

ПРАКТИКА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ: ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ

Тема импортозамещения всегда была на слуху и, очевидно, будет актуальна и сегодня, и завтра. Не касаясь вопроса, почему между лозунгами и реальностью существует огромный разрыв, покажем в статье пример массового (именно массового, а не в рамках НИОКР) использования отечественного оборудования собственного производства и дадим ряд практических советов тем, кто хочет пойти по тому же пути.

*С. М. Перминов, д-р техн. наук, должность?
СК «Пиретта»*

Медицинские отходы (далее – МО) – особая категория отходов производства и потребления. К ним относятся все отходы, образующиеся в медицинских учреждениях и при фармацевтической деятельно-

сти, то есть послеоперационные отходы, бинты, просроченные лекарства, одноразовые простыни и одноразовая посуда с недоеденной кашей от «ковидных» пациентов, использованные шприцы и последы после ро-

дов. Для нашего разговора наиболее важны три категории МО:

- категория Б – эпидемиологически опасные отходы, обычно это основная масса тех отходов, с которыми требуется особое обращение;

- категория В – чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы, масса которых в условиях пандемии Covid-19 очень выросла и если раньше составляла 10–15 % объема категории Б, то теперь почти с ней сравнялась;
- категория Г – к ней относятся, например, лекарства, непригодные к применению, и отходы фармацевтических производств.

С отходами категорий Б и В непосредственно контактируют пациенты больницы.

Объем образующихся МО, конечно, несравним с объемом ТКО или промышленных отходов. При этом, однако, неправильное обращение с МО грозит риском распространения заболеваний, чем обусловлена особая значимость этих отходов.

Кроме того, МО в исходном состоянии ни при каких обстоятельствах не должны попадать на полигон. И по причине эпидемиологической опасности, и по причине того, что в этих отходах содержатся операционные, послеродовые отходы и т. д. – так называемая органика, образующаяся в больницах, и по причине наличия большого количества дезинфицирующих средств (в ряде случаев МО обрабатывают дезинфектантами), и по ряду других причин.

Самый надежный и одновременно самый дешевый способ обезвреживания МО – это термическое, или огневое, обезвреживание.

Прежде всего он универсален, ведь сжиганию поддается все: и органика, и лекарства, и обработанные дезинфицирующими средствами на основе хлора отходы категории В. Существуют разные типы утилизационных печей, и некоторые из них с легкостью перерабатывают даже металл (иглы от шприцов, скальпели, гинекологические зеркала) и стекло (например, ампулы от лекарств). Конечно, эти материалы полностью не сгорают, но расплавляются и слипаются в маленькие комочки. На выходе мы получаем золу в совсем небольшом объеме (около 5–6 % первоначального объема) с примесью комочков металла и стекла, которая гарантированно



К сведению

Сжигание МО осложнено тем, что морфологический состав и физико-технические характеристики отходов сильно меняются от партии к партии.

не несет в себе эпидемиологической опасности.

Плюсы этого метода – существенное снижение объема отходов (до 5 % исходного) и полная определенность с оценкой опасности зольного остатка (он относится к IV классу отходов, то есть малоопасным).

Существенный, на первый взгляд, минус сжигания – выбросы продуктов горения (дыма) в атмосферный воздух из утилизационных печей. Однако, как мы покажем далее, эту проблему решить можно. Также вполне реально вплотную приблизиться к требованиям, описанным в современных справочниках по наилучшим доступным технологиям, и технологическим показателям наилучших доступных технологий обезвреживания отходов термическим способом (сжигание отходов), утвержденным приказом

Минприроды России от 24.04.2019 № 270.

Конечно, сжигание МО – непростое дело. Морфологический состав отходов, как и их физико-технические характеристики, существенно меняется от партии к партии, не говоря уже о содержании органики или составе лекарственных средств. Партия МО может включать множество мешков с пропитанными дезраствором памперсами или высококалорийными халатами из коронавирусного госпиталя, а может представлять собой несколько палет с упаковками ампул или бочки с растворами с фармацевтического производства, теплотворные свойства которых сильно различаются. Отметим, что вскрывать упаковки с МО по действующим правилам нельзя. Также МО нельзя сортировать – их нужно обрабатывать прямо в тех упаковках, в которых они поступили.

Перейдем к оборудованию, которое используется для обезвреживания МО на наших заводах, вернее о пути его создания.

Виды применяемого для утилизации МО оборудования можно условно разделить на две группы:

- оборудование для термической утилизации;



• оборудование для газоочистки (с учетом образования и распада диоксинов).

Начнем с оборудования для термической утилизации.

У представленного на рынке оборудования такого типа есть несколько значительных недостатков:

• Импорт очень дорог (ориентировочная цена в 20–25 раз выше цены нашего оборудования собственного производства).

• Оборудование ряда поставщиков обычно имеет весьма ограниченную производительность и быстро выходит из строя. Часто оно просто не заточено под сжигание МО: температуры при обработке высококалорийных компонент МО существенно выше обычных и приводят к деформации и выходу из строя корпусов и особенно загрузочных люков. Металл и стекло, которые содержатся в МО в довольно значительном количестве, расплавляются, стекают вниз, с трудом извлекаются и быстро выводят из строя футеровку. Ремонт в таких случаях очень затруднен.

• Постоянная беда отечественных разработок – выбросы отходящих газов. Оборудование часто не обеспечивает требуемой очистки. Половина скандалов вокруг МО связана с тем, что живущие возле заводов люди жалуются на жуткий запах и черные клубы дыма.

Некоторые недобросовестные игроки рынка покупают недорогую печку только для получения разрешительных документов, с ясным пониманием того, что она долго не протянет и по факту они будут ликвидировать принятые на утилизацию МО каким-то другим способом. Впрочем, многие попадают в такую ситуацию не злонамеренно.

Как пелось в старой песне, «я вам не скажу за всю Одессу», но почти у всех **добросовестных** участников рынка, которых мы знаем, есть свои **самостоятельно доработанные уникальные образцы оборудования**, реально работающие, но, к сожалению, **практически не тиражируемые**.

Все эти варианты нас не устраивали. Когда мы начинали оказывать услуги по сбору, транспортировке и утилизации МО, нам нужно было

оборудование со следующими характеристиками:

• тиражируемое, надежное, ремонтно-пригодное;

• по разумной цене, т. е. окупаемое;

• удовлетворяющее требованиям действующего законодательства, прежде всего экологического;

• позволяющее производить модернизацию для улучшения характеристик по ходу работы.

Отметим еще один момент, касающийся импортного оборудования. Если посмотреть на цифры, заявленные в проектах мусоросжигательных заводов, цены для МО будут, конечно, ниже, но все равно речь идет о сотнях миллионов рублей на каждый завод. Такие деньги, если нет задачи освоить ресурс, никогда не окупятся.

В итоге мы пошли путем создания собственного модернизируемого и тиражируемого оборудования.

За основу была взята установка для твердых некомпостированных бытовых отходов, на которую был получен патент Н. Е. Ляпуховым [1] еще в 2016 г., и специально приспособлена под работу с МО. Это колосниковая печь с рядом особенностей: на-

пример, она не использует никакого топлива, а работает за счет сквозной прокачки воздуха. Принято считать, что колосниковая печь – уже некоторый анахронизм, но это был первый шаг. Кстати, по словам западных лидеров рынка утилизации отходов, с которыми мы беседовали, в Европе от колосниковых печей стали уходить только 15 лет назад.

Затем мы решили использовать не одну большую установку, а батарею печей с производительностью 2,5–3,5 т/сут. Такой подход позволяет вкладывать ресурсы по мере необходимости, а не сразу, и поочередно выводить печи на техобслуживание (или проводить эксперименты по модернизации), не приостанавливая фактическую работу завода, которая обычно ведется в режиме 24/7.

Первые созданные нами печи с ручной подачей показаны на **рис. 1 ▶ стр. 00**, а центробежно-барботажные аппараты (далее – ЦБА) для очистки выбросов – на **рис. 2 ▶ стр. 00**.

Повторим, исходно мы предполагали, что будем совершенствовать наше оборудование по ходу эксплуатации.



Рис. 1. Первые печи с ручной подачей



Рис. 2. Системы очистки выбросов

Первые образцы печей позволили нам эффективно работать и расширять сеть оказания услуг лечебно-профилактическим учреждениям. С нами сотрудничают более 4 000 компаний, в том числе фармацевтические производители и ветеринарные клиники, и общий объем обезвреживаемых МО составляет более 1 000 т/мес, так что нагрузка на оборудование очень существенная.

Однако первые печи имели крупнейший недостаток: управлять горением в них можно было только путем открытия/закрытия заслонки, чего, очевидно, недостаточно. Чтобы обеспечить качественное сжигание, необходимо поддерживать определенное соотношение воздух – топливо, то есть управлять процессом горения в режиме реального времени. Также нужно учитывать тот факт, что при обработке МО состав топлива, то есть морфология и, главное, калорийность МО, непрерывно меняется и оператор не знает, что именно он сейчас помещает в печь (вскрывать упаковку, напомним, запрещено). Причем эти изменения очень существенные. Только что в печи об-

рабатывалась мокрая и плохо воспламеняемая органика – и тут же пошли пакеты с текстилем и бумагой, которые горят как порох, поэтому печь чуть не взлетает с места, подобно ракете! Очевидно, что в таких условиях необходимо как-то управлять процессом обработки.

Сразу отметим, что мы не хотим использовать навороченные системы управления, в которых светятся экраны и стоят десятки датчиков. Они дорогие, часто ломаются, персоналу трудно их освоить. Кроме того, у нас все же не АЭС. В процессе работы мы измеряем только скорость, давление, температуру и содержание O_2 в нескольких точках. Периодически, как требует законодательство, независимая лаборатория делает контрольные замеры выбросов по всему химическому составу дыма (как на трубе, так и в санзоне), но для управления горением в течение рабочего дня это не нужно.

Таким образом, используемое при регулировке горения измерительное оборудование должно быть простым, минимальным и работать в режиме реального времени.

Сейчас у нас есть 16 установок, включая сделанные по лицензии для наших партнеров, существенно доработанных на действующих (!) печах.

Что мы изменили в процессе доработки первых образцов оборудования (перечислим только наиболее важные пункты):

- Перешли от колосниковых печей к подовым.
- Ввели управление горением с помощью потока воздуха, который подается по трубкам и по периметру печи. Благодаря этому горящие отходы прекратили спекаться в пласт, и производительность работы существенно увеличилась.
- Изменили (оставив прежнюю внешнюю форму печи) внутреннюю аэродинамику печи, увеличили время нахождения в печи образующихся газов и, следовательно, обеспечили более полное догорание всех химических веществ, то есть лучшее качество выбросов.
- Организовали автоподачу отходов вместо ручной (без изменения формы самой печи).

В результате производительность установок выросла, качество горения улучшилось, нагрузка на системы очистки упала, а степень очистки выросла.

Непосредственно с работой печей связан и вопрос дожига, хотя формально дожиг отходящих газов это первая ступень очистки выбросов. Мы прошли путь от камеры смешения (сначала с неуправляемой, а затем с управляемой подачей воздуха) до дожига в специальном шкафу с катализатором.

Чтобы уменьшить содержание диоксинов в выбросах, мы применили метод шокового охлаждения отходящих газов. Диоксины являются крайне опасными веществами и образуются из хлорорганических соединений (в МО их довольно много) при температуре $+450...+800$ °С, т. е. как раз при сжигании, причем максимум их образования приходится на температурный диапазон $+600...+700$ °С. Диоксины обладают высокой термостойкостью. Эффективное разложение этих веществ происходит только при тем-

пературах выше $+1200^{\circ}\text{C}$. Более того, их терморазложение является обратимым процессом. При охлаждении дымовых газов до $+200...+450^{\circ}\text{C}$ и выдержке более 2 с они синтезируются вновь. Проще говоря, их можно уничтожить, подняв температуру сжигания выше $+1200^{\circ}\text{C}$, что вполне реально при обезвреживании МО, но если потом дым будет медленно остывать до температуры наружного воздуха, то диоксины вновь в нем появятся.

Для того чтобы довести уровень диоксинов в выбросах наших установок до требуемого законодательством, мы обеспечиваем температуру

выше $+1200^{\circ}\text{C}$ в печах и шоковое охлаждение (смешение с воздухом «за бортом» и охлаждение водяным туманом) до температуры ниже $+150^{\circ}\text{C}$ менее чем за 1,5 с. Для контроля уровень диоксинов периодически измеряется «на трубе».

Как мы уже упоминали, дожиг – это только первый этап очистки отходящего газа. Применение каталитического шкафа, как показывает наш опыт, существенно уменьшает объем вычищаемых примесей, но для достижения приемлемых показателей необходимы дополнительные ступени очистки.

В рамках проекта мы остановились на использовании для очистки выбросов хорошо известных ЦБА, в которых осуществляется так называемая мокрая очистка газов (через пароводяную смесь). Поле центробежных сил в ЦБА создается за счет закрутки потока в вихревой камере относительно стенок аппарата. За счет вращения в газожидкостном слое возникают значительные центробежные силы, что обеспечивает высокую дисперсность и устойчивость барботажного слоя. Как следствие, в ЦБА реализуются высокая удельная поверхность контакта и высокие относительные скорости фаз, поэтому аппараты характеризуются малыми габаритами и высокой эффективностью [2]. Мы модифицировали эту идею под нашу ситуацию: нам нужно ежедневно промывать оборудование, поэтому оно должно легко разбираться. Результатом модификации стала разработка ЦБА ПИРЕТТА-1.

Отметим, что в принципе мокрая очистка газов в ЦБА считается сегодня самым совершенным методом. Для мокрой очистки можно использовать и другое оборудование, например скрубберы разного типа. Однако скрубберы требуют прокачки весьма значительных объемов чистой воды и сброса загрязненной выбросами воды на сторону. Если этого не делать, форсунки, которые распыляют воду внутри скруббера, быстро засорятся. ЦБА не предъявляют таких высоких требований к чистоте воды, поскольку распыление воды в них

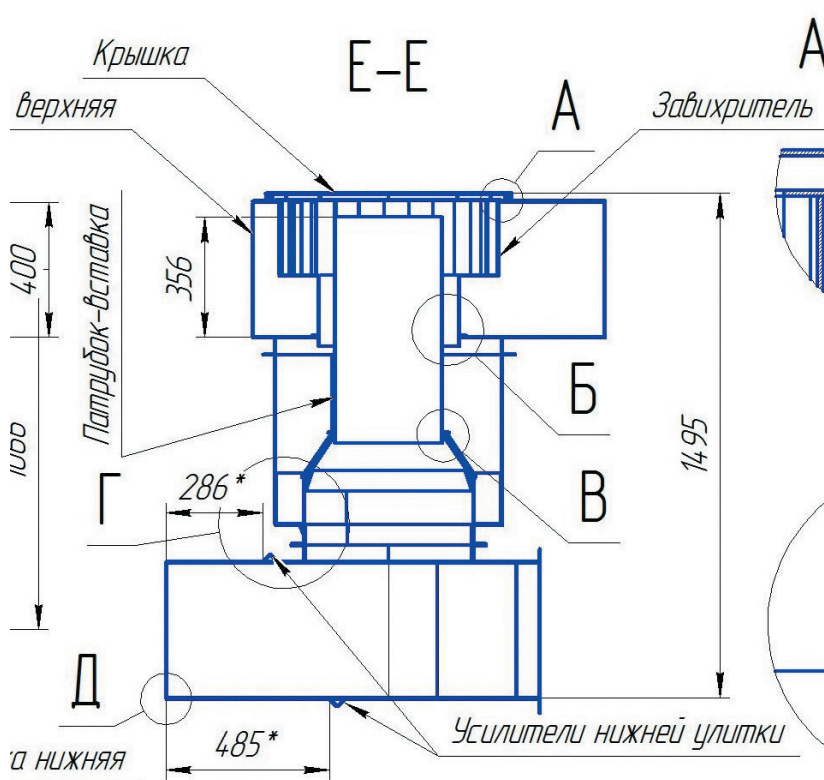


Рис. 3. Фрагменты первых ЦБА

производится не за счет разбрызгивания из форсунок, а за счет быстрого центробежного вращения потока. Соответственно, воду можно пускать по кругу в циклическом процессе, и вопрос о том, куда девать огромные объемы загрязненной воды, не встает. Таким образом, с точки зрения экологии использование ЦБА имеет значительные преимущества.

На **рис. 3 ▶ стр. 00** представлены фрагменты первых разработанных нами ЦБА.

Конечно, как и в случае с конструкцией печей, мы продолжаем дорабатывать ЦБА. Главный критерий оценки работы – результат очистки газа.

Наши ЦБА претерпели довольно существенные внутренние изменения по сравнению с образцами, но с сохранением внешней формы корпусов, что позволило проводить модификацию путем замены некоторых внутренних деталей при небольших технических остановках работающего оборудования.

Оборудование, об эволюции которого мы рассказали выше, массово используется на заводах СК «Пиретта» в Тверской, Ленинградской областях и Краснодарском крае, а также на ряде заводов наших партнеров. Наш опыт можно распространить и на другие сегменты утилизации отходов, нужно только правильно подобрать оборудование.

В принципе, почти все необходимые технологии (если нет цели, как говорят, «распилить ресурс») для утилизации МО можно найти в России. Но это непросто. Основная проблема в том, что у нас больше мастеров по подковыванию блохи, а не тех, кто стремится к массовому внедрению технологии. У автора данной статьи есть доперестроечный диплом доктора технических наук, полученный в 30 лет, и он хорошо понимает инженера с его НИОКР. С другой стороны, много лет управляя компаниями, входящими в топ крупнейших [3], можно определить, чем отличается подход производителя к выбору технологий от подхода изобретателя.

Производителю при выборе технологии нужно выполнить только три основных требования, но ча-



сто сделать это сложно. Требования следующие:

- Технология должна быть максимально простой. Во-первых, оборудование нужно эксплуатировать, а не на выставках показывать, а во-вторых, оборудование должно окупаться. Кроме того, необходима возможность быстро ремонтировать его своими силами или с привлечением недорогих сторонних ремонтников.
- Технология должна быть проверена практически на длительных сроках и приличных объемах обработки отходов. К нам до сих пор приходят изобретатели с фантастическими проектами в области сжигания отходов, на некоторые из них даже получены гранты, а у кого-то сделаны экспериментальные установки. И все это

очень близко к идее вечного двигателя.

- Технология должна соответствовать требованиям природоохранного законодательства (а для МО – еще и санитарного).

Очень важно отметить, что **нужно быть готовым к тому, что при использовании оборудования и технологий придется модифицировать** в зависимости от условий и особенностей работы и новых идей. Причем желательно модифицировать с участием переработчика – кто лучше него может знать, что именно ему нужно? В этом заложены возможности развития, которое гарантирует успех.

Принимая во внимание все сказанное, нам кажется, что найти нормальные по эффективности и цене технологии в России можно. ♻️



Литература

1. Пат. № 166110 (РФ) Устройство термического обезвреживания отходов / Н. Е. Ляпухов // Бюл. – 2016. – № 32.
2. Алексеев С. В., Борисов В. И. и др. Трехмерное численное и экспериментальное моделирование аэродинамики топочных камер // Теплофизика и аэромеханика. – 1994. – Т. 1. – С. 347–354.
3. Перминов С. М. Управление компанией на рынке B2B. – СПб: Питер. – 2015.