

ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ И ЕЁ ТРЕБОВАНИЯ К КИСЛОРОДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ *)

Кандидат технических наук Г. О. НУСИНОВ

Инженер Григорий Осипович Нусинов работает в области подземной газификации с 1936 года. Он руководил научно-исследовательским отделом Треста «Подземгаз» Наркомугля СССР, а в настоящее время является начальником сектора газификации Главного Управления Газотопливной Промышленности при СНК СССР. Тов. Нусинов — кандидат технических наук. Он написал ряд книг по подземной газификации: «Подземная газификация углей», «Обработка горючих газов» и др.

История подземной газификации, начинающаяся с блестящих научных прогнозов автора этой идеи Д. И. Менделеева и охватывающая уже период полувековой давности, включает в себя много весьма интересных страниц. Можно было бы также назвать и привести немало столь же интересных страниц, освещающих значение подземной газификации, и среди них, в первую очередь — статью Ленина под многоговорящим заголовком «Одна из великих побед техники». Но история, значение и высокая ленинская оценка идеи подземной газификации, нашедшей практическое осуществление только в СССР, достаточно известны, и нет необходимости останавливаться в данном случае на этой стороне вопроса.

Мы считаем также возможным опустить первоначальный период опытных работ по подземной газификации углей в естественных условиях залегания угольных пластов. Этот период, характеризующийся неправильным пониманием сущности процесса, ложным отождествлением его с процессом надземной газификации в обычных газогенераторах, не увенчался успехом и не представляет в настоящее время практического интереса. Справедливость требует, однако, отметить, что и первый этап реализации идеи подземной газификации, базировавшийся на газификации в подземных условиях искусственно раздробленного угля, имел большое значение. Он пролил свет на ряд узловых вопросов, заставил отвергнуть те пути, которые ошибочно казались наиболее реальными, мобилизовал техническую общественность на искание новых путей решения задачи. Современный метод и современное состояние подземной газификации отнюдь не пришли без особых за-

труднений, без ошибок и неудач, без затраты большого и напряженного творческого труда.

Но в настоящем сообщении имеются в виду не эти общие, а другие, более конкретные вопросы. Предметом и целью настоящего сообщения является — ознакомить с основами ныне принятой технологии подземной газификации, со степенью её освоенности, с сегодняшним её положением и её ближайшими перспективами. Особой задачей ставится здесь рассмотрение вопроса о применении кислорода в подземной газификации и о его технико-экономическом влиянии на процесс.

В основе современной техники и технологии подземной газификации лежит так называемый поточный метод газификации угля в дилке. Сущность этого метода заключается (для общего случая) схематически в следующем.

С поверхности в глубь земли проводят две выработки А и Б (рис. 1). Сверху они перебегают различные наносы, а затем, достигнув угольного пласта, идут по самому пласту. По простиранию пласта эти выработки соединяются между собой, на той или иной отметке, горизонтальной выработкой В. Ограниченный таким образом угольный массив представляет собой подземный газогенератор или, иначе выражаясь, панель. Выработки А и Б обсаживаются соответствующими трубами и служат дутьеговыми каналами: по одной из них подводится дутьё, по другой отводится получаемый газ *). Горизонтальная выработка В необсажена и служит реакционным пространством, в котором протекает газификационный процесс. Сама газификация достигается путём омывания раскалённой поверх-

*) Доклад на заседании Технического совета Главкислорода при СНК СССР 7 декабря 1943 г.

*) В практическом осуществлении панель подземной газификации имеет Ш-образную форму; дутьё подступает в одну из трёх параллельных выработок, газ отводится по двум другим.

ности пласта (так называемого огневого забоя) потоком движущегося вдоль него дутья. Выгазовывание угля происходит вверх, по восстанию пласта и в таком направлении про-

положения пласта, как это имеет место, например, в Донбассе, или благодаря специфическим свойствам угля, образующего у линии огневого забоя своеобразную, зольную, легкую

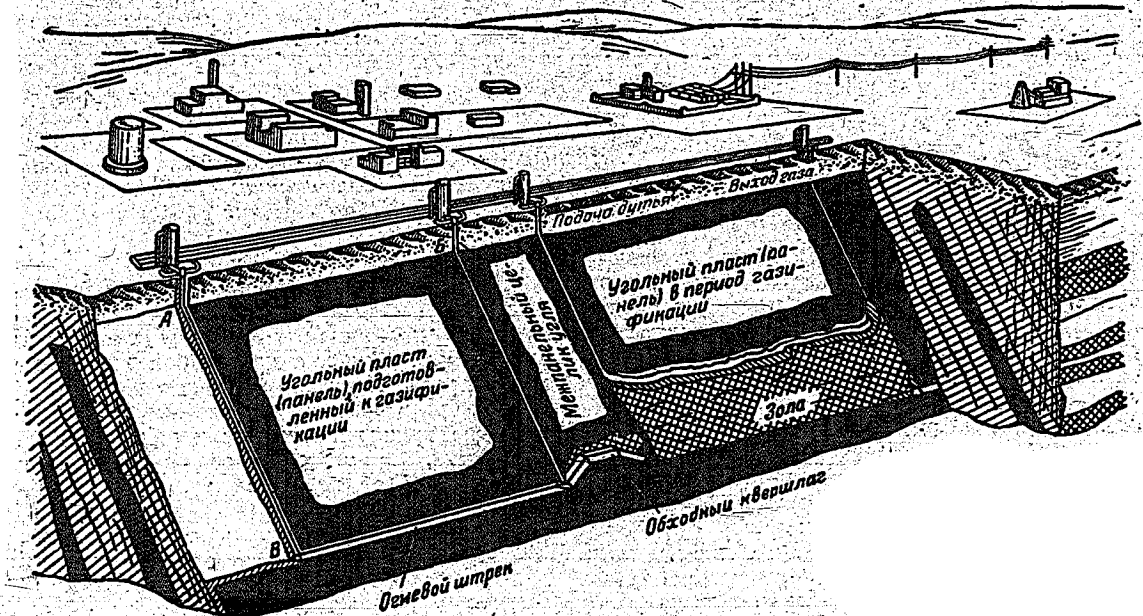


Рис. 1. Схема поточного метода газификации угля в целом.

исходит постепенное передвижение огневого забоя. Это явление отображено на правой части рис. 1, на котором, наряду с панелью, подготовленной к газификации, показана панель, уже некоторое время в действии.

Очевидно, что по мере расходования угля в панели создается свободное пространство, ранее занятое углем. Чем шире становится это свободное пространство, тем меньше устой-

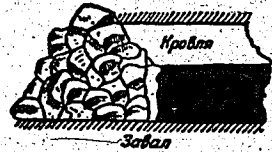


Рис. 2. Характер выгазовывания угольного пласта и обрушения кровли.

чивость нависающих, выше расположенных пород и, по достижении определенного предела, происходит обрушение кровли над выгазованным пространством (рис. 2). Но обрушающиеся куски породы отнюдь не засыпают всего канала газификации. Такого случая ни разу не было обнаружено за весь прошедший период работ. В силу наклонного

проницаемую решётку, как это имеет место, например, в Подмосковном бассейне, — газоходный канал у газифицируемой угольной стенки пласта всегда сохраняется.

В зависимости от расположения пласта, его мощности, характера покрывающих пород и других условий геологической обстановки, этот канал может быть того или иного размера и формы, может представлять собой коридор той или иной степени и характера заполненности, но он всегда проходим для дутья и газа. Наличие, сохранение и относительное постоянство (при постепенном перемещении по восстанию пласта) этого канала, ограниченного кровлей, почвой, обрушившейся породой и угольной стенкой пласта, являются одним из главнейших условий нормального процесса подземной газификации по методу потока. Не следует, конечно, думать, что указанное относительное постоянство реакционного канала имеет место на всём его протяжении, во всё время работы панели. В действительности, обрушения покрывающих пород в известной степени хаотичны. В раз-

ных местах они происходят больше или меньше, раньше или позже. Но, при данной большой длине канала, его среднее свободное сечение остаётся постоянным. Это обнаруживается по постоянному сопротивлению панели прохождению дутья и этим обуславливаются постоянные условия газификации, необходимые для равномерного протекания процесса.

нели процесс газификации протекает через несколько стадий и по характеру преобладающих реакций условно разбивается на несколько зон.

Первая зона, имеющая место в первой по ходу дутья части огневого забоя, это зона окислительных реакций (рис. 3). Она начинается там, где вдуваемый в панель кисло-

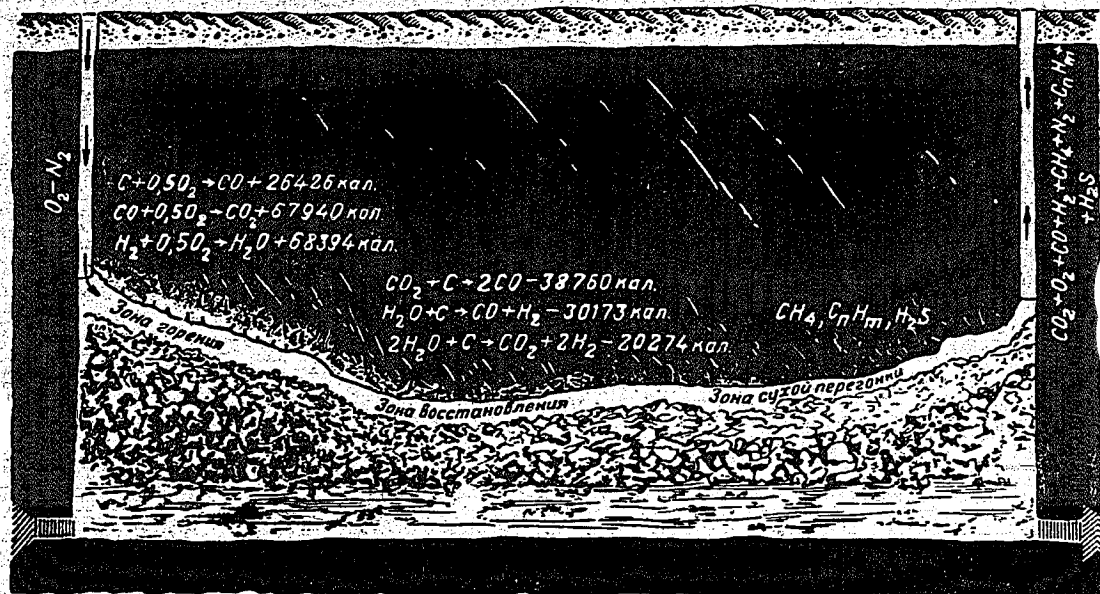


Рис. 3. Химическая схема процесса подземной газификации.

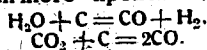
По характеру протекающих явлений процесс поточной подземной газификации угля в целом имеет некоторое сходство с процессом надземной газификации угля в обычных газогенераторах. Это определяется и обуславливается тем, что химические свойства угля не зависят от того, находится ли он в состоянии разрыхлённых кусков или представляет собой нетронутый целлик. Во всех случаях частица угля газифицируется с поверхности, во всех случаях процессу газификации какой-нибудь частицы угля предшествует стадия прогрева, высушивания и выделения летучих, во всех случаях при данном тепловом режиме по одним и тем же химическим уравнениям реагируют между собой раскалённый углерод, с одной стороны, кислородсодержащее дутьё, пары и газы — с другой стороны. Законы газообразования, по существу, одни и те же. И так же, как и в обычном «кусковом» газогенераторе, так и в подземной па-

род вступает в соприкосновение с нагретым до температуры воспламенения углём, и занимает тот участок, на котором концентрация свободного кислорода снижается от своей первоначальной (максимальной) величины практически до нуля. На реагирующей поверхности этой зоны прежде всего протекает реакция горения углерода до окиси углерода, причем образовавшаяся первичная окись углерода тут же, у поверхности или на некотором расстоянии от неё, реагирует с дополнительным количеством кислорода дутья и дожигается до углекислоты.

В процессе этих реакций выделяется значительное количество тепла и создаётся температурный перепад в направлении восстания пласта. Проникновение высоких температур в толщу массива вызывает образование там соответствующих зон: зоны высокотемпературного коксования, зоны полукоксования и зоны сушки.

В наиболее отдаленной от огневого забоя зоне сушки выделяются водяные пары. Попадая в зону полукоксования, они перегреваются и смешиваются с продуктами низкотемпературной перегонки угля. В следующей по направлению к огневому забою зоне коксования образуется, во-первых, коксовый газ; во-вторых, происходит реакция взаимодействия водяного пара с раскаленным коксом, т. е. образуется и водяной газ. Здесь же происходит разложение продуктов сухой перегонки угля, особенно паров жидких углеводородов. По мере приближения к огневому забою эти процессы усиливаются и, наконец, на поверхности огневого забоя происходит вышеотмеченное горение коксового остатка, а также сгорание притекающих сюда продуктов разложения далее расположенных участков угля.

Часть углекислоты и водяных паров, находящаяся в данный момент у поверхности угольной стенки, диффундирует по направлению к противоположной инертной стенке канала. Другая часть взаимодействует с углеродом пласта. Образуется водород и окись углерода вторичного происхождения:



Но на рассматриваемом участке реакционного канала ещё присутствует свободный кислород. Движение же потоков в панели при значительной их скорости, огромных шероховатостях каналов, обвалах кровли и извилистых ходах, а также при наличии инертных стенок, увеличивающих неизотермичность процесса, — турбулентное. Это приводит к постоянному смешению горючих газов, идущих от угольной стенки, с газами, движущимися от более холодной инертной стенки, содержащими свободный кислород. Получающаяся смесь реагирует в объеме: горючие компоненты газа сгорают. Далее процесс повторяется: часть вновь образовавшихся водяных паров и углекислоты опять достигает раскаленной угольной стенки канала и восстанавливается до CO и H_2 , которые в свою очередь сжигаются кислородом, идущим от инертных стенок к угольному пласту.

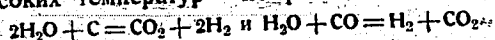
По мере расходования кислорода по длине огневого забоя падает его концентрация. Всё большее количество его приходится именно на объемное горение, всё меньшее количество достигает поверхности угля. Наконец, наступает такое положение, когда вообще прекращается контакт кислорода с углем, — весь кислород расходуется на дож-

гание горючих вторичного происхождения. При этом всякий новый избыток количества диффундирующих горючих газов всё дальше отодвигает явление объемного горения по направлению к инертной стенке канала. И так — до полного исчезновения свободного кислорода. Здесь и кончается зона горения.

Таким образом, начиная с некоторого расстояния, зона горения уже характеризуется протеканием на поверхности углерода нормального восстановительного процесса. При этом, чем дальше, тем меньшая часть образующихся у поверхности и диффундирующих в объем горючих газов реагирует с кислородом; всё большая часть их переносится потоком вдоль канала, минуя сферу объемных реакций горения. В этом, как бы промежуточном характере последних участков рассматриваемой зоны начинает всё больше преобладать восстановительный процесс над процессом дегорения газов в объеме. И через такую промежуточную ступень зона горения переходит в зону восстановления.

Итак, условная зона восстановления начинается в момент израсходования кислорода и прекращения реакций горения, как на поверхности, так и в объеме. Конец же её там, где запас физического тепла, несомого газовым потоком, и пропорциональная ему температура угольной стенки становятся (в результате эндотермичности протекающих реакций, теплоотдачи в окружающее пространство и испарения притекающих грунтовых вод) такими, при которых скорость реакций восстановления теряет практическое значение.

В зоне восстановления углекислота реагирует с высоконагретой поверхностью угольного пласта и окончательно восстанавливается в той или иной степени до окиси углерода. Водяные пары восстанавливаются в определенном количестве сперва по реакции образования водяного газа, а затем, по мере продвижения газового потока в область менее высоких температур — по реакциям:



Одновременно с этим в направлении восстановления пласта продолжается (но с соответственно снижающейся интенсивностью) сухая перегонка. Выделяющиеся летучие крекирующие и присоединяются к газам газификационного процесса.

Наконец, и по простиранию пласта всё более господствующее значение начинает приобретать процесс пирогенетического разложения угля и здесь формируется своя

зона сухой перегонки. Обогатившись еще водородом, метаном, сероводородом, водяными парами и т. п., газ направляется в газоотводящий канал подземного газогенератора.

Как уже отмечалось, перечисленные зоны, явления и реакции имеют место и в наземных газогенераторах. Однако, там процесс протекает во вполне определенных, заранее заданных внешних условиях. Процесс же подземной газификации ведётся в естественных условиях залегания угольного пласта, которые непрерывно меняются. И то стационарное состояние, которое обуславливает равномерный ход работы подземных панелей, есть, по существу, состояние динамического равновесия между многочисленными и своеобразными явлениями, сопровождающими процесс в данной геологической обстановке, и развитием самого процесса.

Из ранее сказанного очевидно, что степень выгорания пласта по его простиранию максимальна там, где максимально содержание кислорода в дутье. Поэтому ближе к дутьевому каналу части панели выгазовываются более интенсивно, чем находящиеся у газоотводящего канала. Для предотвращения такой неравномерности прибегают к периодическому изменению направления движения дутья и газа. Результатом такого реверсирования потоков является выравнивание фронта огневого забоя и равномерность выгазовывания пласта.

Опуская целый ряд других, хотя и существенных деталей, например вопросы конструктивного оформления подземных газогенераторов, а также из области физико-химической сущности процесса подземной газификации, укажем ещё, что, обладая принципиальными отличиями по сравнению с процессом обычной наземной газификации, процесс подземной газификации тем более принципиально отличается от процесса подземного пожара. Действительно, процесс подземного пожара подерживается слабой естественной тягой и не имеет сколько-нибудь заметно выраженных закономерностей. Образующиеся горючие компоненты смешиваются с воздухом, самопроизвольно поступающим по случайным каналам, и дожигаются. Продуктом процесса является, почти как правило, дымовой газ. В противоположность этому процесс подземной газификации ведётся при больших скоростях дутья, обуславливающих высокую его напряжённость и, соответственно, высокое тепловое состояние. Он имеет закономерное строение в виде сформировавшихся реакцион-

ных зон. Процесс управляем и даёт в качестве продукта горючий генераторный газ.

Состав газа подземной газификации предопределяется (при нормальных условиях

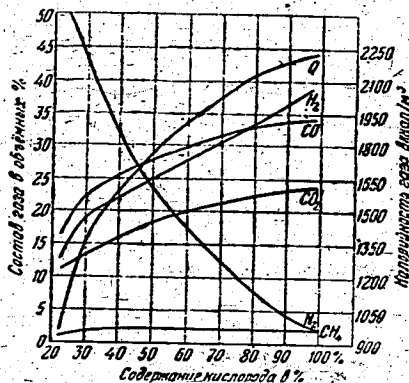


Рис. 4. Состав и калорийность газа при разном содержании кислорода в дутье.

протекания процесса) составом подаваемого в панель дутья. В зависимости от этого фактора можно различить два крайних технологических режима: режим получения низкокалорийного энергетического газа на воздушном дутье и режим получения высококалорийного

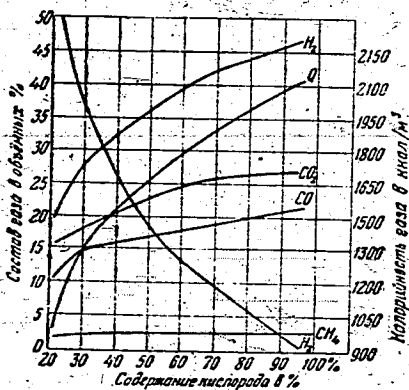


Рис. 5. Состав и калорийность газа при разном содержании кислорода в дутье и повышенной влажности в реакционной зоне.

технологического газа на парокислородном дутье. Между этими крайними случаями лежит ряд промежуточных, характеризующихся различной степенью обогащения кислородом (и паром) атмосферного воздуха. Взаимосвязь между составом дутья и составом газа

исследовалась расчётно-теоретически и экспериментально. Результат расчёта для двух из рассмотренных случаев показан графически на рис. 4 и 5. Как видно, обогащение дутья кислородом влечёт за собой закономерное повышение calorийности газа, как технологического топлива, а также (при определённых соотношениях между кислородом и паром в дутье) позволяет получить газ, годный для синтеза*). При этом надо заметить, что в условиях подземной газификации углей рост концентрации кислорода в дутье не только повышает качество газа и не только интенсифицирует процесс. Он оказывает ещё благоприятное влияние на течение желательных реакций, обеспечивая необходимую тепловую обстановку панели.

Освоение рассматриваемого поточного метода подземной газификации на воздушном и обогащённом дутье началось на опытной панели № 1 Горловской станции «Подземгаз». В течение почти полутора лет работы этой панели газификация, как правило, протекала устойчиво, генератор был управляем. За этот период подверглись исследованию различные технологические режимы и детали процесса, а вместе с тем было получено свыше 10 млн. м³ горючего газа со средней calorийностью от 830 ккал/м³ на воздушном дутье до 1700 ккал/м³ — на дутье с 60%-ной концентрацией кислорода.

Попутно с опытами на Горловской станции шли опыты на других станциях: в Лисичанске, Ленинке-Кузнецке, Шахтах, Подмосковье, в различной геологической обстановке, при разных технологических режимах, при разном конструктивном оформлении подземных газогенераторов.

В результате всех этих работ твердо определен путь подземной газификации угля в целике и метод потока, как основной. Приобретенные в этом периоде (1935—1937 гг.) экспериментальные материалы и производственные навыки, а особенно конкретный опыт Горловской станции, явившийся решающим, обусловили возможность перехода к

*) В газе для синтеза аммиака должно быть соблюдено условие, чтобы $\frac{CO + H_2}{N_2} = 3$ и чтобы содержание CH_4 не превышало 3%. Согласно рис. 5, этому условию удовлетворяет режим дутья, содержащего 50% кислорода. Для синтеза жидких горючих необходимо обеспечить в составе газа соотношение $N_2:CO = 2$ и $(CO_2 + N_2 + CH_4) < 25\%$. Этому условию отвечает (при дополнительной отмывке некоторого количества углекислоты) 98%-ная точка на оси абсцисс (рис. 5).

строительству промышленных предприятий подземной газификации.

К началу нынешней войны находились в действии 3 промышленного значения станции подземной газификации — Горловская, Лисичанская и Подмосковная — и в стадии строительства ещё две — Кураховская и Челябинская. Сколько-нибудь детальный анализ производственной деятельности упомянутых предприятий выходит за рамки настоящего сообщения. В этой части мы ограничимся лишь приведением некоторых результативных данных и общей оценкой освоенности процесса в промышленных условиях.

Горловская станция подземной газификации являлась предприятием энергетического газа (на воздушном дутье). За время её эксплуатации, прерванной подходом вражеских войск, на ней было получено около 75 млн. м³ генераторного газа. Средняя calorийность товарного газа составила 930 ккал/м³ при среднем составе: CO_2 — 9—11%; O_2 — 0,2—0,3%; CO — 12—15%; H_2 — 14—17%; CH_4 — 1,5—2%; N_2 — 55—60%. Основным потребителем газа являлся завод «Кокс», где вначале газ сжигался под топками котлов, а затем использовался для обогрева реторт.

В эксплуатации станции выявились известные технические затруднения. Они предопределились неудачным оформлением и креплением дутьегозовых каналов в панелях, что привело к возникновению очагов горения в этих каналах, к частичным их обрушениям и к образованию пробок. Конкретными мероприятиями (промывкой и разбуркой засорившейся скважины, дополнительным бурением скважины, тампонажем нарушившегося района и т. п.) эти осложнения, имеющие не принципиальный, а технический и преходящий характер, преодолевались находку, без существенных перебоев в газоснабжении потребителя.

В отличие от Горловской энергетической станции, Лисичанская станция подземной газификации имела своим назначением выработку технологического газа на обогащённом или чистом парокислородном дутье, с целью газоснабжения завода «Донсода», а впоследствии — Лисихимкомбината. Осложнение в работе, получившееся на Горловской станции, уже не повторилось на Лисичанской, но здесь предстало другое затруднение. Оно было вызвано неблагоприятным поведением кровли пласта, подвергавшегося газификации. По мере выгорания угля и продвижения огневого

забоя крепкая известняковая кровля не обрушивалась, канал газификации всё более расширялся и, соответственно, ухудшались гидравлические условия работы панелей. В широком выгоревшем пространстве часть дутья шла обходным ламинарным потоком и, смешиваясь у газоотводящей выработки с газом, сжигала некоторое количество его горючих компонентов. В результате, блестяще начавшись, процесс в дальнейшем дошёл до того, что при средней концентрации кислорода в дутье в 50—60% средняя теплотворная способность газа составила только 1070 ккал/м³.

Для восстановления нормального хода газификации в данных геологических условиях намечился ряд мероприятий по искусственному заполнению выгоревшего пространства, в том числе — путём взрывания соответствующих участков кровли, специальных завалов с поверхности и т. п. Война и эвакуация станции помешали проведению этих мероприятий до конца. Всего за период своего действия (с февраля по сентябрь 1941 г.) станция выработала приблизительно 40 млн. м³ газа и часть этого количества передала потребителю.

Подмосковная станция подземной газификации работает в настоящее время. Несмотря на вызывавшие серьёзные опасения неблагоприятные геологические условия (выражающиеся горизонтальным залеганием угольного пласта, рыхлыми и сыпучими породами в кровле и значительной обводнённостью), здесь получены вполне удовлетворительные результаты в отношении качества газа. Калорийность газа на воздушном дутье 800—900 ккал/м³, на дутье с концентрацией кислорода 25—30% — 1000—1100 ккал/м³. Потребители газа — Тульский кирпичный и Ликёро-водочный заводы. Всего станция произвела уже свыше 30 млн. м³ горючего газа.

В работе Подмосковной станции имеются свои недостатки. Одним из главнейших является недостаточная герметичность подземной системы, чем вызываются значительные утечки дутья и газа. В качестве средства борьбы с этим явлением намечено создание вокруг панели изоляционных контуров путём глинизации и цементации через скважины пористых и трещиноватых вмещающих пород.

Крупнейшее достижение Подмосковной станции — это освоение полной бесшахтности в подземной газификации, т. е. такой системы работ, при которой совершенно исключается подземный труд человека не только в период эксплуатации панелей, но и при подготовке их. Эта система основана на газопроницаемо-

сти угольного пласта и сводится, в двух словах, к следующему. С поверхности земли пробуриваются до почвы угольного пласта две скважины. В одну из них подаётся под некоторым давлением дутьё. Пробиваясь по трещинам и порам угля к другой скважине, оно постепенно прожигает между скважинами не который канал. После этого в образовавшемся канале начинается газификация, подобно тому как она происходит при ранее разъяснённом поточном методе.

Резюмируя эту часть сообщения, можно сказать, что:

1. Практика эксплуатации первых промышленных предприятий подземной газификации подтвердив, что процесс подземной газификации в основном освоен и уяснён, в то же время показала, что планомерное протекание этого процесса в ряде случаев нарушается недоработанностью отдельных конструктивных узлов. Наряду с этим выявлено, что те или иные осложнения в работе, возникающие по этой причине, не являются непреодолимыми, — что во всех случаях находятся средства борьбы с ними и принятием соответствующих мер на будущих панелях эти осложнения можно избежать.

2. Количество горючего газа, полученного методом подземной газификации, исчисляется уже десятками миллионов кубических метров, что показывает известную зрелость данного дела в нашей стране.

Нашествие немецко-фашистских захватчиков временно прекратило работу Горловской и Лисичанской станций «Подземгаз» и строительство Кураховской станции. В настоящее время находится в действии Подмосковная станция и в стадии строительства Челябинская станция. Ближайшие перспективы развития подземной газификации намечаются в следующем виде:

1. Удвоение мощности — Подмосковной станции за счёт расширения фронта панелей и использования резервов имеющегося поверхностного оборудования (включая сюда кислородный агрегат Глававтогена системы Линде на 1350 м³ кислорода в час).

2. Окончание строительства Челябинской станции, предназначенной для производства газа повышенной калорийности на обогащённом дутье, с использованием для этого двух кислородных блоков системы Линде-Френкель, производительностью по 3500 м³ кислорода в час; эвакуированных в своё время из Лисичанской станции и находящихся теперь в Челябинске.

3. Восстановление Лисичанской станции технологического газа, для чего необходимо получение новой кислородной установки, взамен переданной на Челябинскую станцию.

4. Частичное восстановление Горловской станции.

5. Строительство новой станции подземной газификации в Кузбассе.

С окончанием войны и по мере совершенствования дела подземной газификации план её развития будет безусловно всё более увеличиваться.

Перед подземной газификацией стоит ещё ряд технических задач, до разрешения которых предприятия «Подземгаз» могут иметь отдельные срывы в работе. Но причины этих срывов могут быть обнаружены, а методы борьбы с ними разработаны только в конкретных промышленных условиях. Разрешая эти свои внутренние задачи и дорабатывая процесс в масштабе промышленных станций, работники подземной газификации одновременно выдвигают ряд задач перед смежными отраслями промышленности. Одной из таких существенных внешних задач является проблема доступного кислорода. Производство всех видов синтетического и высококалорийного газа методом подземной газификации (для синтеза аммиака и бензина, для дальнейшего газоснабжения и коммунальных нужд, для выработки технологического топлива повышенной калорийности и т. п.) базируется на кислороде или воздухе, обогащённом кислородом. Между тем, при современных методах получения кислорода, он весьма дорог и оказывает сильное влияние на экономику подземной газификации. Расчёты показывают, что размер капиталовложений в станцию подземной газификации при применении парокислородного дутья примерно в 2 раза выше, чем при применении воздушного дутья. Себестоимость 1 000 ккал в газе, полученном на парокислородном дутье, примерно в 2,5 раза больше, по сравнению с газом воздушного дутья. Это, в основном, обусловлено высокой стоимостью кислородного цеха, значительными затратами, связанными с амортизацией, текущим ремонтом и содержанием оборудования при эксплуатации кислородного цеха, большим расходом электроэнергии при выработке кислорода. На долю последней слагаемой, т. е. электроэнергии (при её получении со стороны) приходится около 40% от суммы всех эксплуатационных затрат станции, а удельный вес кислорода в целом составляет в структуре себестоимости технологического газа выше 60%.

Приведённые цифры наглядно показывают роль кислорода в экономике подземной газификации. Но если даже отвлечься от этих цифр и не считаться с затратами, всё же остаётся одно большое затруднение, состоящее в том, что необходимые мощные кислородные установки являются пока ещё весьма дефицитными.

Такое положение может в дальнейшем стать серьёзным тормозом в развитии производства технологических газов методом подземной газификации.

Подземная газификация углей — это, по определению Ленина, одна из великих побед техники, новая отрасль социалистической промышленности. Перспективы её развития велики. Подземная газификация является значительным и явится огромным потребителем кислорода. И она предъявляет к кислородной промышленности существенное требование — развить, усовершенствовать и удешевить производство кислорода, организовать и наладить изготовление мощных высокоэкономичных кислородных агрегатов, столь необходимых для подземной газификации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Акад. И. П. Бардин: На мой взгляд существующий процесс подземной газификации не совсем удачен. Продуваемый воздух соприкасается только верхом своей струи с углём, и поэтому процесс газификации идёт не совершенно, часть газа немедленно сгорает. Процесс построен, собственно говоря, по принципу полугазовой топки. В обычных газогенераторах применяется иной принцип: образующийся внизу газ должен пройти через всю массу топлива. Так как в подземной газификации этот принцип не применён, то качество газа и коэффициент полезного действия процесса должны быть ниже, чем при обычной газификации в генераторах. Кроме того, при подземной газификации не удаётся улавливать смолы и другие жидкие фракции.

При наклонном залегании угольного пласта можно было бы использовать такую схему: с поверхности пробурить несколько скважин в угольный пласт. Дутьё подавать в самую глубокую скважину. Так как при этом процесс газификации будет идти по восстанию пласта, причём газ будет пробиваться через толщу топлива, то газ можно будет отбирать из следующей по восстанию пласта скважины. Когда отрезок между этими двумя скважинами будет выгазован, дутьё можно будет подавать

во вторую скважину и отбирать газ из третьей скважины по восстанию пласта и т. д.

Процесс подземной газификации будет особенно эффективным на бедных бурых углях. В тех случаях, когда пласт бурых углей значительный и хорошо разрабатывается, а уголь транспортируется на небольшое расстояние, как это имеет, например, место на Богословском и Коркинском месторождениях, процесс подземной газификации вряд ли будет экономичным. На других же месторождениях бурых углей, требующих применения тяжёлого подземного труда, процесс подземной газификации мог бы принести выгоды, особенно в случаях, когда потребитель находится рядом с шахтой.

Инж. И. П. Кириченко: Высокая стоимость газа, получаемого в процессе подземной газификации, относится к шахтному методу подземной газификации. Проходка шахт, квершлагов, устройство камер, которые применяются и при обычной добыче угля — вот что сильно влияет на стоимость газа при шахтном методе подземной газификации. При осуществлении бесшахтного способа, который был впервые использован на Подмосковной станции, подготовительные работы значительно удешевляются. Большой расход электроэнергии относится к тому случаю, когда в подземной газификации применяются дутьё с давлением в 5 атм. и выше. Практика показала, что такого давления дутья при эксплуатации шахт не требуется. На Лисичанской станции, например, давление дутья составляло 0,25 ати. На Подмосковной станции, где дутьё подаётся через узкий канал диаметром в 200—300 мм, применяется давление в 1,5 ати.

Касаясь роли кислорода в подземной газификации, необходимо подчеркнуть, что применение его значительно повышает стоимость получаемого газа. На Лисичанской станции, например, расход электроэнергии в 0,55—0,60 квтч на 1 м³ существенно отражался на экономии процесса. На Подмосковной станции стоимость кислорода составляет 60% от стоимости газа. Таким образом, одним из факторов, который мог бы значительно снизить стоимость газа, является удешевление кислорода.

Высказывавшееся здесь предложение относительно бурения нескольких скважин по восстанию пласта с тем, чтобы газ сам пробивал себе канал через пласт, практически уже используется. Эта идея и составляет сущность фильтрационного или бесшахтного способа подземной газификации, на который мы ориен-

тируемся. При этом надо отметить, что этот способ не даёт повышения калорийности получаемого газа, по сравнению с поточным методом. Как только от скважины к скважине прогорает канал, процесс идёт по обычному поточному методу. В период фильтрации толщина газифицируемого слоя очень мала, — здесь не может образоваться зона восстановления, о которой говорил докладчик, а имеется только зона окислительного горения. Поэтому газ в период фильтрации беднее, чем после образования канала, когда стенки пласта участвуют в процессе газификации на большой длине и дутьё омывает свободным потоком расширенный канал. При этом создаются все условия для реакций восстановления.

Акад. П. Л. Капца: Получение дешёвого газа процессом подземной газификации весьма привлекательно, даже если при этом не будет использован весь угольный пласт, т. е. при низком коэффициенте полезного действия процесса. Положительными сторонами такого процесса явились бы дешёвизна продукта и уничтожение тяжёлого труда шахтёров.

Основные недостатки процесса подземной газификации состоят, по моему мнению, в следующем: во-первых, неизвестно в деталях, как протекает сам процесс под землёй, и поэтому трудно предугадать, какие трудности могут возникнуть в каждом отдельном случае. Это — недостаток весьма существенный. Очевидно, со временем его удастся преодолеть при помощи более детальных и точных геологоразведочных работ, когда можно будет фиксировать более полно условия залегания угольного пласта, выбирать наиболее удачное место для розжига и т. д. Во-вторых, получаемый газ обладает малой калорийностью. Но этот недостаток не так ощутителен, если потребитель находится вблизи станции подземной газификации.

Следует отметить, что к опытным работам по подземной газификации, о которых нам здесь доложили, надо относиться с большим уважением. Это работы настоящих пионеров, на пути которых встречается немало общих принципиальных и частных трудностей. Нельзя ожидать, что такая большая и трудная проблема, как подземная газификация, может быть разрешена быстро и легко. Постройка нескольких станций подземной газификации, дающих, пусть даже малокалорийный газ, — дело большой важности, и работы эти заслуживают поддержки.