

Тангенциальное ускорение ограничено пределами, не зависящими от c :

$$-\omega_1^2 r(z+1) \leq w_t \leq \omega_1^2 r(z+1).$$

Графики безразмерных величин $\frac{w_n}{\omega_1^2 r}$ и $\frac{w_t}{\omega_1^2 r}$

при трех значениях c приведены на рис. 2.

Полученные выражения компонентов ускорения вершин ротора (1)–(7) позволяют определить на стадии проектирования строительного-дорожного машин с планетарно-роторным движением рабочих органов (роторов) основные кинематические параметры рабочих органов и рассчитать центробежные силы инерции [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Таукелев Р.Н., Ли С.В., Джумабеков А.Г. Кинематические характеристики рабочих органов строительных,

путевых и погрузочно-разгрузочных машин с планетарным движением. // Вестник КазГАСА. Алматы, 2003. № 3-4. С. 93-99.

2. Ли С.В. Математическая модель рабочего органа строительного-дорожного машины с планетарно-роторным движением // Известия НАН РК. Сер. физ.-мат. Алматы, 2004. № 4. С. 23-26.

Резюме

Планетарлы қозғалыстағы жол құрылысы машиналары роторларының төбесін алуды жеделдетуді анықтау үшін теориялық бағыныштылығы алынған. Ол кернеудің орталық күшін анықтауға көмектеседі.

Summary

Theoretical dependences for definition of tops of a rotor of building road machines with the planetary movement are received. Allowing to calculate centrifugal forces of inertia.

УДК 621.926.2

КазАТК

Поступила 3.06.05г.

Р. С. КАРЕНОВ

ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ КАК НЕТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Роль угля в ТЭБе страны может быть повышена не только за счет его прямой добычи, сопровождающейся неизбежными экологическими ущербами. Заслуживает внимания возможность превращения угля на месте его залегания (под землей) в более экологически чистые газообразные энергоносители.

К такой нетрадиционной технологии разработки угольных пластов следует отнести подземную их газификацию [1–3].

Подземная газификация угля (ПГУ), с одной стороны, предотвращает экологические ущербы на стадиях добычи, хранения и транспорта угля и, с другой стороны, резко уменьшает выбросы на стадии сжигания газа ПГУ у потребителя (вместо угля).

В условиях рыночной экономики и реализации Стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан в 2003–2015 гг., когда вопросы снижения себестоимости добычи угля, роста рентабельности и охраны окружаю-

щей среды вышли за рамки чисто горных проблем, развитие ПГУ в нашей республике начинает приобретать значение важной государственной задачи. Уголь остается энергоресурсом, альтернативным нефти и природному газу. Его месторождения равномерно размещены на территории республики, а запасы велики.

ПГУ – это способ разработки угольных месторождений, основанный на превращении угля в горючий газ в недрах на месте залегания. Только за последние 10–15 лет за рубежом (прежде всего в США и Западной Европе) созданы и отработаны новые элементы технологии, существенно расширяющие сырьевую базу ПГУ. Так, по американским данным, с помощью ПГУ сырьевая база извлечения запасов угля в США увеличивается в четыре раза.

В целом промышленные опыты в течение XX столетия в бывшем Советском Союзе (сейчас в России), Бельгии, Испании, Италии, США, Англии и в других странах заключались в

определении технической возможности и экономической эффективности получения газа и использования его для производства электроэнергии и в качестве сырья для химического синтеза [4, с. 40].

В частности, многолетний опыт ПГУ в России позволил разработать новые конструктивные и технологические решения, защищенные блоком свежих российских патентов. Анализ этих разработок показывает, что новая технология ПГУ отличается от ранее освоенной, прежде всего, повышенной управляемостью, существенно меньшим количеством эксплуатационных скважин и высокой стабильностью технологического процесса. Это обеспечивает экономическую эффективность разработки угольного месторождения методом ПГУ, в расчете на условное топливо газ ПГУ на 25–35% дешевле шахтного угля.

ПГУ может осуществляться на воздушном или кислородном (парокислородном) дутье. В первом случае теплота сгорания получаемого газа составляет 1000 ккал/нм³ (4200 кДж/нм³), во втором – 2500 (очищенного газа ≈ 3200) ккал/нм³, или 10 300 – 12 600 кДж/нм³.

В рамках рассматриваемой проблемы наиболее заманчиво выглядит комплексное электроэнергетическое предприятие «Предприятие ПГУ – ТЭС». Теплоэлектростанция и производство газа ПГУ размещаются в непосредственной близости друг от друга.

Для ТЭС мощностью 300 МВт потребуется в одновременной эксплуатации иметь 60 газоотводящих скважин на воздушном дутье или 20 скважин на парокислородном дутье. При этом дебит одной скважины 10 000 нм³/ч, а КПД генерирования электрической энергии принят равным 45–50%.

Тепловая мощность одной скважины подземного газогенератора составляет 10 МВт на воздушном дутье и около 30 МВт на парокислородном дутье.

Изучение принципиальной схемы такого комплексного предприятия «ПГУ-ТЭС» показывает, что кислород (возможно, и воздух) в смеси с водяным паром под давлением 2–3 МПа нагнетается в подземный газогенератор через систему дутьевых скважин. Получаемый газ ПГУ с температурой около 300 °С отводят через газоотводящие скважины, оборудованные специальным бесконтактным водяным охлаждением. Получаемый в

результате рекуперации физического тепла газа (от 800 до 300 °С) пар с температурой 200–250 °С поступает в паронагреватель.

Газ ПГУ направляется сначала в очистную установку, а затем сжигается в камере сгорания под давлением. Часть горячего энергоносителя расходуется на прогрев пара, генерируемого в системе охлаждения газоотводящих скважин, а другая оставшаяся часть с температурой 800–850 °С поступает в ГТУ (газотурбинную установку).

Отработанные газы с температурой 400–500 °С поступают в экономайзер или, смешиваясь с перегретым паром, попадают в паровую турбину. Возможны и иные тепловые схемы бинарного парогазового цикла (БПГЦ) с использованием газогенераторов подземной газификации угля.

Энергетическая эффективность предприятия «ПГУ – электростанция» характеризуется следующими параметрами:

химический КПД газификации – 70%;

термический КПД – 80 (70+10)%;

КПД преобразования тепловой энергии в электрическую – 42%;

потребление энергии на компрессию дутья – 5%;

чистый КПД преобразования тепловой энергии в электрическую – 37%;

общий КПД (процент от энергии угля) – 29,6%.

Таким образом, в расчете на газифицируемый под землей уголь общий энергетический КПД комплексного предприятия «ПГУ – электростанция» достигает 30%. С учетом неизбежных потерь угля и газового энергоносителя в недрах общий КПД такого предприятия реально должен составлять 22–25% [5, с. 52].

На наш взгляд, оценка перспектив развития ПГУ в Карагандинском бассейне должна предусматривать изучение данной проблемы в экономическом, геологическом и экологическом направлениях.

Экономический аспект рассмотрения вопроса позволит оценить возможности и перспективы, а также целесообразность развития метода ПГУ с точки зрения экономических показателей метода и сопоставить их с экономическими показателями традиционных способов разработки угольных месторождений – подземного и открытого.

В последние годы шахтная добыча угля в Карагандинском бассейне с переходом на глубокие горизонты связана со значительными техническими трудностями и большими капитальными

вложениями. Вызвано это в первую очередь осложнением горно-геологических и горнотехнических условий залегания углей на больших глубинах, а также проявлением горного давления при разработке угольных пластов. Все чаще возникают горные удары и внезапные выбросы угля и газа в горные выработки. Осложняются условия поддержания выработок и их проветривания, возрастают капитальные затраты на подготовку новых горизонтов. Как следствие всего этого, ухудшаются технико-экономические показатели работы шахт.

Изложенные трудности шахтной добычи угля на глубоких горизонтах не только не оказывают существенного отрицательного воздействия на отработку угольных пластов методом ПГУ, но и в ряде случаев могут способствовать улучшению ее показателей по сравнению с показателями на глубинах до 200–300 м. Специфика технологического процесса ПГУ: бесшахтная добыча (отсутствие человеческого труда под землей) и превращение угля на месте его залегания в горючий газ с последующей выдачей последнего на земную поверхность и транспортировкой потребителю.

Длительный опыт работы Ангренской (в Узбекистане) и Южно-Абинской (в России) станций, действовавших как на каменных, так и на бурых углях (обе станции прекратили свое существование в 1996 г.), показал, что способом ПГУ можно надежно в любое время года без применения труда рабочих под землей получать энергетический газ в промышленных масштабах и полностью заменить в котельных твердое и жидкое топливо энергетическим газом. Газ ПГУ как энергетическое топливо превосходит по своим технико-экономическим качествам любой уголь.

К преимуществам ПГУ можно также отнести: сокращение сроков и затрат на капитальное строительство шахт (не надо возводить дорогостоящего подземного сооружения, вести проходку многокилометровых горных выработок), увеличение производительности труда (на предприятиях ПГУ работают в несколько раз меньше людей, чем на самой маленькой шахте), снижение себестоимости конечной продукции и трудовых затрат на транспортно-погрузочные работы. Процесс подземной газификации и использования газа может быть легко автоматизирован и поддаваться дистанционному управлению. Переход на ПГУ выгоден, так как получение искусствен-

ного газа дешевле добычи нефти и природного газа. Наконец, на основе органического синтеза газа можно получить искусственные моторные топлива (бензин, метанол), водород, смолы, полимеры, удобрения, кормовые белки и другие химические вещества. Развитие же работ по химическому использованию газа ПГУ, получению заменителей природного газа, жидких углеводородов позволит в недалекой перспективе решить важнейшую экономическую проблему увеличения ресурсов углеводородного сырья в нашей республике.

Геологический аспект может использоваться с целью качественной и количественной оценки угольных месторождений бассейна с точки зрения пригодности их для ПГУ, подсчета запасов углей Карагандинского бассейна, разработка которых посредством их подземной газификации была бы более целесообразной, чем разработка данных угольных запасов традиционными методами.

Как показывает зарубежный опыт, предприятия ПГУ могут обрабатывать забалансовые запасы и запасы угля, заключенные в отдельных линзах. Возможна отработка запасов угля, оставленных в шахтах, завершивших свою эксплуатацию.

В настоящее время основное техническое направление предотвращения выбросов угля, газа и горных ударов – это опережающая отработка защитных пластов. В последние годы число лав, работающих под полной защитой, возросло в Карагандинском бассейне более чем в два раза. Научные исследования показывают принципиальную возможность применения подземной газификации для извлечения запасов угля из защитных пластов. При использовании подземной газификации для извлечения защитных пластов основной эффект достигается за счет разгрузки и дегазации массива пород.

Одним словом, методом ПГУ могут вовлекаться в эксплуатацию те месторождения, которые нельзя использовать традиционными методами или разработка которых связана с необоснованно высокими затратами. В этой связи следует иметь в виду, что в настоящее время под населенными пунктами Карагандинской области залегают 3,8 млрд т балансовых запасов угля (из них под Карагандой – 2141 млн т, под Шахтинском – 451 млн т, под поселками Актас, Дубовка, Новодолинка и Долинка – соответственно 409,

224, 180 и 135 млн т, под Волынским свинокомплексом – 201,5 млн т). Особенно тяжелое положение сложилось в г. Караганде, где на горных отводах шахт (не считая Нового города) расположено 645 тыс. м² жилой площади, 358 объектов соцкультбыта, 164 промышленных объекта, около 500 км инженерных коммуникаций.

Выявлено, что хотя подземной газификации могут быть подвергнуты любые марки углей, все-таки наиболее благоприятны для этой цели угли с существенным выходом летучих и ограниченным содержанием золы и влаги. Поскольку опыт подземной газификации тощих углей оказался негативным, их не следует включать в запасы, пригодные для ПГУ. Установлено также, что нижняя граница глубины разработки угольного пласта методом ПГУ определяется возможностями бурения эксплуатационных скважин и должна составлять порядка 1,2–1,5 км. Сегодня на отдельных шахтах Карагандинского бассейна глубина разработки превышает уже 600 м. Верхняя граница выгазовывания угольного пласта обуславливается возможностями нарушения земной поверхности в виде провалов и трещин. На сегодняшний день освоенный угол залегания газифицируемого угольного пласта составляет 0–60°. На шахтах Карагандинского бассейна угол залегания пластов колеблется в диапазоне 0–40°.

Экологический аспект проблемы развития метода ПГУ в Карагандинском бассейне может предполагать изучение преимуществ в вопросах охраны окружающей среды, которые обеспечивают как применение ПГУ вместо традиционных способов разработки угольных месторождений, так и использование газа ПГУ в качестве экологически чистого топлива вместо применения для этой цели угля.

Экологическая чистота предприятия ПГУ обуславливается двумя факторами: осуществлением подземной газификации, как правило, на большой глубине и при высоком давлении, а также безотходностью наземного комплекса предприятия ПГУ. Важно отметить, что при подземной газификации вся зола остается в выработанном пространстве, и земная поверхность оседает значительно меньше, чем при шахтной угледобыче. Утечки газа ПГУ практически отсутствуют. Только через газоотводящие скважины извлекается основной продукт (газ) и сопутствующие жидкие продукты. Аккуратное и безот-

ходное их использование в наземном комплексе обуславливает экологическую чистоту предприятия в целом.

Известно, что восстановление земель требует немалых средств. Между тем отвалы продолжают занимать огромные площади. Так, площадь нарушенных разрезами и шахтами Карагандинского бассейна земель составляет сейчас около 16 тыс. га. Особенно в связи с интенсивным ростом добычи угля открытым способом резко увеличились такие негативные явления, как загрязнение окружающей среды, выходы большого количества отходов, разубоживание. К тому же в новых угольных районах бассейна (Тентекский, Чурубай-Нуринский районы), где в основном нарушаются плодородные сельскохозяйственные угодья, восстановление земель практически не ведется. Не осваиваются имеющиеся проекты по рекультивации нарушенных земель и снятию плодородного слоя почвы с подрабатываемых территорий, что наносит большой ущерб земельным ресурсам. Сброс шахтных минерализованных и хозяйственно-бытовых сточных вод на рельеф местности приводит к дополнительному заболачиванию сельскохозяйственных угодий и уничтожению плодородного слоя почвы.

Как показывает мировой опыт, при использовании ПГУ уровень защиты окружающей среды весьма высок. Это способствует предотвращению роста заболеваемости населения, повышению комфортности жизни, снижению уровня миграции, уменьшению антропогенного и техногенного воздействия на флору, фауну, рельеф. Поскольку газификация угля в недрах сохраняет земную поверхность для сельскохозяйственных работ, нужно поскорее внедрить ее в угольную отрасль республики.

В связи с актуальностью проблемы ПГУ возникает необходимость коренного пересмотра позиций и отношения Правительства республики, Министерства энергетики и минеральных ресурсов, Национальной академии наук к народнохозяйственной проблеме более эффективного использования энергоресурсов за счет подземной газификации угля в Караганде. Целесообразно значительно расширить объем научно-исследовательских и опытных работ по разработке и совершенствованию технологии ПГУ применительно к горно-геологическим и экологическим условиям бассейна.

На наш взгляд, в условиях Карагандинского бассейна возможна организация принципиально новой технологии подземной газификации углей. Такая технология могла бы, например, реализовываться в форме химико-энергетического комплекса, включающего два вида коопераций технологических процессов: химическую и энергетическую.

Химическая кооперация (рис. 1) позволит получать из смолы и газа ПГУ сырье для синтеза

органических продуктов, а при необходимости и конечные продукты: сажу, полимеры, мономеры, поверхностно-активные вещества (ПАВ), красители, растворители для лаков и красок, искусственное жидкое топливо (ИЖТ). Глубокая очистка сточных вод позволит использовать обезвреженную воду в циклах охлаждения аппаратуры и для конверсии H_2S и CO из газа ПГУ.

Энергетическая кооперация (рис. 2) представляет собой экономически оправданное и экологич-

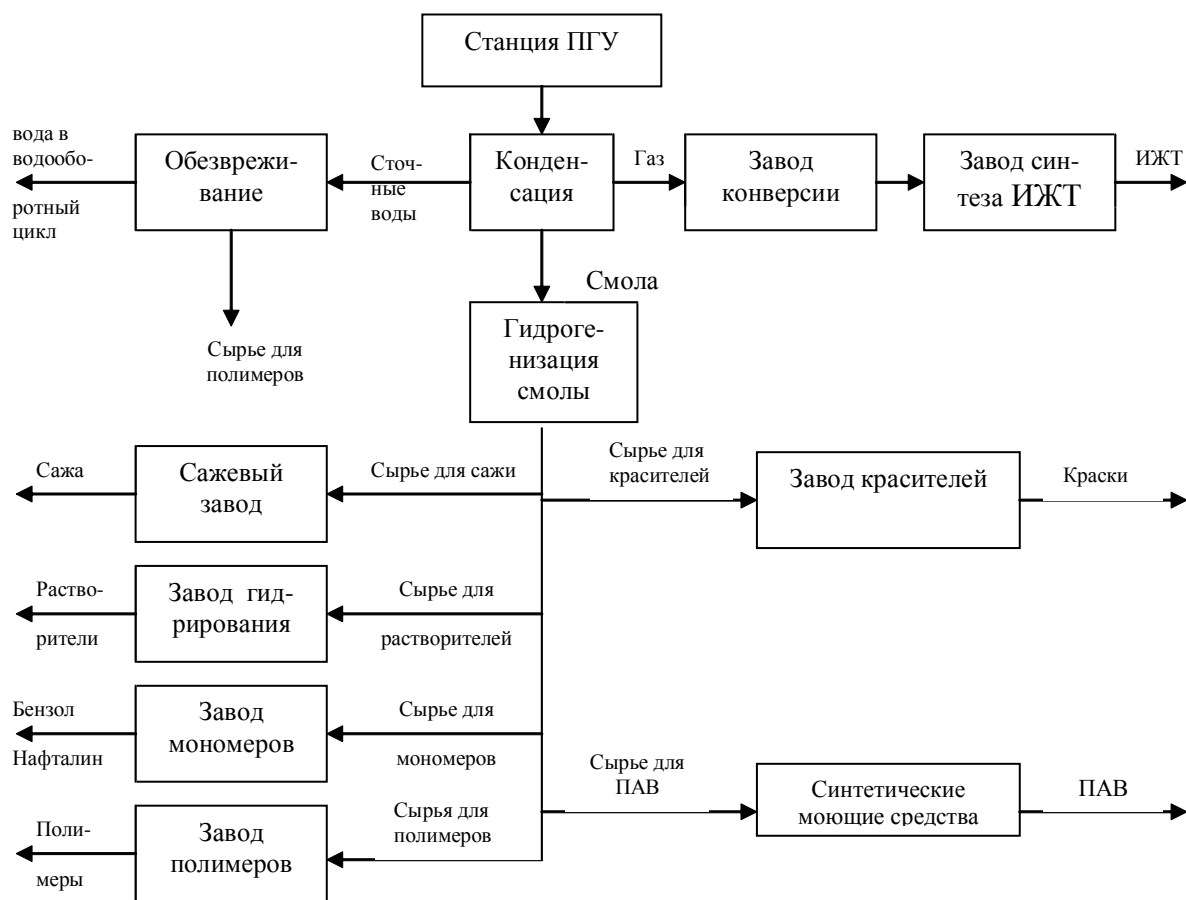
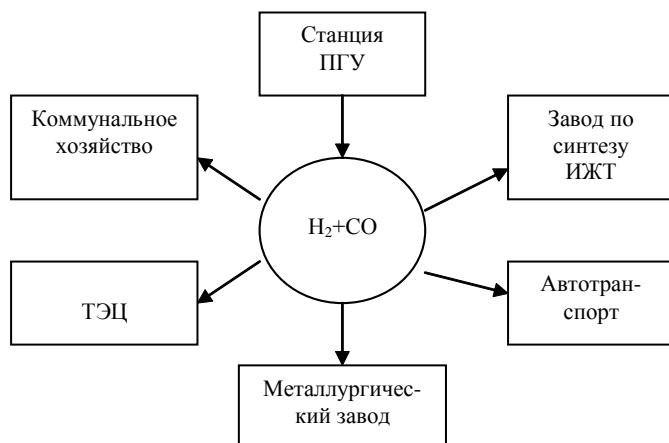


Рис. 1. Химическая кооперация технологических процессов по переработке продуктов ПГУ

Рис. 2. Энергетическая кооперация технологических процессов по переработке продуктов ПГУ



гически безопасное использование водорода и окиси углерода, полученных конверсией парогазовой смеси, производимой при подземной газификации углей: в черной металлургии – сокращение расхода кокса в доменной печи при выплавке чугуна; в энергетике – сжигание газа конверсии в котлах тепловых электростанций; на автотранспорте – выделение водорода и его использование для двигателей внутреннего сгорания; в коммунальном хозяйстве – централизованное теплоснабжение и бытовые нужды; в синтезе ИЖТ – использование химического потенциала газа конверсии парогазовой смеси подземного газогенератора.

Такой химико-энергетический комплекс на основе современной технологии ПГУ при его создании в Караганде может обеспечить дальнейшее развитие металлургии, энергетики, коммунального хозяйства, химических производств.

Помимо крупномасштабной кооперации различных производств в форме описанного химико-энергетического комплекса, возможна организация химической переработки продуктов ПГУ на базе отдельной станции подземной газификации углей.

Опыт разработки технологии ПГУ в других странах уже выработал наиболее рациональный порядок ее внедрения в определенных горно-геологических условиях: научные исследования, опытно-конструкторские работы, пилотная установка, промышленная станция ПГУ. Руковод-

ствуясь этим, научно-исследовательским и проектным институтам горного профиля, геологическим и эксплуатационным службам надо отобрать участок для ПГУ и определить место заложения станции подземгаза, подготовить технико-экономические обоснования ее строительства, рассчитать затраты на научно-исследовательские работы и капитальные вложения на развитие ПГУ. Следует заняться вплотную вопросом подготовки специалистов по ПГУ в горных вузах (факультетах) республики. Принимая во внимание важность проблемы перехода к ресурсосберегающим и безотходным технологиям, надо подумать над созданием в регионе на базе одного из НИИ координационного центра, которой занимался бы вопросами, требующими внедрения ПГУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Измалков А.В. Экологически чистые технологии использования угля // Уголь. 2004. №10. С. 46-48.
2. Чурсин Н.И. О перспективе подземной газификации угля // Уголь Украины. 1990. №1. С. 4-5.
3. Крейнин Е.В. Состояние и перспективы подземной газификации углей // Уголь. 1991. №6. С. 11-14.
4. Гринько Н.К. Неиспользованный потенциал угольной продукции // Уголь. 2003. №12. С. 40-42.
5. Крейнин Е.В. Проблемы и перспективы замещения природного газа в ТЭБе страны углем // Уголь. 2000. №7. С. 50-53.

УДК 622.693.4:662.62:622.33

Карагандинский государственный университет им. Е. А. Букетова

Поступила 14.03.06г.