

УДК 620.92

Парафейник В.П.¹, Бухолдин Ю.С.¹, Зленко А.В.¹, Татаринов В.М.¹, Крушневич Т.К.²¹ ОАО "Сумское НПО им. М.В. Фрунзе". Украина, Сумы.² Институт газа НАНУ. Украина, Киев

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Анотація

Значний об'єм споживання газоподібних вуглеводнів в хімії, комунальному господарстві і енергетиці гостро ставить питання про освоєння нових технологій їх видобування, а також виробництво обладнання для їх реалізації. В частині 2 статті розглянуті деякі результати робіт ВАТ "Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе" та Інституту газу НАН України по дослідженню та створенню обладнання для використання метану вугільних пластів і шахт, біогазу, а також для збору та підготовки біогазу з полігонів захоронення твердих побутових відходів.

Abstract

Considerable consumption of gaseous hydrocarbons in chemistry, communal service and power system arises the question on developing new technologies for their production as well as manufacturing of equipment for their realization. The part 2 of the article covers efforts of JSC "Summy Frunze NPO" as well as Institute of Gas of NAS of Ukraine on researching and manufacturing of equipment for usage of mine gas and coal methane, biogas, as well as for collection and treatment of biogas from domestic solid waste landfills.

Часть 2. Новые технологии производства и добычи газообразных топлив.

Крупными источниками газообразных углеводородов для малой и большой энергетики Украины могут быть пласты угольных месторождений и фермерские хозяйства, оснащенные установками для получения биогаза, а также другие возобновляемые источники.

Из шахт Донбасса ежегодно выделяется 2,5 млрд. м³ метана. При этом, в качестве топлива его утилизируется только 8%, а остальной газ уходит в атмосферу или сжигается на факелах, загрязняя окружающую среду [1]. В связи с этим требуется осуществление крупных организационно-технических и законодательных мероприятий по отработке и внедрению технологии дегазации угольных пластов как на действующих, так и на вновь создаваемых предприятиях угольной промышленности.

Утилизация угольного метана может стать одним из приоритетных направлений в энергетике

Украины. Источником угольного метана являются поверхностные и подземные дегазационные скважины. В связи с тем, что содержание метана в газовой смеси при дегазации угольных пластов изменяется в широких пределах, могут применяться различные технологии обработки газа и его утилизации. Типовыми технологическими процессами при подготовке угольного метана к использованию являются: очистка, компримирование, охлаждение, сепарация, обогащение. Соответственно, требуется оборудование для реализации указанных процессов.

Наиболее распространенными способами утилизации метана угольных пластов является его использование в качестве топлива котельных и когенерационных установок с газопоршневыми или газотурбинными двигателями [2–4]. Применение установок на основе газотурбинных двигателей целесообразно в диапазоне мощностей 1,5–16 МВт и более, а на основе газопоршневых двигателей в диапазоне 0,5–6,0 МВт.

Схема когенерационной установки для выработки электроэнергии и теплоты при использовании газотурбинного двигателя представлена на рис. 1. Как видно из представленной схемы, энергокомплекс для потребления угольного метана должен иметь в своем составе оборудование для подготовки и компримирования газа, энергетическую установку для выработки электроэнергии, системы утилизации теплоты и подачи теплоносителя потребителям.

Эффективными способами утилизации метана, добываемого из подземных и поверхностных скважин, может быть подача его в автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) для заправки газобаллонных автомобилей, заправка передвижных газозаправщиков (ПАГЗ) для его доставки различным потребителям. Для реализации указанных способов утилизации в ОАО "Сумское НПО им. М.В. Фрунзе" освоено производство широкой гаммы АГНКС и ПАГЗ, а также когенерационные установки на основе газотурбинного привода мощностью 10–16 МВт [5].

Перспективным способом переработки шахтной газовоздушной смеси, а также угольного метана из малодобитных поверхностных скважин может быть технологический процесс сжижения, разработанный в Институте газа НАНУ (г. Киев).

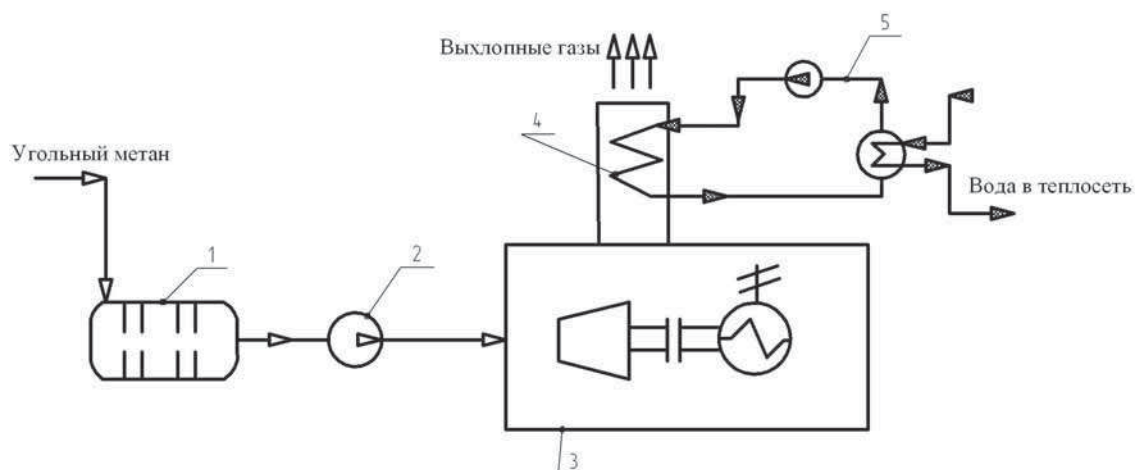
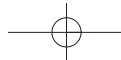


Рис. 1. Принципиальная схема когенерационной установки для использования угольного метана при выработке электроэнергии и теплоты:

1 – система подготовки газа; 2 – компрессорная установка топливного газа; 3 – электрогенератор с газотурбинным приводом; 4 – котел-утилизатор; 5 – система теплоносителя

Схема и состав оборудования установки для реализации представлена на рис. 2. При этом сжижение угольного метана может производиться жидким азотом, который получают в установках разделения воздуха. Сжиженный метан может

использоваться как топливо для транспортных средств или в коммунальном хозяйстве при отсутствии газораспределительной сети.

Перспективные способы утилизации шахтной газовой смеси с любым содержанием

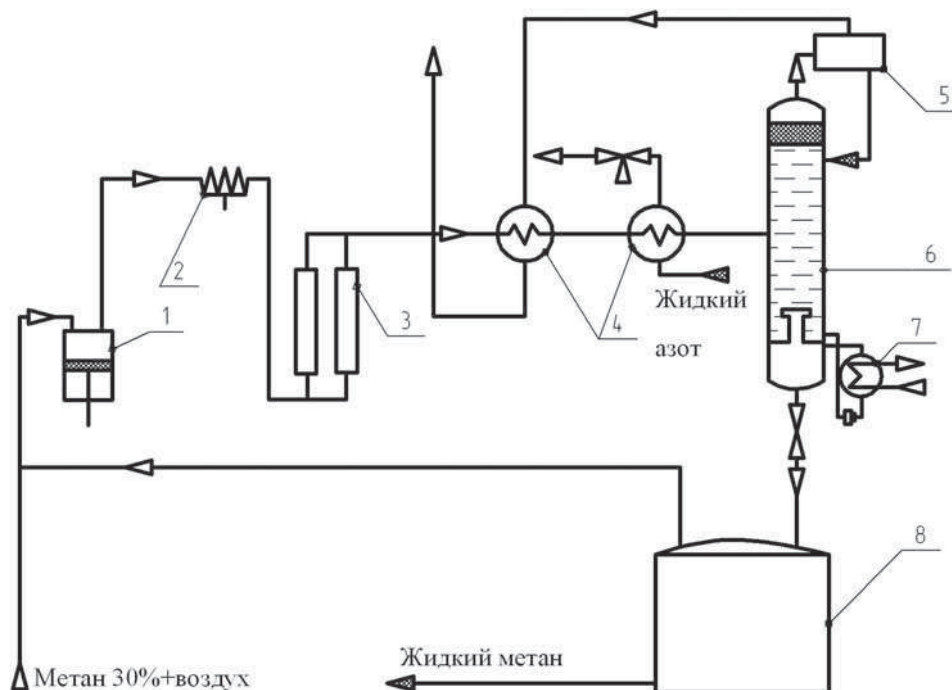
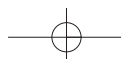


Рис. 2. Схема сжижения шахтного газа с использованием жидкого азота:

1 – компрессор; 2 – воздухоохладитель; 3 – адсорберы; 4 – теплообменники; 5 – дефлегматор; 6 – колонна; 7 – кипятильник; 8 – хранилище жидкого метана



метана основываются на технологиях, связанных с применением кристаллизационных процессов (связывание метана в газовые гидраты). Специалистами института газа НАНУ разработаны основные подходы для реализации данной технологии. Схема установки для обогащения метана угольных закрытых шахт при любом исходном содержании метана представлена на рис. 3. Поток газозвушной смеси сжимается в компрессоре 1, в процессе утилизации теплоты компримируемого газа в теплообменнике 2 и поступает после дополнительного охлаждения в теплообменнике 3 в абсорбере-кристаллизаторе 4, и через охладитель рабочей жидкости 6 воздух сбрасывается в атмосферу. Разделение газовой смеси осуществляется в сепараторе 8, обеспечивая получение обогащенного метана. В целом затраты на обогащение оцениваются в 15–20% от массы исходного потока при концентрации метана 30% мольных в составе смеси. Эта технология находится в стадии исследований и ее производственное освоение дело ближайшего будущего.

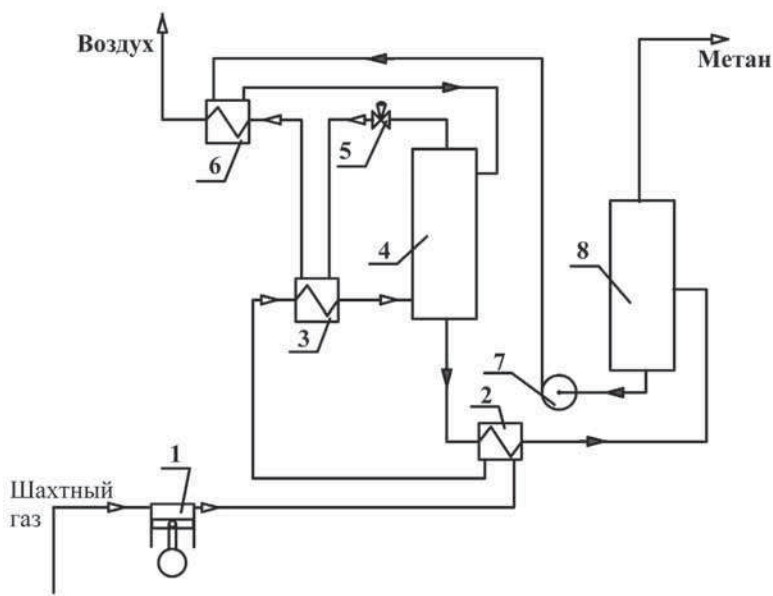


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема установки обогащения метана угольных и закрытых шахт:

1 – компрессор; 2 – утилизатор-подогреватель рабочей жидкости; 3 – охладитель газа; 4 – абсорбер-кристаллизатор, 5 – дроссель (детандер), 6 – охладитель абсорбента, 7 – насос, 8 – сепаратор

Важнейшим направлением развития новых технологий является газификация угля, а также использования для этой цели топлив ранее считавшихся непригодными для энергетики ("тяжелые" нефтяные остатки, битуминозные пески, сланцы и т.п.) с целью получения углеводородного газа для обеспечения работы

теплоэнергетических установок на основе парогазового рабочего цикла. В виду важности и актуальности этого направления исследований для развития теплоэнергетики этот вопрос заслуживает отдельного рассмотрения. Здесь лишь отметим, что к настоящему времени в Украине создан серьезный научно-технический задел по газификации углей и применению водородных технологий в энергетике [6–8], а в передовых странах (США, Италия, Германия, Голландия и др.) построены энергетические установки с внутрицикловой газификацией мощностью 118–250 МВт. В частности, в Голландии на основе газотурбинной установки фирмы Siemens и газогенератора фирмы Shell создана ПГУ мощностью 250 МВт с КПД 48%. Установка газификации потребляет 2000 т/сут. угля при расходе кислорода в воздухораспределительной установке 1700 т/сутки [9].

Перспективным направлением в ресурсосбережении являются также технологии, основанные на получении и использовании биогаза. Производство оборудования для получения биогаза и высокоэффективных органических удобрений полу-

чило развитие в ОАО "Сумское НПО им. М.В. Фрунзе" еще в 80-х гг. прошлого века, когда была создана и сдана в эксплуатацию одна из первых в СССР установок "Биогаз 301С" (1984 г.) для получения биогаза на животноводческом комплексе объединения. Принципиальная схема и состав основного оборудования установки "Биогаз 301С" производства ОАО представлены на рис. 4 [10]. Как показано на схеме, навоз, разбавленный водой, насосом 2 подается в подогреватель, где, перемешиваясь, выдерживается 8–9 часов. Затем подается в метантенк 6, где при температуре $39 \pm 2^\circ\text{C}$ осуществляется ферментация рабочей смеси. Биогаз собирается в газогольдере 12. После выгрузки в сборник-аэратор 7, где происходит насыщение обработанной массы кислородом и улучшение ее санитарно-гигиенических

показателей, масса самотеком подается в центрифугу 8. Обезвоженные органические удобрения транспортером подаются на отгрузку, а жидкие удобрения из сборника 10 отправляются на поля или доочистку для использования в животноводческом помещении для гидросмыва. Переработка отходов животноводства с использованием

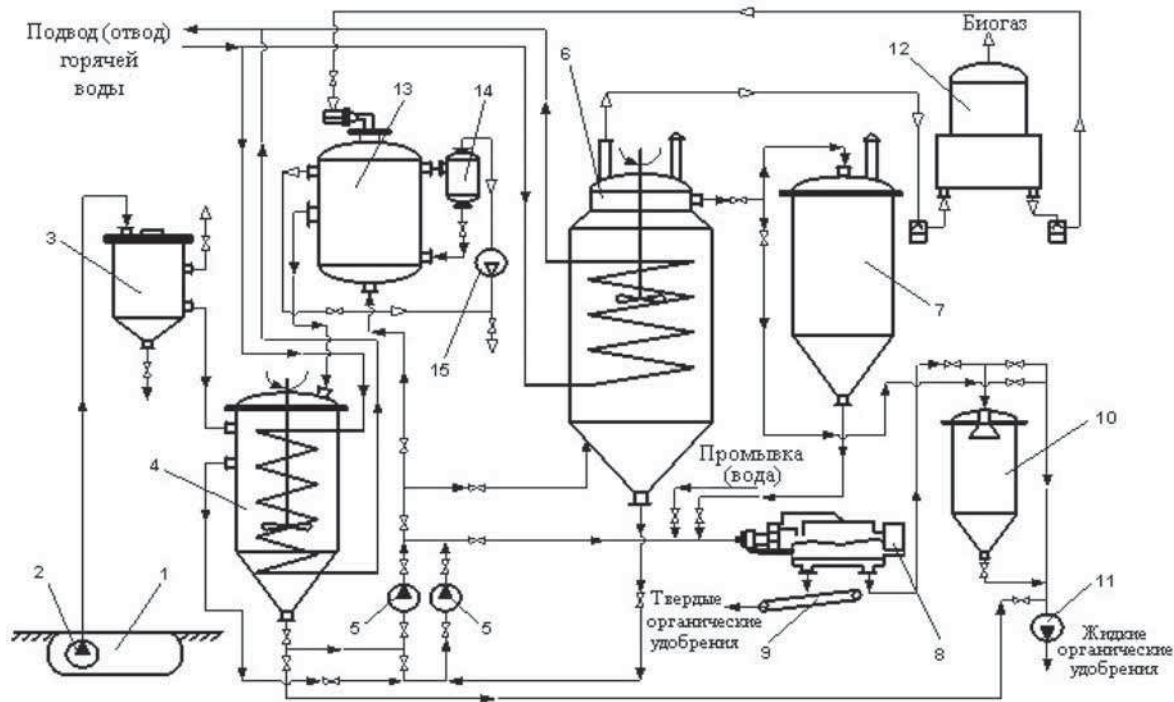


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема установки "Биогаз-301С":

1 – сборник исходного сырья; 2 – насос; 3 – ловушка; 4 – подогреватель; 5 – насосы; 6 – метантенк для термостатирования; 7 – сборник-аэрактор отферментированной массы; 8 – центрифуга для разделения фракций; 9 – транспортер твердой фракции; 10 – сборник жидкой фракции; 11 – насос; 12 – газгольдер; 13 – газовый подогреватель для обеззараживания сырья; 14 – сепаратор; 15 – газодувка

метанового сбраживания является весьма эффективным методом переработки исходного сырья, т.к. позволяет получить биогаз, содержащий 40÷75% метана, а также высокоэффективное органическое удобрение, обеспечивающее получение экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Различными предприятиями Украины созданы биогазовые установки различной мощности с объемом метантенков от 2÷4 м³ до 250 м³ и более с производительностью по биогазу от нескольких м³ до 200÷250 м³/сутки и более. Однако в целом в Украине биогазовая технология пребывает преимущественно в стадии экспериментальных образцов и пилотных проектов. Наибольшее развитие это направление в ресурсосбережении получило в Китае, Индии, Германии, Великобритании, Австрии и других развитых европейских странах. Например, в Китае производится 1,3 млрд. м³ биогаза в год и имеется единственный в мире специализированный НИИ. При институте работает научный центр, который готовит специалистов по эксплуатации оборудования для стран Азии и Тихоокеанского бассейна [10].

К перспективным источникам газообразных углеводородов относятся также твердые бытовые отходы (ТБО), на основе использования которых также возможно получение биогаза. Бытовые отходы, как правило, не находят применения и загрязняют окружающую среду. В тоже время они являются возобновляемыми вторичными энергетическими ресурсами. В настоящее время интенсивно развиваются два основных направления энергетической утилизации ТБО – сжигание с выработкой теплоты и захоронение с получением биогаза. Сжигание отходов требует дорогостоящих систем очистки, поэтому более широко распространено во всем мире полигонное захоронение ТБО. Основные достоинства такой технологии захоронения: простота, сравнительно малые капитальные и эксплуатационные затраты, относительная безопасность. При разложении ТБО выделяется биогаз, содержащий до 60% метана, что позволяет его использовать в качестве местного топлива. В среднем при разложении одной тонны ТБО может образовываться 100–200 м³ биогаза. В зависимости от содержания метана низшая теплота сгорания свалочного биогаза

составляет 18–24 МДж/м³ (примерно, половина теплотворной способности природного газа).

Технология подготовки биогаза основана на процессах компримирования, сепарации, абсорбции, адсорбции, десорбции и обеспечивает его осушку от влаги и очистку от диоксида углерода. По эскизному проекту Института газа НАН Украины (г. Киев) ОАО "Сумское НПО им. М.В. Фрунзе" разработало и изготовило по заказу одной из фирм США комплекс оборудования для подготовки газа с полигонов захоронения ТБО производительностью по сырью 4250 м³/час с получением 2300 м³/час товарного газа. Состав биогаза на входе и выходе из установки представлен в таблице 1.

десорбера с помощью газодувки 15 поддерживается вакуум, за счет чего из абсорбента дополнительно выделяется 90–340 м³/час СО₂. Выделившийся газ отводится на свечу рассеивания 8. Подача воды на охлаждения компрессоров 2 осуществляется электронасосами 11, а ее охлаждение после компрессоров производится в градирне 9. Компонентная схема оборудования установки для подготовки и компримирования газа от полигонов ТБО представлена на рис. 6.

Таким образом, исходя из перспективы развития угольной промышленности, сельского хозяйства и реформирования коммунального хозяйства Украины целесообразно развивать технологии и осваивать производство современного оборудования по добыче шахтного метана и производству биогаза, который относится к возобновляемым источникам энергии.

Таблица 1

Состав биогаза, получаемого на полигоне твердых бытовых отходов

Наименование компонентов среды	Состав в процентах по объему	
	на входе в комплекс	на выходе из комплекса
Метан (СН ₄)	57	94,54
Углекислый газ (СО ₂)	41,5	Не более 3
Азот (N ₂)	1,1	1,8
Кислород (O ₂)	0,4	0,66
Содержание паров воды, г/м ³	по равновесию	Не более 0,11

Принципиальная энерготехнологическая схема комплекса оборудования для переработки биогаза с полигона ТБО представлена на рис. 5. Как видно из схемы, неочищенный биогаз под давлением 0,107 МПа подается во входной сепаратор 1, который предназначен для очистки газа от твердых частиц и капельной жидкости. Из сепаратора газ поступает в компрессоры 2, а затем при давлении 6,8–7,0 МПа отводится в коллектор и поступает в нижнюю часть абсорбера 3. В верхнюю часть абсорбера 3 подается абсорбент для орошения насадки. Стекая вниз по насадке, абсорбент контактирует с поднимающимся вверх газом, поглощая из сырого газа диоксид углерода и другие компоненты. Очищенный от СО₂ газ с концентрацией метана 94,54% подается на осушку к попеременно работающим адсорберам 6, заполненными силикагелем. Из рабочего адсорбера 6 осушенный газ с давлением 6,5–6,7 МПа по трубопроводу направляется потребителю. Для разгазирования абсорбента он через регулятор уровня из нижней части сепаратора 4 подается в верхнюю часть десорбера 5. Для разбавления выбрасываемого в атмосферу диоксида углерода СО₂ имеется вентилятор 7. Для более полного разгазирования абсорбента в кубовой части

институтов НАНУ, ведущих ВУЗ'ов и производственных предприятий освоены разнообразные виды технологий в области энергоресурсосбережения, реализация которых может обеспечить существенное снижение энергозатрат и увеличение добычи газообразных топлив.

2. В ОАО "Сумское НПО им. М.В. Фрунзе" имеется значительный научно-технический и производственный потенциал, который может обеспечить реализацию современных технологических решений с целью повышения энергоэффективности различных видов оборудования, дополнительной выработки электроэнергии и теплоты, добычи газообразного топлива, производства высокоэффективных органических удобрений, а также снижения загрязнения окружающей среды.

3. Для реализации имеющихся возможностей требуется разработка соответствующих государственных программ с целью координации усилий потребителей и производителей по внедрению новых технологий, а также принятие необходимых законодательных решений, обеспечивающих создание нормативной базы при внедрении новых технологий в области энергоресурсосбережения.

Выводы

Анализ различных направлений развития работ в области энергоресурсосбережения позволяет сделать следующие выводы:

1. В Украине с участием

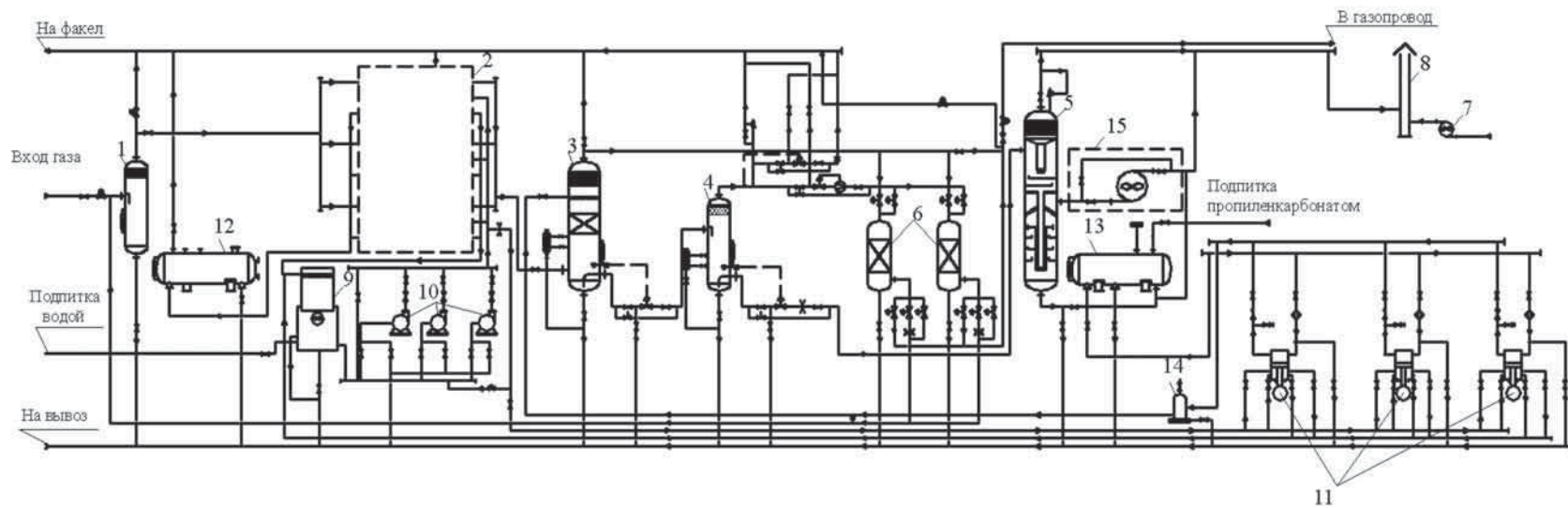


Рис. 5. Принципиальная энерготехнологическая схема комплекса подготовки биогаза с полигонов захоронения твердых бытовых отходов:
 1 – входной сепаратор; 2 – блок компрессоров; 3 – абсорбер; 4 – сепаратор; 5 – десорбер; 6 – адсорбер; 7 – вентилятор; 8 – свеча рассеивания; 9 – установка градирни; 10 – блок насосов водяного охлаждения; 11 – блок насосов абсорбента; 12 – емкость дренажная; 13 – емкость чистого абсорбента; 14 – депульсатор; 15 – блок газодувки

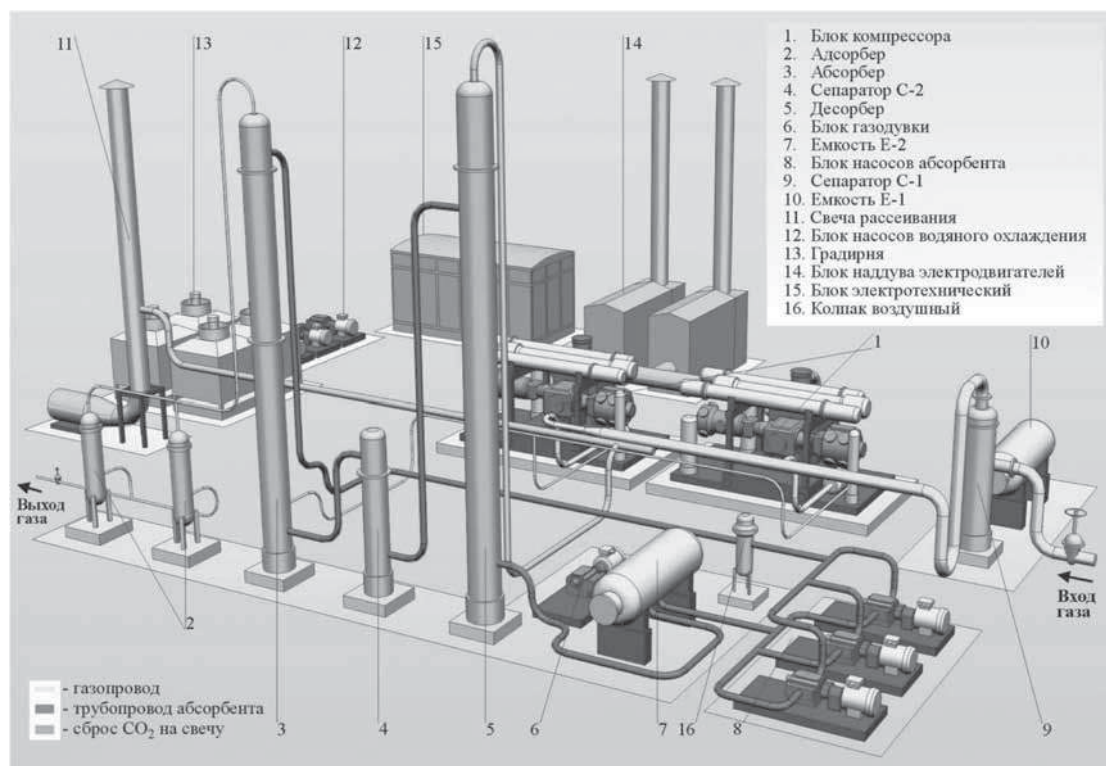


Рис. 6. Компонновка оборудования энерготехнологического комплекса для подготовки биогаза с полигонов захоронения твердых бытовых отходов

Литература

1. *Карп И.Н.* Метан угольных пластов // Экологии и ресурсосбережения, 2005. — № 1. — С. 5–8.
2. *Белошицкий М.В., Троицкий А.А.* Использование шахтного метана в качестве энергоносителя. // Турбины и дизели, 2006. — ноябрь–декабрь. — С. 2–9.
3. *Федоров С.Д., Облакевич С.В., Радюк О.П.* Проблема утилизации шахтного метана в когенерационных установках и пути ее решения на примере шахты им. А.Ф. Засядько // Промышлова електроенергетика та електротехніка, 2006. — № 5. — С. 5–9.
4. *Богуслав В. А.* Когенерационные установки для утилизации шахтного метана // Промышленная теплотехника, 2009. — т. 31. — № 2. — С. 53–56.
5. *Роговой Е.Д.* Применение энергосберегающих технологий в ОАО "Сумское НПО им. М.В. Фрунзе" // Газотурбинные технологии, 2001. — № 5(14). — С. 20–22.
6. *Перспективы создания парогазовых установок с газификацией низкосортных углей в*

энергетике Украины / Ю.П. Корчевой, С.В. Яцкевич, А.Ю. Майстренко и др. // Энергетика и электрификация, 1992. — № 3. — С. 1–8.

7. *Корчевой Ю.П., Волковинский В.А., Майстренко А.Ю.* Перспективы применения парогазовых установок с внутрицикловой газификацией украинских углей. — Киев: Общество "Знание Украины", 1992. — 52 с.

8. *Применение водородных технологий для повышения энергоэффективности теплоэлектростанций в условиях дефицита газа / Ю.М. Мацевитый, В.В. Соловей, А.Л. Шубенко, Л.М. Канило, В.Н. Голощанов и др. // Проблемы машиностроения, 2008. — т.11. — № 4. — С. 3–7.*

9. *Современные тенденции развития систем газификации угля / Н.С. Шестаков, А.Э. Лейкам, Д.Ф. Серант, Е.Е. Русских // Промышленная энергетика, 2009. — № 2. — С. 2–9.*

10. *Семененко И.В.* Проектирование биогазовых установок. — Сумы: ПФ "МакДен", ИПП "Мрія-1", 1996. — 347 с.