

2. Правила по охране труда в сельском и рыбном хозяйствах: Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 5 мая. 2022 г, № 29/44 // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2022. – № 8/38408.

3. ТКП 339-2022 (33240) Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний.

4. Сивяков, Б. К. Электрическое и магнитное поля высоковольтной воздушной линии на удалении от нее / Б.К. Сивяков, А. А. Скрипкин, Д. Б. Сивяков, А. В. Цыганков // Вес. Саратовск. гос. техн. ун-та имени Гагарина Ю. А. Физико-математические науки. Энергетика. – 2015. – № 3. – С. 200–206.

5. Игаева, М. Л. Обнаружение воздушных линий электропередач по наведённому электрическому полю / М. Л. Игаева, А. В. Хабаров // Датчики и системы. – 2009, – №4. – С. 35–37.

6. Долин, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. – Учебное пособие для вузов. Издание 2-е, переработанное и дополненное. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 438 с.

7. Жилейкин, М.М. Модель расчета наведенного напряжения на антенном блоке самоходных стреловых кранов в электромагнитном поле линий электропередачи / М.М. Жилейкин, В.А. Рошин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018, – №3. – С. 55–61.

Summary. In order to minimize traumatism during the operation of large-size agricultural machinery, there were investigated the methods allowing to make an accurate calculation of EMF intensity.

In the investigated methods, there was singled out one proposed by M.M. Zhileikin and V.A. Roshchin, which allows to reveal the factors influencing the accuracy of measurement of induced voltage in ABs by AB sensors and on the basis of the obtained results it is possible to adjust the thresholds of operation of the power line signaling device.

УДК 628.336.61/62

Молош Т.В., кандидат технических наук, доцент;

Корчик С.А., старший преподаватель;

Железниченко А.Е., студентка

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, Республика Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Аннотация. Приводится анализ причин аварий и несчастных случаев при эксплуатации биогазовых установок. Рассматриваются мероприятия по снижению рисков воздействия различных производственных факторов на состояние производственной безопасности.

Abstract. The analysis of causes of accidents and accidents in operation of biogas plants is given. Measures to reduce the risks of various factors affecting occupational safety are considered.

Ключевые слова. биогазовые установки, биогаз, травматизм, производственная безопасность, риски, мероприятия.

Keywords. biogas plants, biogas, injuries, occupational safety, risks, activities.

Современные животноводческие комплексы обеспечивают получение высоких производственных показателей. Применяемые технологические решения позволяют полностью соблюдать требования действующих санитарно-гигиенических норм в помещениях самих комплексов. Биокомплекс предлагает комплексное решение по вопросам утилизации жидкого навоза, которое включает ускоренную переработку в современных биогазовых установках.

В процессе переработки, в ускоренном режиме протекают естественные процессы разложения органики с выделением газа включающего: метан, CO_2 , серу, и т.д. Получаемый газ не выделяется в атмосферу, вызывая парниковый эффект, а направляется в специальные газогенераторные (когенерационные) установки, которые вырабатывают электрическую и тепловую энергию. Разложение биомассы происходит в результате химико-физических процессов и симбиотической жизнедеятельности 3-х основных групп бактерий, при этом продукты метаболизма одних групп бактерий являются продуктами питания других групп, в определённой последовательности. Первая группа – гидролизные бактерии, вторая – кислотообразующие, третья – метанообразующие. В качестве сырья для производства биогаза могут использоваться как органические агропромышленные или бытовые отходы, так и растительное сырьё. Наиболее распространёнными видами отходов АПК, используемыми для производства биогаза, являются: навоз свиней и КРС, помёт птицы; остатки с кормового стола комплексов КРС; ботва овощных культур; некондиционный урожай злаковых и овощных культур, кукурузы; жом и меласса; мучка, дробина, мелкое зерно, зародыши; дробина пивная, солодовые ростки, белковый отстой; отходы крахмало-паточного производства; выжимки фруктовые и овощные; сыворотка и пр.

Биогазовые проекты в агропромышленном секторе могут быть созданы по различным вариантам, например, производство биогаза из отходов отдельного предприятия (например, навоза животноводческой фермы, жома сахарного завода, барды спиртового завода).

Наиболее распространённым способом энергетического использования биогаза является сжигание в газопоршневых двигателях в составе мини-ТЭЦ, с производством электроэнергии и тепла.

Существуют различные варианты технологических схем биогазовых станций – в зависимости от типов и количества видов применяемых субстратов. Использование предварительной подготовки, в ряде случаев, по-

звolyет добиться увеличения скорости и степени распада сырья в биореакторах, а, следовательно, увеличения общего выхода биогаза. В случае применения нескольких субстратов, отличающихся свойствами, например, жидких и твёрдых отходов, их накопление, предварительная подготовка (разделение на фракции, измельчение, подогрев, гомогенизация, биохимическая или биологическая обработка, и пр.) проводится отдельно, после чего они либо смешиваются перед подачей в биореакторы, либо подаются раздельными потоками.

Технологические схемы биогазовых установок бывают различными в зависимости от вида числа перерабатываемых субстратов, от вида и качества конечных целевых продуктов, от того или иного используемого технологического решения, и ряда других факторов. Наиболее распространёнными на сегодняшний день являются схемы с одноступенчатым сбраживанием нескольких видов субстратов, одним из которых обычно является навоз.

Основными структурными элементами схемы типичной биогазовой установки являются:

- система приёма и предварительной подготовки субстратов;
- система транспортировки субстратов в пределах установки;
- биореакторы (ферментеры) с системой перемешивания;
- система обогрева биореакторов;
- система отвода и очистки биогаза от примесей сероводорода и влаги;
- накопительные ёмкости сброженной массы и биогаза;
- система программного контроля и автоматизации технологических процессов. [1]

Во время технологического процесса производства биогаза возможно возникновение опасных и вредных производственных факторов: движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхности оборудования; пониженная температура воздуха в холодный период года; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; повышенная или пониженная влажность; повышенная подвижность воздуха; повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которого может пройти через тело человека; повышенное напряжение электрического поля; токсические и раздражающие вещества.

За последние годы активного использования биогазовых установок накоплен большой опыт обеспечения надёжности и безопасного функционирования, а также выявлены факторы, способствующие аварийности и негативному воздействию на окружающую среду.

Основными опасностями при эксплуатации биогазовых установок являются пожары и взрывы, токсичные вещества, патогенные микроорганиз-

мы, шум, поражение электрическим током. Процесс анаэробного сбраживания биомассы и отходов связан с высокими рисками (для здоровья и для окружающей среды) при эксплуатации и техническом обслуживании. Аварийными ситуациями при получении биогаза могут быть: утечки газа из мест хранения и распространения; наличие в сырье для производства биогаза опасных веществ; утечки из резервуара для хранения отходов или сети их подачи; выход из строя оборудования пожаротушения вследствие переполнения резервуаров из-за сильных ливней; заклинивание клапанов и образование избыточного давления в котлах для сжигания биогаза.

Анализ показал, что отдельные части установки: котел, система подачи сырья, насосы, трубы, клапаны и приводы особенно уязвимы, и их сбой приводит к разгерметизации и утечкам. Установлено, что большинство аварийных ситуаций происходило на площадках хранения субстратов, загружаемых в биогазовые установки. Поэтому пожаро-взрывобезопасность биогазовых установок – одно из важнейших направлений в защите людей и окружающей среды ввиду тяжелых последствий этих факторов для человека. Метан, составляющий от 50 до 75% биогаза, образует взрывоопасные смеси в воздухе, поэтому при сооружении и эксплуатации биогазовой установки нужно соблюдать особые меры безопасности. Также существуют другие опасности: удушье, отравление, механические повреждения (защемление подвижными частями установки). При эксплуатации биогазовых установок происходили случаи взрывов с тяжелыми последствиями для персонала. Анализ произошедших аварий со взрывами позволяет выделить следующие группы: аварии, связанные с хранением и транспортировкой биогаза, а также с получением биогаза в процессе для анаэробного сбраживания. [3]

В процессе эксплуатации биогазовых установок, особенно вблизи от резервуаров, где происходит брожение, и газгольдеров следует учитывать не только возможность образования взрывоопасных смесей газов и воздуха, а также повышенную опасность возникновения пожаров. Основные способы снижения риска – это недопущение появления источника возгорания и предотвращение утечек метана и создания взрывоопасной среды.

В отношении оборудования защитных систем, предназначенных для использования в потенциально взрывоопасных средах следует рассматривать пространства с риском взрыва, т.е. определять различные зоны, в которых возможно возникновение взрывоопасных концентраций метана. В зависимости от вероятности образования взрывоопасной атмосферы различные части установки разделены на взрывоопасные зоны. В биогазовых установках, например, биореактор, опасное состояние которого создается, когда воздух поступает внутрь. В каждой зоне необходимо проводить мероприятия по маркировке, профилактике и обеспечению безопасности.

Для уменьшения риска пожара, биогазовые установки должны быть разделены на сектора противопожарной защиты. Потенциальными источниками воспламенения могут быть электрические и механические искры, открытое пламя, горячие поверхности и статическое электричество, удары молнии. Расстояния, которые необходимо соблюдать между секторами зависят от объема резервуара и выбора материала стен конструкций. Пожаробезопасное расстояние от газгольдеров до других элементов установки может изменяться от 3 до 20 метров.

Если биогаз имеет большую концентрацию, его вдыхание может приводить к отравлению и удушью вплоть до смертельного исхода. Если биогаз не очищен от серы, то сероводород оказывает сильное токсическое воздействие. В частности, содержащийся в биогазе сероводород уже в незначительных концентрациях обладает сильным токсическим воздействием. В закрытых или расположенных в углублениях помещениях может наступать удушье вследствие вытеснения кислорода биогазом. Поэтому в закрытых помещениях (вокруг газгольдеров) должна быть обеспечена достаточная вентиляция. При работах в потенциально опасных зонах (реакторы, шахты техобслуживания, газохранилищах) нужно использовать средства личной защиты (средства защиты органов дыхания, газовые детекторы и др.)

Помимо уже упомянутых причин, при эксплуатации биогазовых установок существуют и другие факторы, способствующие несчастным случаям. К ним относится риск падения с лестниц или в открытые отверстия для заполнения, такие как дозаторы твердых веществ и шахты техобслуживания. Для предотвращения падений необходимо применять защитные устройства, такие как крышки и решетки. Кроме того, подвижные элементы установок, включая шнеки и валы мешалок, представляют собой дополнительные источники опасности, которые должны быть должным образом обозначены. [4]

На участках рядом с блоком ТЭЦ вследствие неправильного обслуживания или из-за дефектов возможно поражение электротоком со смертельным исходом (сила тока может достигать сотни ампер). Эта опасность исходит от мешалок, насосов, транспортировочного оборудования, которые имеют большую электрическую мощность.

Для предотвращения несчастных случаев при эксплуатации биогазовых установок на соответствующих частях оборудования следует размещать хорошо видимые предупредительные указания и соответствующим образом инструктировать персонал.

Работа биогазовых установок должна быть организована так, чтобы выполнялись требования здоровья персонала и охраны окружающей среды. Следует исключить хранение отходов под открытым небом, уменьшая тем

самым выбросы в атмосферу метана и загрязнение воздуха азотистыми соединениями, имеющими неприятный запах. Необходимо соблюдать предохранительные меры для предотвращения заражения обслуживающего персонала биогазовых комплексов патогенной микрофлорой, содержащейся в осадках сточных вод и отходах сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников

1. Рубцов, А. В. Биогазовые установки. Характеристика биогазовых установок / А. В. Рубцов. // Молодой ученый. – 2022. – № 46 (441). – С. 37–41. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/441/96472>. – Дата доступа: 05.05.2025.
2. ТКП 17.02-03-2010 «Охрана окружающей среды и природопользования. Правила размещения и проектирования биогазовых комплексов»
3. Биогазовая установка // Alter220.ru : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alter220.ru/bio/biogazovaya-ustanovka.html#i-10>. – Дата доступа: 05.05.2025.
4. Барбара Эдер. Биогазовые установки: практическое пособие /Барбара Эдер, Хайнц Шульц – Издано в 1996г. Перевод с немецкого выполнен компанией Zorg Biogas в 2011 г. Под научной редакцией И.А. Реддих. – 268 с.

Summary. The operation of biogas plants should be organized in such a way that the requirements of health and environmental protection are met. The storage of waste in open air should be eliminated, thereby reducing methane emissions and nitrogen pollution to the air with an unpleasant odour. Precautions must be taken to prevent the contamination of service personnel of biogas complexes with pathogenic microflora contained in sewage sludge and agricultural waste.