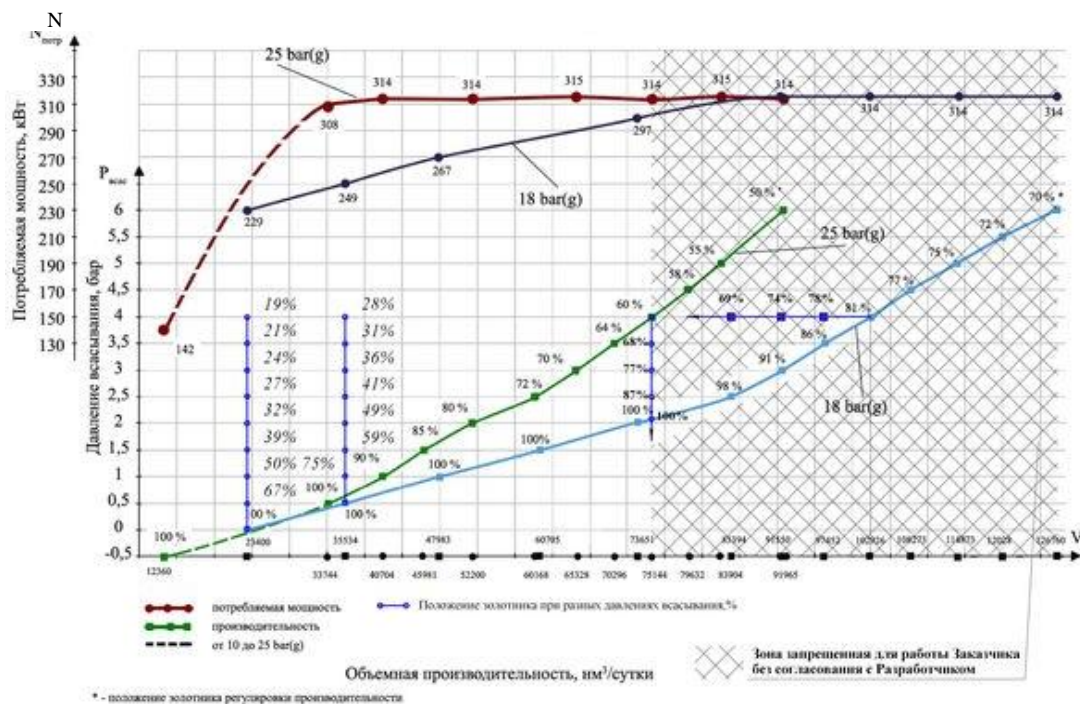


Рисунок 3 - График изменения производительности СГВв 315-20/0,5-25 У1 в зависимости от давления всасывания

Разработаны способы получения и транспортировки попутного нефтяного газа при помощи компрессорных станций СКГ. В настоящее время на мелких месторождениях, удаленных от центральных пунктов подготовки нефти, попутный нефтяной газ сжигается на факелах, т.к. динамика добычи и ресурсы

его не позволяют предложить технически грамотного и экономически рентабельного решения по его использованию. При этом необходимо отметить, что попутный нефтяной газ является ценным углеводородным сырьем, для утилизации которого и одновременно для улучшения экологической обстановки в районе месторождений необходимо решить задачу транспорта его до пунктов сбора или потребления газа.

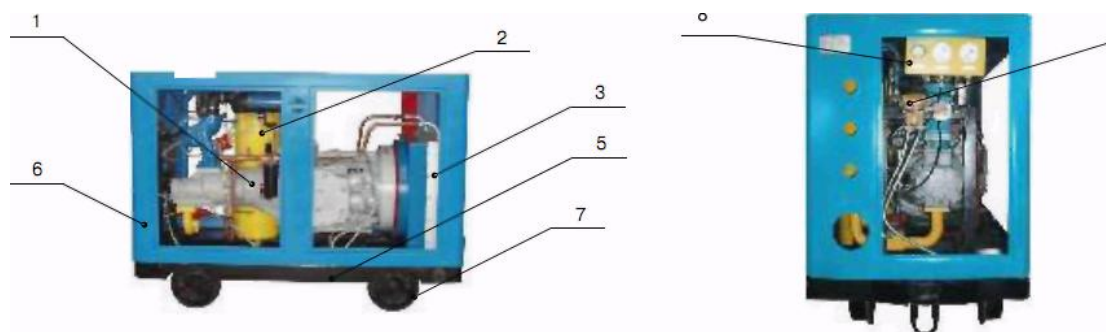
Одним из путей использования газа и улучшения экологической обстановки в районе месторождений является его транспорт до потребителей или пунктов сбора газа. При раздельном транспорте попутного нефтяного газа и водонефтяной эмульсии газ транспортируется до нефтесборного пункта по газопроводу под рабочим давлением газосепаратора, при недостаточном давлении – компрессором. Для этих целей концерн «Укрросметалл» разработал компрессорную станцию СКГ-127/6-12 УХЛ1, главным элементом которой является поршневая компрессорная установка 6ГШ2.5-19/6-12С (табл. 2).

Таблица 2 - Техническая характеристика компрессора 6ГШ2.5-19/6-12С

Наименование параметра	Единицы измерения	Значение
Компрессор	поршневой, газовый, 2W-образный, шестирядный, одноступенчатый, с воздушным охлаждением	
Температура окружающей среды	$^{\circ}\text{C}$	+5...+40
Давление газа начальное изб.	$\text{кгс}/\text{см}^2$	6
Давление газа конечное избыточное	$\text{кгс}/\text{см}^2$	13
Производительность	$\text{м}^3/\text{мин}$	127 \pm 5%;
Мощность на валу компрессора	не более, кВт	230
Частота вращения	об/мин	980
Масса	кг не более	2500
Габариты компрессора	мм не более	1600x2200x2000
Габариты станции	мм не более	6059x2500x2500

Станция компрессорная газовая СКГ-127/6-12 УХЛ1 позволяет получать попутный нефтяной газ давлением $12 \text{ кгс}/\text{см}^2$, применяемый в технологических процессах нефтегазодобывающей промышленности, а также для других операций.

Для повышения эффективности разработки угольных месторождений разработаны новые технологии выработки пневмоэнергии в подземных условиях шахт. Концерн «Укрросметалл» разработал и изготавливает типоразмерный ряд шахтных передвижных винтовых маслозаполненных компрессорных установок серии УКВШ производительностью от 5 до $15 \text{ м}^3/\text{мин}$ и давлением нагнетания $6-7 \text{ кгс}/\text{см}^2$, которые используются в шахте для создания индивидуальных или групповых компрессорных станций, для обеспечения пневматического привода инструментов и механизмов (рис. 4, табл. 3).



1 - агрегат компрессорный, 2 - маслоотделитель, 3 - блок охлаждения, 4 - система тепловой защиты, 5 - рама, 6 - кузов, 7 - пара колесная, 8 - щит приборный

Рисунок 4 - Основные узлы установки УКВШ

Таблица 3 - Технические параметры установок УКВШ

Марка станции	Максимальное давление нагнетания, бар	Производительность, м ³ /мин	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры агрегата, мм, не более	Масса, кг
УКВШ-5/7	6	5; 6; 7,5	37; 55	2200x1050x1500	1680
УКВШ-10/7	6	10	75	3200x1100x1400	2800
УКВШ-15/7	6	15	90	3140x1140x1600	2900
УКВШ-7,5/7	6	7,5	55	2200x1050x1500	1700

Необходимость эксплуатации установок в шахтах, в том числе и в тупиковых забоях, обуславливает исключительно жесткие требования по работоспособности компрессора в широком диапазоне температур, повышенной влажности и запыленности воздуха.

Основные конструктивные особенности шахтных компрессорных установок: все электрооборудование имеет взрывобезопасное и искробезопасное исполнения; тонкость фильтрации всасывающего и масляного фильтров не выше 10 мкм; все вращающиеся детали и узлы выполнены из материалов, не дающих искру при соприкосновении с другими частями; покрытие деталей и узлов выполнено с повышенной стойкостью к воздействию шахтной среды, в которой преобладают вредные газы; при изготовлении установок применены малогорючие материалы с отсутствием токсичных выделений при воспламенении и горении.

В 2005 г. были разработаны и изготовлены новые образцы шахтных компрессорных установок УКВШ-10/7 для горнорудной промышленности. Для обеспечения более эффективной очистки воздуха в условиях повышенной запыленности шахт и рудников установки имеют усовершенствованную систему фильтрации, дополнительно укомплектованы воздушным фильтром маслоинерционного типа, позволяющим длительную эксплуатацию установки при запыленности воздуха до 100/м³. Особенностью конструкции данных компрессорных установок является магнитный пускатель, расположенный непосредственно в кузове установки.

Винтовые передвижные шахтные компрессорные установки серии УКВШ производительностью предназначены для снабжения сжатым воздухом пневматических инструментов и приводов механизмов в подземных выработках шахт и надшахтных зданиях, в которых «Правилами безопасности в угольных шахтах» допущено применение электрооборудования в исполнении «РВ-ЗВ» с эксплуатацией в продолжительном режиме (S1) и повторно-кратковременном режиме (S3), ПВ-40% при питании тормозных устройств шахтных подъемных машин.

Преимущества установок УКВШ: низкие удельные затраты на получение 1 м³ воздуха в минуту за счет высокого КПД, расходными материалами являются только масло и фильтры, минимальные эксплуатационные затраты, стабильность рабочих характеристик на протяжении всего срока службы.

Разработаны установки компрессорные серии ВВ воздушные с винтовым компрессором и приводом от электродвигателя, производительностью от 23 до 100 м³/мин и конечным абсолютным давлением 8-10 кгс/см², предназначенные для снабжения сжатым воздухом различных систем пневматических машин, инструментов и оборудования (рис. 5, табл. 4).



Рисунок 5 - Установка ВВ-40/8 УЗ

В состав компрессорной установки входит блок компрессорный, блок охлаждения масла и газа, масляная системы компрессора, система подогрева и перемешивания масла, маслоотделитель, фильтр очистки воздуха, система регулирования производительности, электрооборудование КИП и А (шкаф управления), рама, контейнер, комплект ЗИП.

Преимущества установок ВВ следующие: высокий ресурс работы и удобство сборки-разборки; компрессорная установка заправляется маслом на весь цикл и не требует долива масла в промежутках между штатным регламентным обслуживанием, минимальный расход масла на унос; надежная центровка валов двигателя и винтового блока, низкие вибрации и уровень шума; компенсация температурных деформаций, за счет гибких соединительных элементов, возможность эффективного регулирования производительности, возможность комплектации дополнительными опциями (устройством плавного пуска приводных электродвигателей и преобразователем частоты вращения приводного

электродвигателя); минимальные эксплуатационные затраты; стабильность рабочих характеристик на протяжении всего срока службы.

Таблица 4 - Технические параметры установок ВВ

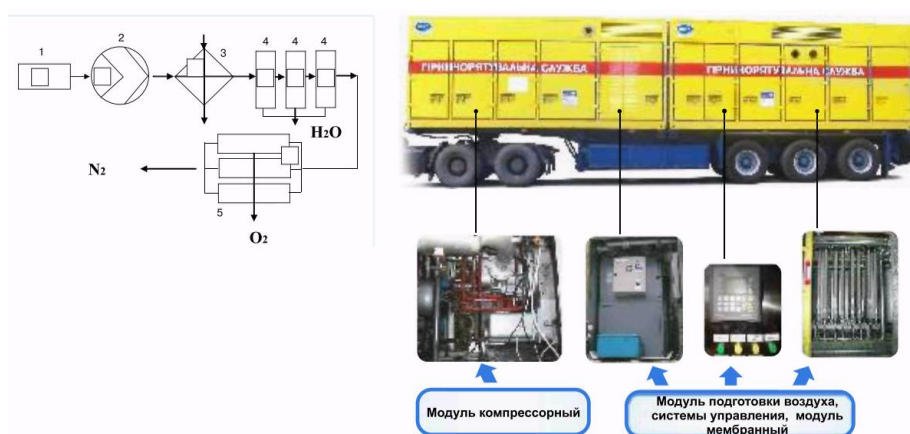
Наименование параметра	ВВ-23/10 УЗ	ВВ-25/8 А УЗ	ВВ-32/8 А1 УЗ	ВВ-40/8 УЗ	ВВ-50/8 ВУЗ	ВВ-100/8 УЗ	ВВ-100/8 А УЗ
Производительность, м ³ /мин	23	25	32	40	50	100	100
Давление конечное абсолютное, кгс/см ²	9,5	8,0	7,6	8,0	8,0	8,0	8,0
Количество масла, заливаемого в маслосистему, л	100	100	160	160	200	400	500
Охлаждение масла	воздушное					водяное	воздушное
Температура воздуха, С							
- начальная	от 5 до 40						
- конечная	60						105
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	160	160	200	250	315	315	315
Тип компрессора	Винтовой маслозаполненный						
Габаритные размеры установки, мм							
- длина	2500	2500	2700	2840	3700	5700	5700
- ширина	1870	1870	1900	2030	2120	2300	2300
- высота	1900	1900	2000	2240	2400	2432	2432
Блок охлаждения масла, мм							
- длина							2474
- ширина							884
- высота							1410
Масса установки, кг	3200	3200	3790	4300/5100	6500	11500	12330

Разработаны способы предупреждения, локализации, тушения подземных пожаров в угольных шахтах и обустройства нефтяных и газовых скважин при помощи азотных компрессорных станций АМВП.

Станции азотно-мембранные винтовые серий АМВП производительностью по азоту от 0,1 до 26,5 м³/мин предназначены для получения из атмосферного воздуха азота с концентрацией от 90 до 99,5 % методом молекулярного разделения воздуха в мембранах, для использования в различных отраслях народного хозяйства, включая, предупреждение, локализацию, тушение подземных пожаров в шахтах и обеспечение безопасности ведения горных работ; обустройство нефтяных и газовых скважин и прочих нужды промышленности, где необходимо наличие азота для технологических целей, создание наддува инертной среды и предупреждение пожаро- и взрывоопасных ситуаций. Станции серии АМВП - передвижные, смонтированы на базе стандартных прицепов и полуприцепов - контейнеровозов.

Преимущества: простота, дешевизна и низкая энергоёмкость мембранной технологии; мембранная технология разделения газов является разумной альтернативой дорогим, сложным и энергоёмким методам криогенного и адсорб-

ционного газоразделения; обеспечивается высокая надёжность технологии; в мембранных модулях используется минимальное количество уплотнений, отсутствуют сложные движущие детали; автоматика предназначена для работы в широком диапазоне температур окружающей среды; предусмотрена возможность регулирования чистоты азота давлением сжатого воздуха в мембранном модуле; обеспечивается экономичность обслуживания; расходными материалами являются только масло, масляный и воздушный фильтры; обеспечивается высокая устойчивость к вибрации, тряске и ударам; мембранные модули смонтированы в жестком каркасе и защищены контейнером от воздействия внешних негативных факторов; контейнеры выполнены в шумозаглушенном и утепленном исполнении; простота и низкие затраты на эксплуатацию. Срок работы блоков по разделению воздуха составляет 10-12 лет при этом обеспечивается стабильность рабочих характеристик на протяжении всего срока.



1 - фильтр 5 мкм, 2 - компрессор сухого сжатия, 3 - концевой воздухоохладитель, 4 - блок подготовки воздуха, 5 - мембранный блок

Рисунок 6 - Принципиальная схема станции АМВП-15/0,7 С У1

Принцип действия мембранной газоразделительной установки основан на различной скорости проникания газов через полимерную мембрану под действием перепада парциальных давлений на мембране. Мембрана представляет собой тонкую трубку, толщиной в несколько долей микрометра, обеспечивающей газоразделение. Сотни метров мембран посредством запатентованных мембранных элементов размещаются в унифицированных мембранных модулях, которые собираются в компактную систему.

Сжатая и осушенная исходная газовая смесь подается в мембранные картриджи, смонтированные в мембранном модуле (рис. 7). Проходя внутри мембраны, легкопроникающие компоненты газа через пористую оболочку мембраны просачиваются в межмембранное пространство и отводятся на сброс в атмосферу. Труднопроникающие компоненты газа проходят по всей длине мембраны и далее поступают потребителю. Движущей силой процесса проникания является разность парциальных давлений по обе стороны мембраны. Имеется возможность обогащения трудно проникающим компонентом от исходной кон-

центрации до 99,5 %. Однако, при этом, чем выше концентрация, тем ниже производительность. В станции используется компрессорная схема реализации процесса, когда смесь подается на разделение под давлением. Управление процессом разделения осуществляется путем регулирования давления и расхода газовых смесей.

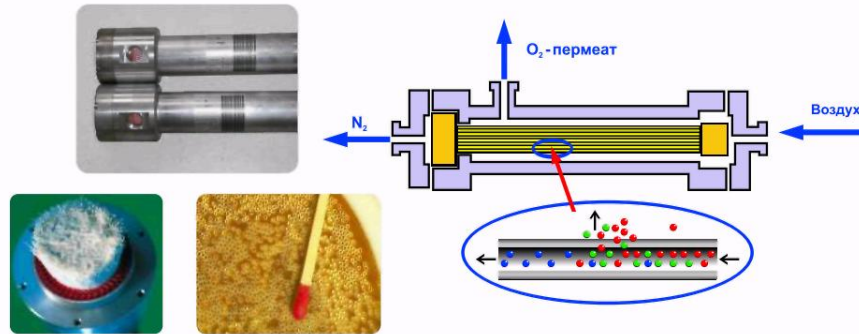


Рисунок 7 - Принцип разделения воздуха на мембранных картриджах

Разработана технология утилизации и когенерации шахтного газа-метана установками компрессорными газопользовательными УКГ. Установка компрессорная газопользовательная УКГ-5/8 предназначена для утилизации метано-воздушной смеси посредством сжигания в специальной камере или для его энергетического применения в контейнерных газовых теплоэлектростанциях (табл. 5, рис. 8).

Таблица 5 - Технические параметры установки УКГ

Наименование параметра		Значение или характеристика
Сжимаемая среда		метано-воздушная
Габаритные размеры установки, не более, мм	длина	6058
	ширина	2438
	высота	2591
Габаритные размеры трубы, не более, мм	диаметр	1900
	высота	6326
Масса установки вместе с трубой в объеме		12000
Потребляемая номинальная мощность, не более, кВт		60
Напряжение питания, В		380. 220
Производительность установки по газу, м ² /с (м ² /мин)		0.17+0.43 (10+26)
Перепад давления, МПа (кгс/см ²)		0.01 + 0.05 (0.1-0.5)
Тепловая мощность, МВт		5-8
Температура сжигания, не более К (°С)		1473(1200)



Рисунок 8 - Установка компрессорная газопутилизационная УКГ-5/8

Преимущества установки следующие: простое и экономичное обслуживание за счёт того, что расходными материалами являются только масло и газовые фильтры, минимальные эксплуатационные затраты, установка работает полностью в автоматическом режиме и не требует постоянного присутствия оператора, высокая надёжность, стабильность рабочих характеристик на протяжении всего срока службы, установка может работать как самостоятельно с электропитанием общей сети, так и от газовой контейнерной теплоэлектростанции.

Реализация проектов на Бельском и Котелевском газоконденсатных месторождениях, 1148-ти энергоэффективных компрессорных машин УКВШ-7,5/7; УКВШ-10/7, УКВШ-15/7 на угольных шахтах, 3-х газопутилизационных установки УКГ-5/8 для извлечения и утилизации метана, снижения опасности по выбросам метана, решения требований Киотского протокола по снижению эмиссии парниковых газов; 9-ти азотных мембранных компрессорных станций АМВП-15/0,7 У1 для предупреждения и тушения пожаров в угольных шахтах газообразным азотом позволило повысить эффективность и безопасность разработки угле- и нефтегазовых месторождений и получить многомиллиардный фактический экономический эффект за счёт ликвидации аварий, сохранения оборудования, повышения производительности добычи угля, газового конденсата, попутного нефтяного газа, добычи и утилизации газа-метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докукин, А.В. Применение сжатого воздуха в горной промышленности / А.В. Докукин. - М.: Госгортехиздат, 1962. - 348 с.
2. Воронецкий, А.В. Современные компрессорные станции / А.В. Воронецкий. - М.: Премиум Инжиниринг, 2009.-445 с.
3. О проблемах пневмоэнергетического комплекса шахт / Б.А. Грядущий, Г.В. Кирик, А.Н. Коваль [и др.] // Компрессорное и энергетическое машиностроение. - №1(11). – 2008. - С. 2-5.
4. Кирик, Г.В. Новые композиционные материалы: монография / Г.В. Кирик, В.Н. Радзиевский, А.Д. Стадник. - Сумы: Университетская книга, 2011. - 310 с.
5. Теплообменные аппараты компрессорных установок. Исследования, конструкция, технология / В.Н. Радзиевский, Г.В. Кирик, А.М. Лавренко, А.М. Котов - Сумы: Слобожанщина, 2007. – 317 с.
6. Бондаренко, Г.А. Компрессорные станции. Воздушные компрессорные станции: учебное пособие / Г.А. Бондаренко, Г.В. Кирик. - Сумы: Сумский государственный университет, 2012. - 344 с.

7. Булат, А.Ф. Развитие научно-технических основ разработки и использования шахтного компрессорного оборудования / А.Ф. Булат, Б.В. Бокий, Г.В. Кирик // Геотехническая механика. – 2014. – Вып. 114. – С. 3-18.

8. Булат, А.Ф. Энергоэффективные компрессорные машины в процессах добычи угля и метана / А.Ф. Булат, Г.В. Кирик // Геотехническая механика. – 2014. – Вып. 115. – С. 3-15.

9. Булат, А.Ф. Опыт разработки и внедрения шахтного компрессорного оборудования / А.Ф. Булат, Б.В. Бокий, Г.В. Кирик // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – № 4. – С.78-83.

REFERENCES

1. Dokukin A.V. (1962), *Primenenie szhatogo vozduha v gornoy promyshlennosti* [Using compressed air in mining], Gosgortekhzdat, Moscow, SU.

2. Voronetsky A.V. (2009), *Sovremenniye kompressorniye stantsiyi* [Modern compressor stations], Premium Engineering, Moscow, RU.

3. Gryaduschiy B.A., Kirik G.V. Koval A.N., Loboda V.V., Zharkov P.E. and Lavrenko A.M (2008), «On the problems pneumoenergetic complex of mines», *Compressor and power engineering*, no. 1 (11), pp. 2-5.

4. Kirik G.V., Radzievskiy V.N. and Stadnik A.D. (2011), *Noviye compozitsionniye materialy* [New composite materials], University Book, Sumy, UA.

5. Radzievskiy V.N., Kirik G.V., Lavrenko A.M. and Kotov A.M. (2007), *Teploobmenniy apparat kompressornykh ustanovok. Issledovaniye, constructsiya, tehnologiya* [Heat exchangers compressor units. Research, design, technology], Sloboda, Sumy, UA.

6. Bondarenko G.A. and Kirik G.V. (2012), *Kompressorniye stantsiyi. Vozdushniye kompressorniye stantsiyi* [Compressor stations. Air compressor station], State University, Sumy, UA.

7. Bulat A.F., Bokij B.V. and Kirik G.V. (2014), «Development of scientific and technical bases of development and use of mine compressor equipment», *Geo-Technical Mechanics*, no. 114, pp 3-18.

8. Bulat A.F. and Kirik G.V. (2014), «Energy-effective compressor machines in the processes of booty of coal and methane», *Geo-Technical Mechanics*, no. 115, pp. 3-15.

9. Bulat A.F., Bokij B.V. and Kirik G.V. (2014), «Experience of development and introduction of mine compressor equipment», *Metallurgical and Mining Industry*, no. 4, pp.78-83.

Об авторах

Булат Анатолий Федорович, академик Национальной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, директор института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, office.igtm@nas.gov.ua

Кирик Григорий Васильевич, доктор технических наук, президент, Концерн «Укрросметалл», Сумы, Украина.

Шевченко Владимир Георгиевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ученый секретарь института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, V.Shevchenko@nas.gov.ua

About the authors

Bulat Anatoly Fedorovich., Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Director of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, office.igtm@nas.gov.ua

Kirik Grigory Vasilevich., Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), President, Concern “Ukrrosmetall”, Sumy, Ukraine.

Shevchenko Vladimir Georgievich., Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Senior Researcher, Scientific Secretary of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, V.Shevchenko@nas.gov.ua

Аноація. Проведено фундаментальні дослідження в області створення нових композиційних матеріалів деталей і вузлів компресорного устаткування. Проведено дослідження й отримані фундаментальні розробки в області створення методів розрахунку і конструювання

теплообмінних апаратів компресорних установок. Отримано фундаментальні розробки по вдосконаленню методів розрахунку режимних параметрів компресорних установок. На основі нових розробок і результатів фундаментальних досліджень запропоновані сучасні рішення по підвищенню ефективності розробки родовищ вуглеводнів на основі енергозберігаючого компресорного устаткування.

Розроблено метод штучного впливу на пласти газоконденсатного родовища азотом з метою підвищення конденсатовіддачі. Розроблено проектні рішення по компресорному устаткуванню для видобутку, збору та транспортування газу з низьконапірних і малодебітних свердловин. Розроблено способи одержання і транспортування попутного нафтового газу за допомогою компресорних станцій. Для підвищення ефективності розробки вугільних родовищ розроблені нові технології виробітку пневмоенергії в підземних умовах шахт. Розроблено способи попередження, локалізації, гасіння підземних пожеж у вугільних шахтах і облаштування нафтових та газових свердловин за допомогою азотних компресорних станцій. Розроблено технологію утилізації й когенерації шахтного газу-метану установками компресорними газоутилізаційними.

Реалізація технологій і компресорних машин дозволила підвищити ефективність та безпечність розробки вугле- і нафтогазових родовищ і одержати економічний ефект за рахунок ліквідації аварій, збереження устаткування, підвищення продуктивності видобутку вугілля, газового конденсату, попутного нафтового газу, видобутку й утилізації метану.

Ключові слова: розробка родовищ вуглеводнів, енергозберігаюче компресорне устаткування, підвищення ефективності та безпеки.

Abstract. Fundamental researches were conducted in the field of creating new composition materials for parts and units in the compressor equipment. In result of the researches, new methods were created for calculating and designing heat-exchanging equipment. Methods of calculating regime parameters for compressor equipment were improved. Basing on the new methods and results of the fundamental researches advanced solutions were proposed on improving efficiency of hydrocarbon deposit mining by energy-efficient compressor equipment.

A new method of man-caused nitrogen impact on the strata of condensed gas deposits was developed to increase condensate recovery. Design solutions were developed for compressor equipment for gas producing, gathering and transporting from the low-pressure and stripped wells. Methods were developed for preparing and transporting associated gas by means of compressor stations.

To improve efficiency of the coal deposit development, new technologies were created for underground generation of fluid power. Methods were also created for preventing, containing, extinguishing fires in underground coal mines and equipping the oil and gas wells with nitrogen compressor stations. A technology was worked out for the CMM recycling and cogenerating by gas-utilizing compressors.

Realization of the technology with the compressor machines has improved efficiency and safety of mining operations in the coal, oil and gas deposits with essential economic effect due to the elimination of accidents, saving of equipment, increased output of coal, gas condensate and associated gas and methane recovery and utilization.

Keywords: development of hydrocarbon deposits, energy-saving compressor equipment, increasing efficiency and safety.

Стаття поступила в редакцію 01.12.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Г. А. Шевченко