

сетевого планирования ремонта и оперативного управления им, анализа хода ремонта на АЭС.

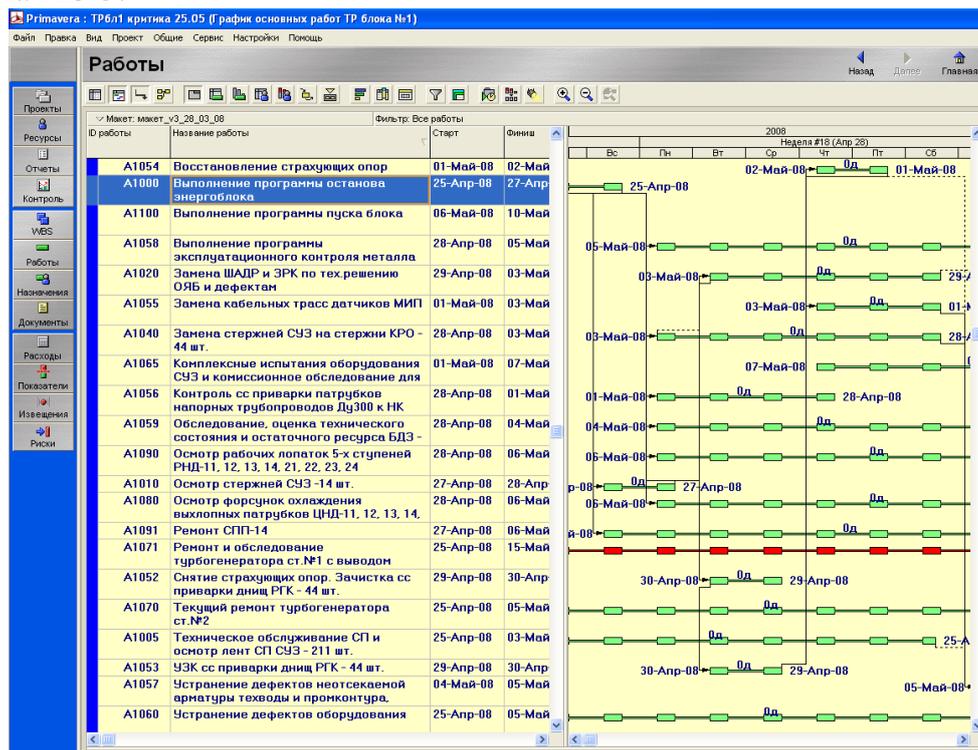


Рис. 2. График текущего ремонта блока АЭС с работами на критическом пути, введенными непосредственно в СУП Primavera

Внедрение информационных систем позволяет на 10–15 % повысить КИ-УМ энергоблока, на 20 % и более снизить затраты материальных и финансовых ресурсов на ремонт.

Однако существует значительный потенциал в совершенствовании планирования ТОиР и сокращении простоев в ремонте блоков АЭС. Как показывает анализ отчетов о расследовании нарушений в работе АЭС, около 50 % коренных причин находятся в области «недостатка управления и организации эксплуатации АЭС». При этом значительный вклад вносят недостатки планирования ТОиР.

УДК 662.767.2

Шерстнев В. И., Бородихина Е. В., Мифтахутдинов И. Д., Токманцев Д. В.  
Уральский государственный горный университет,  
albert3179@mail.ru

## БИОГАЗОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – БУДУЩЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Биогаз – вещество, которое получается путем метанового брожения биомассы. Процесс разложения биомассы протекает под воздействием трех разных бактерий. Разложение идет по цепочке, и в результате следующие бактерии по-

требляют продукты жизнедеятельности предыдущих. Самые первые бактерии, участвующие в процессе, гидролизные, вторые – кислотообразующие, а третьи – метанообразующие. При производстве биогаза задействуются не только бактерии – метаногены, но и остальные два вида. Его основные компоненты: метан ( $\text{CH}_4$ ) – 55–70 % и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) – 28–43 %, а также в очень малых количествах другие газы, например – сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Однако после очистки биогаза от  $\text{CO}_2$  и сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) получается биометан, который является полным аналогом природного газа и может закачиваться в газопровод.

Поскольку разложение органических отходов происходит за счет деятельности определенных типов бактерий, существенное влияние на него оказывает окружающая среда. Так, количество вырабатываемого газа в значительной степени зависит от температуры: чем теплее, тем выше скорость и степень ферментации органического сырья. Существуют определенные требования и к сырью: оно должно быть подходящим для развития бактерий, содержать биологически разлагающееся органическое вещество и в большом количестве воду (90–94 %). Желательно, чтобы среда была нейтральной и без веществ, мешающих действию бактерий: например, мыла, стиральных порошков, антибиотиков.

Принципиальным является то, что чем меньше частички субстрата, тем лучше. Чем больше площадь взаимодействия для бактерий и чем более волокнистый субстрат, тем легче и быстрее бактериям разлагать субстрат. Кроме того, его проще перемешивать, смешивать и подогревать без образования плавающей корки или осадка. Длительность периода брожения измельченного сырья влияет на количество произведенного газа. Чем короче период брожения, тем лучше должен быть измельчен материал. При достаточно длительном периоде брожения количество выработанного газа увеличится. При использовании измельченного зерна этого уже удалось достичь через 15 дней.

Сырьем для получения биогаза может служить широкий спектр органических отходов – твердые и жидкие отходы агропромышленного комплекса, сточные воды, твердые бытовые отходы, отходы лесопромышленного комплекса. Количество получаемого биогаза на выходе напрямую зависит от вида сырья и содержания сухого вещества. Так, из тонны навоза скота можно получить от 30 до 50 м<sup>3</sup> биогаза, в котором метана 60 %. Из разных видов растений можно получать от 150 до 500 м<sup>3</sup> биогаза, в котором метана до 70 %. Больше всего биогаза (около 1300 м<sup>3</sup>) с метаном до 87 % выделяется из жира.

86 % биогазового потенциала содержится в сельскохозяйственном сырье и лишь 8 % в промышленных и коммунальных отходах.

Теплота сгорания биогаза напрямую зависит от содержания в нем метана. В среднем данная величина составляет 6,0 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Результаты исследований, направленные на сравнение биогаза с другими горючими газами, показали, что обычный домашний биогаз имеет немного более низкую теплоту сгорания в сравнении с пропаном, что обуславливается его объемом, однако эта температура в два раза выше, чем у водорода.

При плотности 1,2 кг/м<sup>3</sup> биогаз несколько легче воздуха. Этот факт очень важен, поскольку, по этой причине, вытекающий биогаз не собирается у пола

или в углублениях, как более тяжелый пропан. При утечке он быстро смешивается с воздухом, благодаря чему уменьшается вероятность взрыва. Но данный факт не должен стать причиной халатного обращения с биогазом! Также температура возгорания в 700 °С является достаточно высокой, а это также является ощутимым преимуществом со стороны безопасности в эксплуатации.

В силу присутствия в биогазе  $\text{CO}_2$  он имеет довольно узкие пределы зажигания. В сравнении с ним водород и пропан имеют более широкие пределы воспламенения, а значит – они более опасны.

Биогаз часто используется для получения тепла и электроэнергии. Также в небольшом объеме биогаз используется в некоторых странах, например, в Швеции, в качестве топлива для транспорта (в основном для общественного).

Рынок биогаза на сегодняшний момент наиболее развит в странах ОЭСР, это объясняется тем, что именно развитые страны первыми внедрили программы перехода к альтернативным источникам энергии и планомерно поддерживали инициативы, направленные на внедрение новых технологий.

Биогазовая отрасль производит не один конечный продукт, а целый спектр дорогих и важных продуктов и без ущерба экологии:

1. Тепло – от охлаждения генератора или от сжигания биогаза. Полученное тепло можно использовать для обогрева построек, приведения в действие рефрижераторных установок, получения пара и кипяченой воды для обслуживания скота.

2. Электричество – из 1 м<sup>3</sup> биогаза можно выработать около 2 кВт·ч электроэнергии.

3. Биогаз – его можно сжимать, накапливать, перекачивать излишки, продавать. Существуют модели автомобилей, которые используют в качестве топлива газ. Эти машины могут без дополнительной адаптации заправляться биометаном. Сейчас появляются первые заправокные биогазовые станции. В Швеции и Швейцарии биометан уже долгое время используется в городских автобусах (Volvo, Skania) и грузовых машинах.

4. Удобрения – получают в виде переброженной массы, являются экологически чистыми, жидкими и твердыми удобрениями, лишенными нитритов, семян сорняков, болезнетворной микрофлоры, специфических запахов. Расход таких удобрений составляет 1–5 т вместо 60 т необработанного навоза для обработки 1 га земли. В полученное удобрение могут добавляться фосфорные, калийные или другие удобрения, в зависимости от культур, под которые будут использоваться удобрения. Испытания показывают увеличение урожайности в 2–4 раза.

5. Утилизация органических отходов – биогазовые установки могут устанавливаться как очистные сооружения на фермах, птицефабриках, спиртовых заводах, сахарных заводах, мясокомбинатах, что повышает санитарно-гигиеническое состояние этих предприятий.

Решение экологических проблем – производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу, снизить применение химических удобрений, сократить нагрузку на грунтовые воды.

Ежегодно в России образуется до 300 млн т сухих органических отходов. Из них 250 млн т в сельском хозяйстве, а остальные 50 млн т как бытовой мусор. Эти цифры говорят о том, что в случае полной переработки можно получить более 90 млрд м<sup>3</sup> биогаза.

Вот что говорит глава правления E.ON Ruhrgas Бернхард Ройтерсберг (Bernhard Reutersberg): «Биогаз – это одновременно гарантия снабжения, эффективность использования и защита климата, поэтому он является частью нашей ориентированной в будущее стратегии энергообеспечения».

УДК 662.7

Шерстнев В. И., Обухова А. А., Токманцев Д. В., Бородихина Е. В.  
Уральский государственный горный университет,  
albert3179@mail.ru

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДРОСЛЕЙ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БИОТОПЛИВА**

Водоросли как энергетическая растительность представляются сегодня в мире очень перспективным возобновляемым сырьем для производства биотоплива. В малой энергетике весьма эффективными объектами полезного использования водорослевых топлив могут стать различные тепловые поршневые электростанции.

Биотопливо, являясь возобновляемым энергоносителем, должно составлять все большую и большую конкуренцию традиционным исчерпаемым природным энергетическим богатствам, таким как нефть и природный газ. Сегодня специалистами в области биоэнергетики рассматриваются два определенно возможных направления энергетического использования водорослей: прямое сжигание водорослевой биомассы и ее переработка в жидкое моторное топливо – биодизель. Оба направления принципиально актуальны в малой тепловой энергетике, только первое – для реализации в водогрейных котельных и мини-ТЭЦ на базе паровых котельных, а второе – все же больше для тепловых поршневых мини-электростанций с дизельными двигателями.

Отличительная особенность водорослей, если сравнивать с сырьем для биотоплив первого и второго поколений, проявляется и в том, что их разведение может быть организовано в водоемах, как незадействованных, так и используемых для нужд сельского или рыбного хозяйства, либо в специальных фотобиореакторах, то есть установках, где создаются и поддерживаются благоприятные условия выращивания водорослей. Кроме этого, водорослевая растительность поглощает при своем росте в процессе фотосинтеза, помимо солнечных лучей, еще и углекислый газ, что улучшает экологическую обстановку в прилегающих к водоему зонах. Масляный и жировой составы водорослей по структуре молекул не отличаются от тех, что у нефти.