

стически значимыми отклонениями температур воздуха, полученными по реальным метеорологическим данным для территории Беларуси.

4. Значения температур воздуха ( $T_{\max}$ ) и ( $T_{\min}$ ) с годовой вероятностью превышения, отличной от  $p=0,02$ , предлагается рассчитывать по формулам (2) и (3) с использованием следующих ко-

эффициентов, полученных нами для территории Беларуси:  $k_1=0,827$ ;  $k_2=0,044$ ;  $k_3=0,608$ ;  $k_4=-0,101$ .

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- EN 1991-1-5:2003 «EUROCODE 1: Actions on structures. Part 1-5: General actions – Thermal actions» (ЕН 1991-1-5:2003. Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1-5: Общие воздействия. Температурные воздействия).

Материал поступил в редакцию 09.03.10

#### VALUYEV V.Ye., MESHIK O.P. Modern approaches to an estimation of temperature influences on a design of buildings and constructions

In article modern approaches to an estimation of temperature influences on a design of buildings and constructions are stated. Maps of isotherms of the maximum and minimum temperatures of external air for territory of Belarus are constructed. The technique of definition of temperatures of air is specified at probabilities of excess differing from  $p=0,02$ .

УДК 534.142, УДК 628.3

Новосельцев В.Г., Нагурный С.Г.

### ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВОК С ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

**Введение.** Ежегодно в республике образуется более 80 тыс. т осадков сточных вод (в пересчете на сухое вещество). Большая масса осадков сточных вод накапливается, занимая значительные площади плодородных земель. Целесообразно использовать осадки в качестве удобрения, так как они содержат комплексы биогенных элементов.

По данным известных исследований число спорообразующих бактерий в осадках снижается лишь в результате их термической сушки. Известные исследования термически высушенного осадка показывают полное отсутствие жизнеспособных яиц гельминтов, кишечных палочек и сальмонелл. Термическая сушка обеспечивает наиболее устойчивую эффективность обеззараживания и обезвреживания осадков, что определяет актуальность исследований этого процесса.

#### Анализ методов термической обработки осадков сточных вод

**Сушка и сжигание.** Для сушки осадков применяют конвективные сушилки. В качестве сушильного агента используют топочные газы, перегретый пар или горячий воздух, наиболее часто – дымовые газы при температуре 500...800°C. Применяют сушилки различной конструкции: многоподовые, барабанные, ленточные, петлевые, с кипящим слоем, распылительные и вакуум-установки.

Осадки подвергаются сжиганию, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна, территория для их складирования ограничена или отсутствует, а также в тех случаях, когда это допускается санитарно-гигиеническими соображениями. Технологическое и конструктивное оформление процесса сжигания зависит от условий и режима окисления и разложения осадков сточных вод.

Наибольшее распространение при сжигании осадков сточных вод получили процессы сжигания, т.е. окисления и разложения, протекающие в интервале температур 700...1500°C.

На нагревание осадка до температуры 100°C, затем на его сушку при температуре около 200°C расходуется основное количество тепла и основное время. Эти параметры также влияют на выбор габаритов основного и вспомогательного оборудования, а следовательно, определяют стоимость и технико-экономические показатели в целом.

Возгорание осадка происходит при температуре 200...500°C вследствие тепловой радиации факела и раскаленных стенок камеры сжигания, а также конвекционной теплопередачи дымовых газов. Прокаливание зольной части осадка завершается его охлаждением до температуры, при которой золу можно вывозить за пределы площадки.

В настоящее время основное распространение получили печи кипящего слоя, многоподовые и вращающиеся барабанные печи [1].

**Тепловая обработка осадка.** В ряде стран получила распространение тепловая обработка осадка перед обезвоживанием. Сущность метода состоит в прогревании осадков при температуре 140...200°C и соответствующем давлении.

*Установки для термовибрационной обработки осадка.* Анализируя топочные устройства, используемые в вышеуказанных методах, можно сделать следующие выводы:

- Обычные способы сжигания требуют значительного топочного объема для надежного дожига топлива, а также коэффициента избытка воздуха существенно большего единицы. Это ведет к большим капитальным затратам и перерасходу энергии на тягу и дутье. Поэтому требуются интенсифицированные методы сжигания топлив, причем без дополнительных расходов энергии.
- Способы сжигания существующих установок требуют существенного расхода энергии на преодоление аэродинамического сопротивления топочных устройств (слой, циклон).
- Высокие показатели топочного режима в существующих топках достигаются усложнением конструкции и эксплуатации.

Существует установка для термовибрационной обработки осадков сточных вод, разработанная специалистами кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ [2]. Она может быть использована как эффективное устройство для термической обработки осадков сточных вод.

Принципиальная схема термовибрационной обработки осадков показана на рис. 1.

При использовании камеры пульсирующего горения (КПГ), по сравнению с традиционными стационарными котельными установками, имеется экономия теплоресурсов.

Для данной установки можно применить правило Рэлея (совпадение положительных фаз давления и тепловыделения), в случае теплообмена, оно дополняется новым условием попадания максимума теплоотвода в фазу давления, т.е. к центру диска в данной установке, что удобно реализуется теплотехнически в компактной установке с помощью применения металлического диска небольшой толщины. В установке часть энергии газов расходуется на сообщение потоку возвратно-поступательного движения; в нашем случае, при подведении теплоносителя к центру диска, мембрана выполняет вибродвижение. При таком колебательном процессе происходит относительное снижение энтальпии газа, и его можно описать зависимостью:

$$\varepsilon = \frac{E_n - E_{cm}}{E_{cm}} = 1,5 \cdot \left( \frac{V_a}{V_{cm}} \right)^2,$$

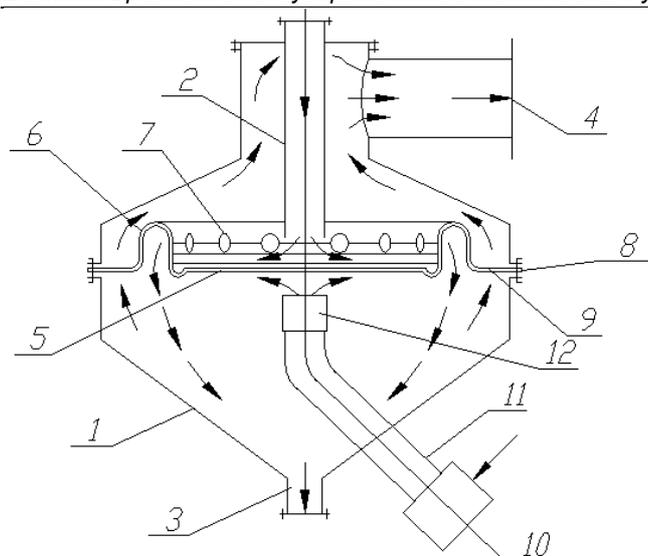
где  $E_{n,cm}$  – кинетическая энергия пульсирующего и стационарного потоков;

$V_{a,cm}$  – амплитудная и средняя скорость.

Новосельцев Владимир Геннадьевич, к.т.н., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

.Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

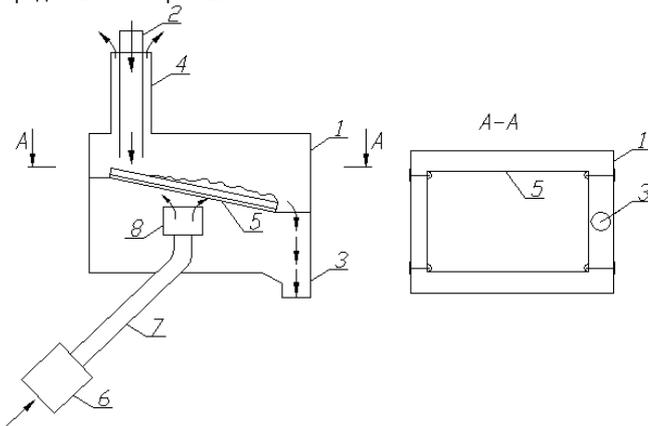


**Рис. 1.** Принципиальная схема термовибрационной обработки осадков 1 – круглый вертикальный корпус, 2 – подводящий патрубок для центрального ввода исходного осадка или суспензии, 3 – патрубок для отвода обрабатываемого осадка или суспензии, 4 – патрубок для отвода образующихся газов, 5 – горизонтальный греющий виб-рационный диск, 6 – П-образный компенсатор, 7 – компенсатор с отверстиями, 8 – фланец, 9 – отверстие во фланце, 10 – камера пульсирующего горения, 11 – резонансная труба, 12 – патрубок для центрального подвода теплоносителя к диску

За счет малого коэффициента избытка воздуха  $\alpha=(1,01...1,05)$ , сниженного температурного режима работы компактной установки по обработке осадков, малого пребывания во времени в топочном объеме выхлопных газов из КПГ, существенно снижается  $NO_x$ , по сравнению с топочным устройством со стационарным горением.

За счет пульсирующего горения, диск в компактной установке, производит колебательные движения, при этом, осадок нагревается, испарение влаги интенсивно уже при температуре  $70^{\circ}C$ , гибель яиц гельминтов до 95%, а при температуре  $80^{\circ}C$  – яйца гельминтов погибают полностью, что было подтверждено на экспериментальной установке [3].

Предлагаемая авторами статьи усовершенствованная установка представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Установка для термовибрационной обработки осадков сточных вод

1 – прямоугольный вертикальный корпус, 2 – патрубок для подвода исходного осадка, 3 – патрубок для отвода обработанного осадка, 4 – патрубок для отвода паровоздушной смеси, 5 – наклонный греющий диск с вертикальными стенками, 6 – камера воспламенения с форсункой и вентилятором, 7 – резонансная труба, 8 – патрубок для центрального подвода теплоносителя

Установка работает следующим образом: обрабатываемый осадок подается в прямоугольный вертикальный корпус 1 по патрубку 2 на наклонный греющий диск с вертикальными стенками 5 и растекается по его поверхности в виде тонкого слоя, а оттуда через нижнюю часть диска 5 стекает в виде струек в нижнюю часть корпуса 1 и по патрубку 3 отводится за пределы установки. Топливо форсункой и воздух вентилятором подаются в камеру воспламенения 6, откуда продукты сгорания с температурой  $600...1000^{\circ}C$ , частотой  $30...90$  Герц по резонансной трубе 7 поступают в патрубок 8.

При обтекании диска 5 скоростным пульсирующим высокотемпературным потоком диск вибрирует, при этом амплитуда колебания центра диска 5 составляет  $0,5...5$  мм, а обрабатываемый осадок подвергается контактному нагреву в режиме вибрационного перемешивания. Наклонный греющий диск 5 плотно закрепляется к стенкам корпуса 1. Теплоноситель в виде паровоздушной смеси по патрубку для отвода паровоздушной смеси 4 отводится за пределы установки.

Достоинства установки – снижение капитальных затрат за счет интенсификации физико-химических процессов, приводящих к значительному их ускорению, небольшие размеры установок (около  $1...2$  м), небольшая стоимость, сокращения потребности энергии, а также простота самой установки, не требующей высококвалифицированного обслуживающего персонала

Недостатком предложенной конструкции является излучение шума от работающей установки пульсирующего горения – около  $120$  дБ. На следующем этапе исследований предполагается разработать мероприятия по глушению шума в предложенной установке.

#### Заключение

1. Наиболее устойчивую эффективность обеззараживания и обезвреживания осадков сточных вод обеспечивает термическая очистка – сушка и сжигание.
2. Существующие установки термической сушки имеют ряд недостатков, они дороги и энергоемки.
3. Существует установка для термовибрационной обработки осадков сточных вод, использующая высокоэффективный процесс сжигания топлива – пульсирующее горение. Наряду с высокой эффективностью установка имеет некоторые недостатки: невозможность равномерного удаления обработанной суспензии с диска, отсутствие предварительного подогрева обрабатываемой суспензии.
4. В статье описана предложенная впервые усовершенствованная конструкция установки для термовибрационной обработки осадков сточных вод. Достоинствами установки являются: снижение капитальных затрат за счет интенсификации физико-химических процессов, приводящих к значительному их ускорению; небольшие размеры установок (около  $1...2$  м); небольшая стоимость; сокращения потребности энергии, а также простота самой установки, не требующей высококвалифицированного обслуживающего персонала. Недостатком является излучение шума от работающей установки пульсирующего горения – около  $120$  дБ.
5. Предложенная установка термовибрационной обработки осадков сточных вод может быть использована на очистных станциях канализации для обработки осадков сточных вод перед утилизацией.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков. – Москва: Стройиздат, 1990. – С. 82–90.
2. Пат. 2105 Респ. Беларусь, С 02F 11/12, В 01D 1/14, / В.С. Северянин, Е.И. Дмухайло, В.Н. Яромский, Н.И. Комар, Э.Н. Комар / Устройство для тепловой обработки суспензий, заявитель Брестский политехнический институт – № 950211; заявл. 19.04.95; опубл. 30.06.98 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 1998. – № 2(17). – 121 с.
3. Северянин, В.С. Термовибрационная обработка осадков сточных вод / В.С. Северянин, Н.И. Комар, Э.Н. Комар // Труды Международной научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и охраны окружающей среды г. Брест, 1998. – С. 121–126.

Материал поступил в редакцию

УДК 628.356

**Магрел Лех, Брылка Ежи, Пойта Л.Л., Яловая Н.П.**

## БИОТОПЛИВО – СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

**Введение.** Современные урбоземосистемы главным образом существуют за счет традиционных невозобновляемых источников энергии. Энергия, необходимая человечеству в огромных количествах, используется преимущественно в виде электричества и теплоты. Работа предприятий, производящих тепловую и электрическую энергию на основе использования минерального сырья приводит часто к необратимым изменениям в окружающей природной среде.

Рост мирового энергопотребления связан с быстрым развитием научно-технического прогресса. Однако ограниченные запасы природных источников и риск загрязнения окружающей среды вынуждают вести поиск альтернативных нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Эти источники практически неисчерпаемы. НВИЭ – это геотермальные воды, биоресурсы, солнце, ветер, приливы и отливы в морях и океанах, а также теплота твердого массива Земли, находящегося на больших глубинах. Все они замечательны тем, что их использование не только позволяет уменьшить количество сжигаемого топлива, но и полностью исключает какое-либо загрязнение окружающей среды, если не считать шума от работы крупных ветроэнергетических установок, что требует их размещения на определенном расстоянии от населенных пунктов.

Очевидно, что использование НВИЭ следует считать весьма перспективным, тем более что их интенсивность и резервы достаточно велики. Особенно большие перспективы открываются перед использованием солнечной энергии и Земли: современная солнечная энергия создает возобновляемое топливо с помощью ветра, текущей воды, солнечного излучения, в то время как Земля является источником геотермального тепла и энергии, связанной с расщеплением атома.

**Источники возобновляемой энергии.** Энергия всегда будет необходима в жизни людей. Ее виды, формы и пути использования могут быть различными. До настоящего времени энергию поставляла нам природа в виде натуральных источников топлива, например: дерева, каменного и бурого угля, нефти или природного газа. В процессе утилизации этого топлива, кроме диоксида углерода  $CO_2$  образуются другие различные вредные для природы субстанции, такие как диоксид серы  $SO_2$  и оксиды азота  $NO_x$ , которые при соединении с атмосферными водами выпадают на землю в виде кислотных дождей. В конечном итоге сжигание твердого топлива связано с образованием огромного количества сажи, частично выбрасываемой в воздух в качестве пыли.

НВИЭ могут составлять значительный процент в энергетическом балансе районов, областей и даже целого государства. Они могут увеличить энергетическую безопасность регионов, улучшить снабжение энергией районов со слабо развитой энергетической инфраструктурой. Потенциально наибольшим потребителем энергии из подобных возобновляемых источников может стать сельское и жилищное хозяйство, транспорт и связь. Это особенно характерно для районов с большим процентом безработицы, где активизация использования НВИЭ поможет повысить занятость людей.

Следует отметить, что некоторые сельскохозяйственные районы с сильно загрязненными почвами не могут уже производить безопасную продукцию, предназначенную для потребления. Такую продукцию можно было бы использовать для производства биотоплива.

Развитие энергетической отрасли с использованием НВИЭ может решить множество экологических проблем, характерных для Республики Польша. Однако существует много ограничений, препятствующих использованию таких источников энергии [1]. Эти ограничения образуют комплекс причин психологического, общественного, исследовательского, юридического и экономического характера, тормозящих разработку и внедрение НВИЭ:

- высокие объемы инвестиций в НВИЭ, что влечет за собой увеличение сроков окупаемости затрат (при последующих низких эксплуатационных затратах), по сравнению с использованием традиционных видов топлива;
- наличие сильно развитой технической, организационной и научно-исследовательской инфраструктуры, которая не настроена на использование НВИЭ;
- использование колеблющихся цен на традиционное топливо и энергию (при учете экологических затрат), а также цен на добычу и доставку топливного сырья для производства энергии;
- недостаточное развитие технологий и аппаратуры, предназначенных для функционирования энергетических систем с НВИЭ;
- определенные барьеры психологического характера, возникающие у потенциальных инвесторов по причине недостатка информации или доверия к новым технологиям с НВИЭ.

С использованием твердого и жидкого биотоплива связаны надежды будущей энергетической отрасли Польши. Биотопливный материальный потенциал может существенно повлиять на энергетический баланс страны. Заинтересованность развитием этого направления энергетики особенно проявляется в неиндустриальных районах. К настоящему времени успешно внедряется оборудование, работающее на разных видах твердого топлива. Однако опыт подсказывает, что будущие инвестиции смогут увеличить число новых внедрений [3].

Прикладные исследования по использованию жидкого биотоплива (биодизельного, биоэтанового) позволяют с уверенностью утверждать, что применение смесей бензина со спиртом, чистого растительного масла и его смесей с мазутом в качестве машинного топлива эффективно, а возникающие проблемы больше носят не технический, а экономический и политический характер. Жидкое топливо растительного происхождения следует считать хорошим заменителем топлива минерального, и в ближайшее время оно будет хорошо изучено с химико-технологической точки зрения, а его промышленное производство по известным технологиям уже налажено в некоторых странах.

В условиях Польши проблема использования биотопливного материала связана только с координацией работы соответствующих инстанций. От принятых экономических, финансовых, юридических и налоговых решений будет зависеть, какой вклад в развитие энергетических европейских программ на основе использования жидкого биотоплива внесет свой вклад Республика Польша [3].

**Электрохимические элементы как беспроводные источники энергии.** В 1839 году английский физик Уильям Р. Грове продемонстрировал опыт получения электрического тока электрохимическим методом при взаимодействии водорода с кислородом. В этом энер-

*Магрел Лех, к.т.н., Белостокский политехнический университет, институт инженерных сооружений и охраны природы, г. Белосток, Республика Польша.*

*Брылка Ежи, д.т.н., академик, Белостокский политехнический университет, институт инженерных сооружений и охраны природы, г. Белосток, Республика Польша.*

*Пойта Людмила Лаврентьевна, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

*Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*