



Министерство здравоохранения и
социальной защиты населения
Республики Таджикистан

Технологии обработки инфицированных отходов

*Учебный курс по организации сбора, обработки
и удаления медицинских отходов*

СОДЕРЖАНИЕ



Сжигание медицинских отходов

Объяснение имеющихся альтернативных технологий обработки медицинских отходов

“За” и “против” имеющихся решений

Контроль обеззараживания медицинских отходов

СЖИГАНИЕ

Различные методы сжигания отходов часто трудно сопоставить. Однако следует различать полевые сжигательные печи и высокотехнологичные централизованные инсинераторы для сжигания бытового мусора и опасных отходов.



Инсинератор De Montfort



Центр по переработке отходов в Аугсбурге для сжигания бытового мусора и специальных отходов

СЖИГАНИЕ I

Три фактора, определяющие процесс сжигания (три “Т”)

Первичное сжигание (первичная камера)

Разрушение всех горючих компонентов

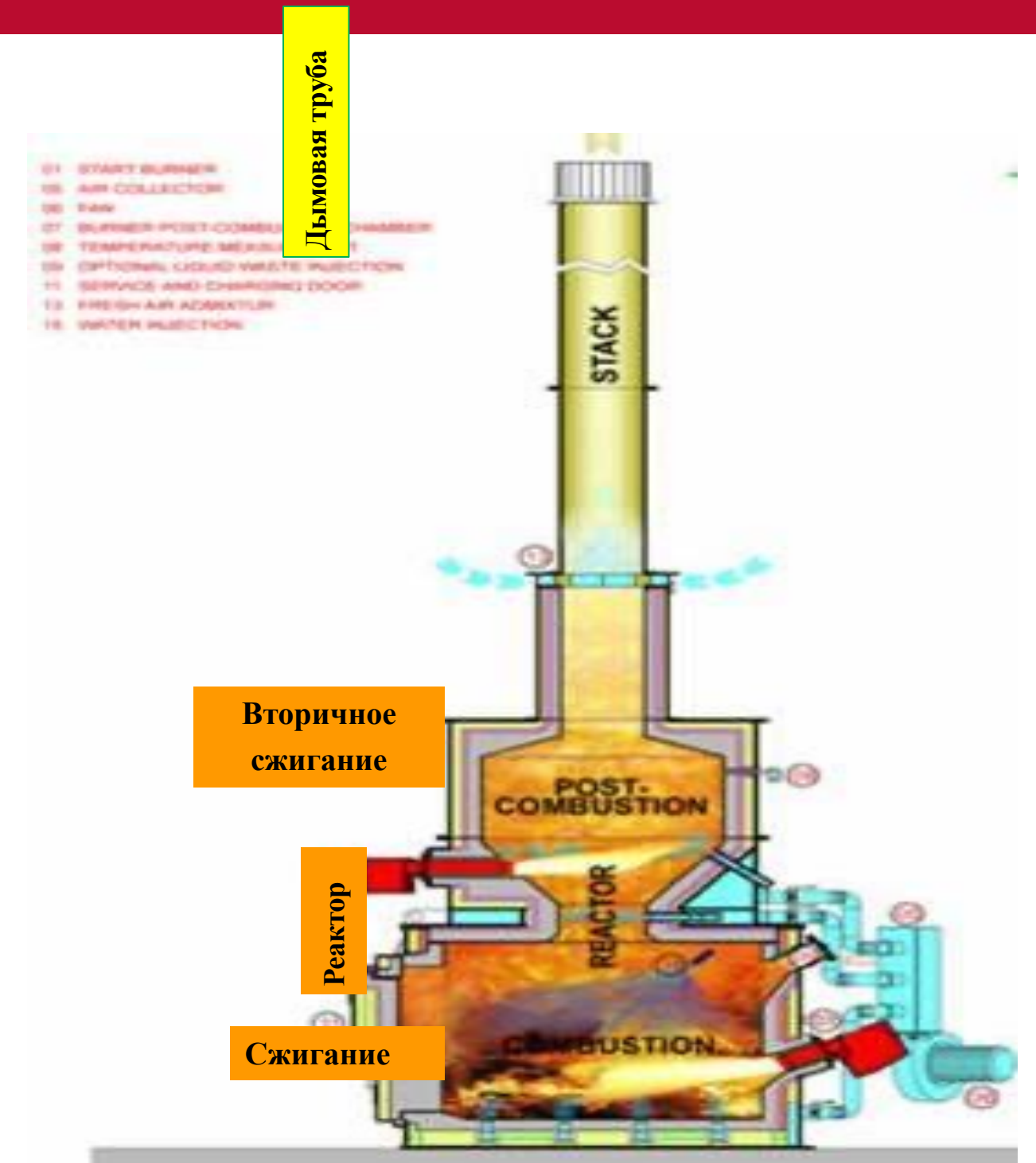
Газификация / частичное сжигание

Горение угля

Вторичное сжигание (вторичная камера)

Полное сжигание всех несгоревших и частично сгоревших компонентов с их превращением в газообразную форму

Разрушение патогенных агентов



Сжигание II

Проблема, связанная с топочными (дымовыми) газами

- ❑ Медицинские отходы представляют собой смесь “нормального” мусора и опасных отходов (тяжёлые металлы, цитотоксины, медицинские препараты, патогенные агенты).
- ❑ Медицинские отходы – гетерогенная смесь с содержанием хлора зачастую в концентрации $>1\%$ (из-за продуктов, содержащих поливинилхлорид).
- ❑ Выбросы включают как “традиционные” загрязнители окружающей среды, такие как твёрдые частицы, так и оксиды серы и азота, летучие органические соединения и угарный газ.
- ❑ Кроме того, выбросы содержат гораздо более токсичные вещества: диоксины, фураны, мышьяк, ртуть, свинец, кадмий, хром, соляную кислоту.
- ❑ Риски для здоровья человека связаны как с прямым воздействием опасных веществ через дыхание, так и косвенное в виде сохранения этих веществ в воде, почве, растениях и т.д.

Сжигание III



Объёмы эмиссий из инсинераторов могут быть различными и в значительной степени зависят от следующих факторов:

- Конструкция инсинератора
- Качество сжигаемых отходов (мусор часто бывает влажным)
- Правильность эксплуатации (зачастую неправильная эксплуатация инсинераторов связана с низкой квалификацией операторов),
- Процесс сжигания часто связан со следующими проблемами:
 - Низкая температура горения ($< 800\text{ C}$)
 - Короткий период сжигания ($< 1\text{ сек.}$)
 - Низкая турбулентность
- Процедура мониторинга за процессом (часто визуальный контроль)
- Техническое обслуживание инсинератора
- Контроль за загрязнением окружающей среды (который часто отсутствует)

Сжигание IV

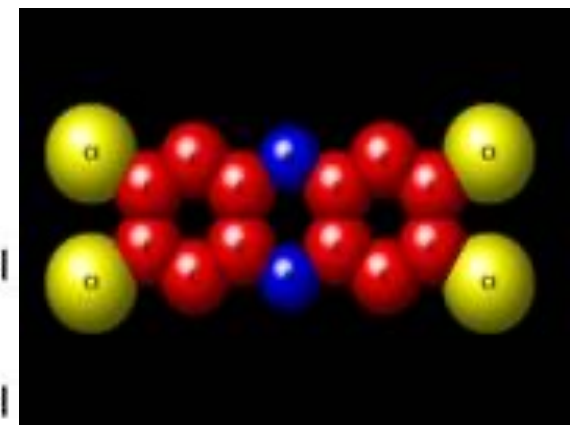
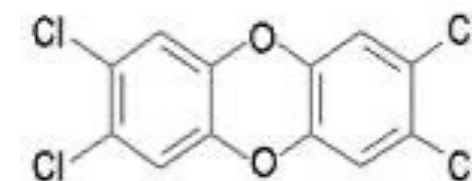
Проблемы, связанные с
эксплуатацией инсинераторов



СЖИГАНИЕ VI

Образование диоксина

- Диоксин не используется в коммерческих целях. Диоксин - это токсичный продукт сжигания отходов, содержащих, помимо прочего, другие химические вещества, которые содержат хлор (например, поливинилхлорид).
- Специалисты Управления по охране окружающей среды США считают, что сжигательные печи для уничтожения медицинских отходов относятся к трём основным источниками диоксина в окружающей среде.
- Диоксин образуется, когда температура топочного газа снижается до 450-200°C.



СЖИГАНИЕ VI

Влияние диоксина на здоровье человека

Диоксин классифицируется как известный канцероген, что подтверждается многочисленными исследованиями на животных, а также результатами клинических исследований с участием человека.

Острые последствия влияния диоксина выражаются в форме поражения кожных покровов и функции печени.

Хронические последствия связаны с поражением иммунной системы, нервной системы, эндокринной системы и репродуктивной функции.

Оптимальный путь снижения выбросов диоксина - отказ от сжигания хлорсодержащих медицинских отходов.

Сжигание VII

СО: Образуется в результате неполного сжигания.

Влияние СО на здоровье человека:

- СО снижает чувствительность, ухудшает мыслительную деятельность, замедляет рефлекторную активность.
- Поражает дыхательные пути, может привести к потере сознания и смерти.

NOx: Выделяется в процессе сгорания отходов.

Влияние NOx на здоровье человека:

Сжигание VIII

SO_x:

Образуется при сгорании серосодержащих отходов.

Влияние на здоровье человека и окружающую среду:

- Сильное раздражающее действие на лёгочные ткани.
- Атмосферный SO₂ соединяется с парами воды и приводит к выпадению “серных дождей”, губительно влияющих на сельское хозяйство, лесные массивы, здания, а также на флору и фауну в водоёмах.

Взвешенные твёрдые частицы

Являются сильной угрозой для здоровья человека (“черный дым”)

Последствия для организма:

- Раздражение слизистых оболочек, часто приводят к различным респираторным заболеваниям и другим серьёзным болезням, вызываемым взвешенными твёрдыми частицами в воздушной среде.

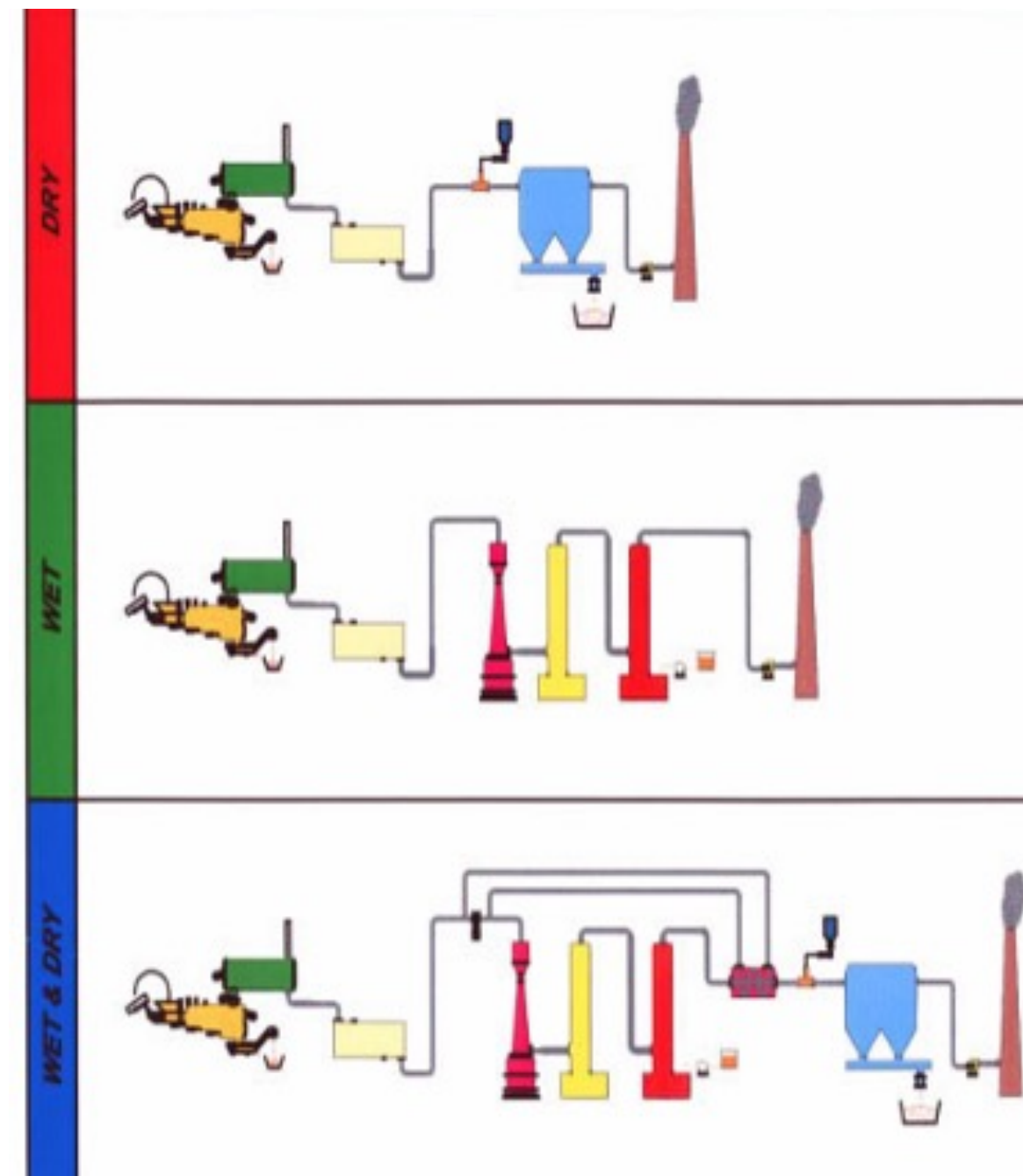
Сжигание IX

Методы очистки топочных газов

“Сухие” системы очистки:

“Мокрые” системы очистки:

“Мокро-сухая” система



Сжигание X



Проблемы, связанные с зольной пылью:

- Иглы и стекло не поддаются горению, но представляют серьёзную физическую опасность при удалении в виде отходов.
- Зола инсинераторов может содержать тяжёлые металлы и другие токсичные вещества.
- Зола представляет идеальные условия для синтеза диоксинов и фуранов, поскольку именно в золе температура в течение долгого времени поддерживается на уровне 200-450°C.
- Результаты проекта, проведённого в Таиланде, показали, что концентрации диоксина в золе, оставшейся после сжигания медицинских отходов, составляет порядка 1410-2300 нг/кг по международному токсическому эквиваленту (I-TEQ).
- Зола из инсинераторов нельзя удалять на открытых свалках, а зольная пыль должна удаляться только на свалках для опасных отходов.

Сжигание с другими отходами

Сжигание в инсинераторах вместе с другими опасными отходами

- Проблема 1: Затраты, связанные с обработкой предназначенных для опасных промышленных отходов,
- Проблема 2: небольшая плотность (около 120 кг/м^3), что снижает эффективность их обработки
- Проблема 3: Обработка медицинских отходов



Сжигание XI

Преимущества

- Нераспознаваемые продукты сгорания
- Снижение объёмов до 90%
- Безопасное уничтожение патогенных агентов

Недостатки

- Высокий уровень затрат на системы очистки топочных газов и содержание постоянных систем слежения за эмиссиями
- Высокая степень влияния на окружающую среду
- Высокие затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию
- Продолжительное время, необходимое для технического обслуживания и ремонта инсинераторов
- Потребность в высококвалифицированном персонале
- Трудности с утилизацией зольной пыли и золы

Альтернативные методы обработки



- В настоящее время в мире имеются альтернативные методы обработки:
- Дезинфекция и стерилизация паром
 - Гравитационные автоклавы
 - Современные микроволновые системы
 - Предвакуумные системы
 - Фракционный циклический метод
 - Химические методы дезинфекции

Химическая дезинфекция: принципы работы

- При химической дезинфекции для обеззараживания отходов используются химические вещества, например, растворы диоксида хлора, гипохлорита натрия.
- Для обеспечения контакта между химическими дезинфектантами и патогенными агентами, отходы, как правило, подлежат измельчению.
- Для получения хорошего результата должны соблюдаться такие параметры, как
 - рН,
 - температура
 - наличие других химических веществ и т.д.,
- а в системе необходимо постоянно поддерживать уровень дезинфицирующих химических агентов.

Химическая дезинфекция: Обзор

Преимущества

Снижение объёма отходов до 80% (в зависимости от степени измельчения отходов)

Недостатки

Высокая стоимость обработки отходов из-за применения химических веществ

Низкий и недостаточный уровень дезинфекции

Частые поломки измельчительной установки

Риск профессионального контакта работников с хим. веществами

Низкая производительность

Могут возникнуть трудности с удалением обработанных отходов

Могут возникнуть проблемы с очисткой воды, используемой в процессе обработки

Согласно техническим рекомендациям ООН, использование химических методов для обработки медицинских отходов **не рекомендуется!**

Обработка паром

Общие принципы

Альтернативный способ обработки отходов в паровой установке основан на процессе термической дезинфекции и стерилизации, широко используемой в практике обработки больничного оснащения.

Обработка производится при высоком давлении (напр., 3,2 бар) и температуре (напр., 134°C) в атмосфере на 100 % наполненной насыщенным паром.



ОБРАБОТКА ПАРОМ II

Общие принципы II:

Во влажной атмосфере микробы более чувствительны к высокой температуре.

При высокой температуре и под давлением насыщенный пар действует как слабый раствор кислоты, разлагая такие биологические субстанции, как микроорганизмы.

Тепловая энергия в момент конденсации высвобождается непосредственно на внутренней и внешней поверхностях отходов, т.е. там, где находятся колонии микроорганизмов.

ОБРАБОТКА ПАРОМ II

Преимущества обработки паром

Обработка паром – экологичная технология, доступная в применении.

- Пар не токсичен.
- Пар быстро уничтожает микроорганизмы при относительно низкой температуре.

Результаты обработки можно контролировать, они поддаются проверке.

После обработки медицинские отходы могут удаляться как неопасные отходы.

ОБРАБОТКА ПАРОМ III

Базельская конвенция:

Паровая обработка автоклавированием рассматривается как **ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД** обработки медицинских отходов

Однако

Обработка паром не всегда одинаково эффективна. Качество обработки в значительной степени зависит от производственного цикла, используемого оборудования, а также от пользователя.

Обработка паром предназначена только для инфицированных отходов, включая остроконечный медицинский инструментарий!

Примечание:

Высокотемпературная паровая обработка – наиболее безопасный и эффективный способ стерилизации медицинского оснащения в учреждениях здравоохранения.

ОБРАБОТКА ПАРОМ IV

Отличия от “обычной” стерилизации

Процедура обработки инструментов и оснащения

1. Очистка
2. Упаковка
3. Стерилизация упаковок
4. Хранение упакованных инструментов и оснащения

Процедура обработки отходов:

1. Загрузка отходов непосредственно в автоклав
2. Дезинфекция/стерилизация отходов
3. Удаление отходов

ОБРАБОТКА ПАРОМ V

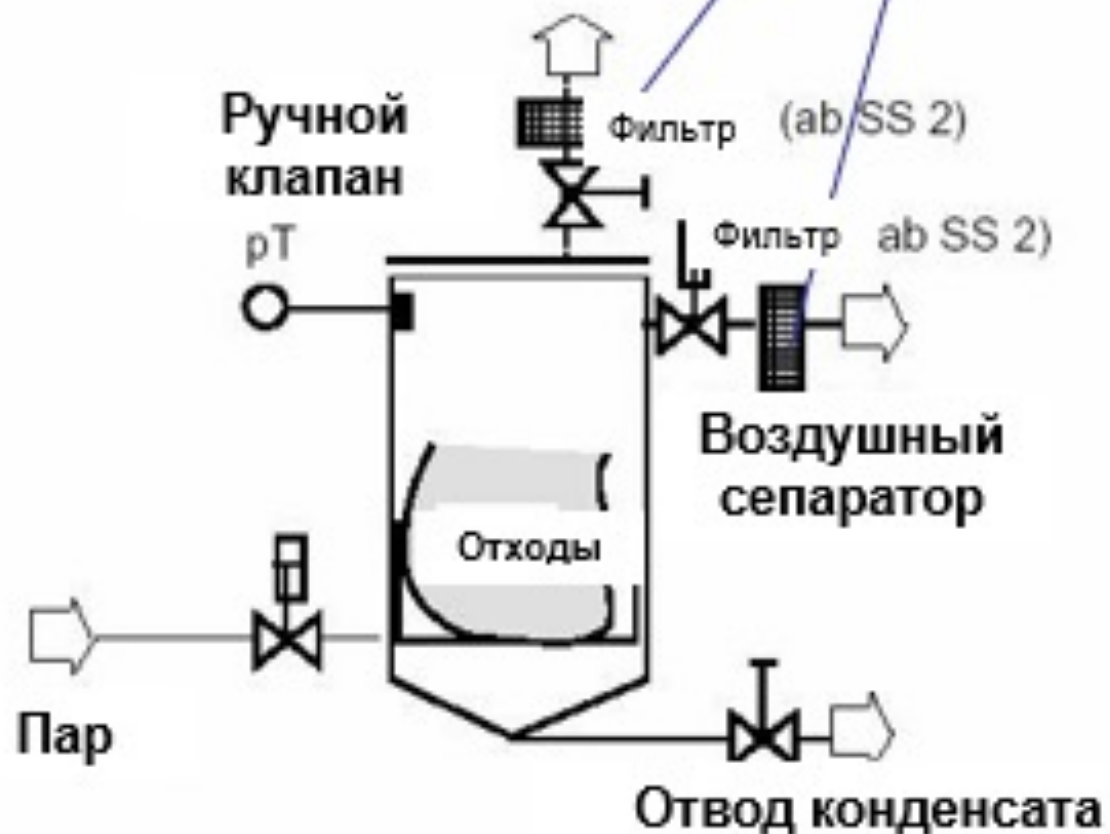


Поскольку отходы не подвергаются очистке перед дезинфекцией, технические требования к автоклаву повышаются.

Воздух на выходе должен пропускаться через надёжные фильтры
В предвакуумной фазе, а также во время забора воздуха, микроорганизмы могут высвободиться.

Поэтому необходимо пользоваться высококачественными фильтрами HEPA
Фильтр с ячейками диаметром 0,02мкм

Во время стерилизации необходимо проводить автоматическую чистку и стерилизацию фильтра.



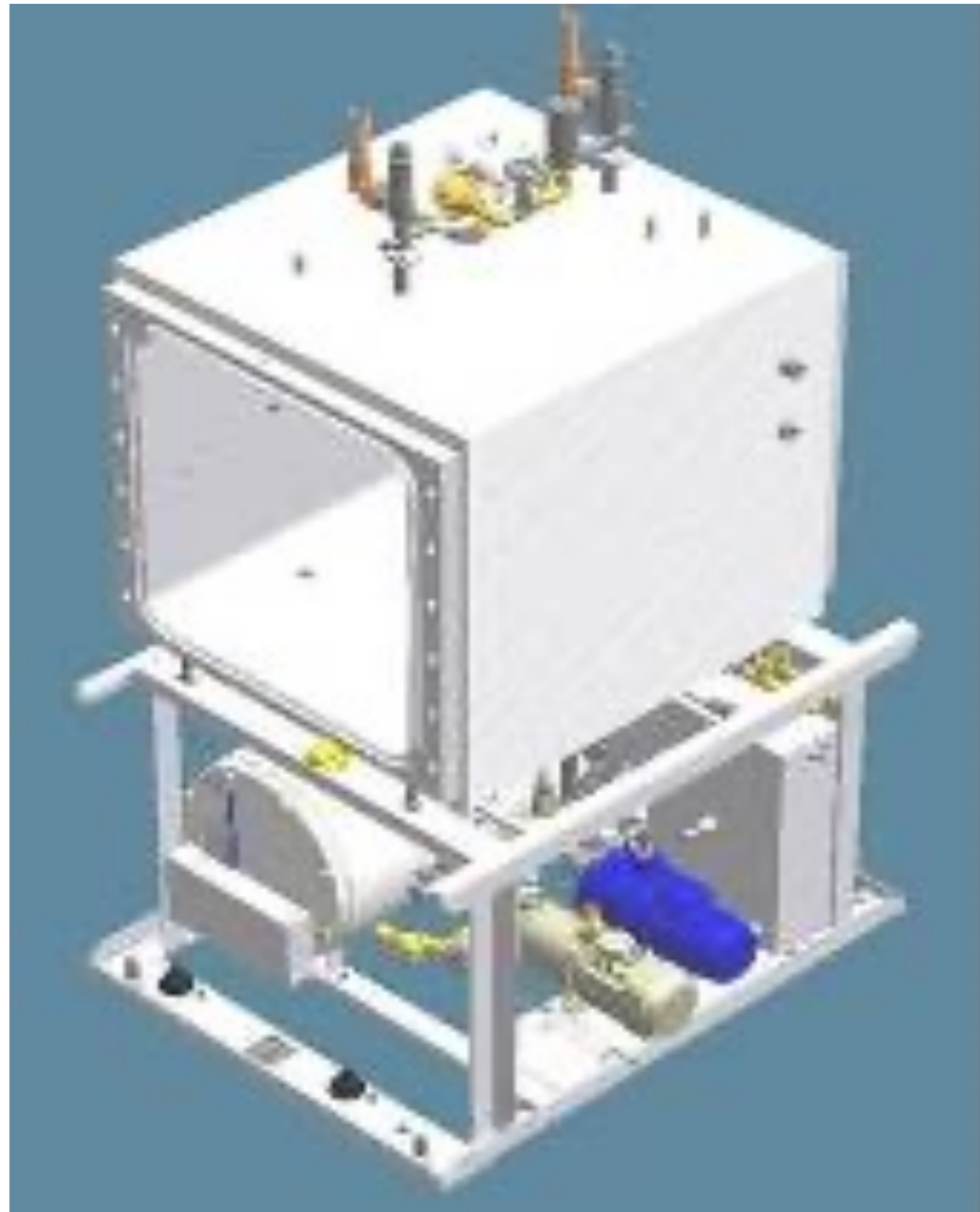
ОБРАБОТКА ПАРОМ VI

Загрузка отходов

Важно обеспечить возможность загрузки пластиковых пакетов в камеру

Обработка технической воды

Необходимо стерилизовать конденсат и высвобождающие жидкости
На месте или внешними службами



ОБРАБОТКА ПАРОМ VII

Современный системы можно разделить на несколько категорий:

Невакуумные системы

- Гравитационные автоклавы
- Современные системы: микроволновые, различные системы с использованием червячных систем подачи отходов с подогревом и т.д.

Предвакуумные системы

Фракционные системы (многоимпульсные)

Невакуумные системы



Гравитационные автоклавы:

- Пар поступает в камеру до тех пор, пока не будет вытеснена воздушная масса.
- Воздух вытесняется через клапаны благодаря разности плотности воздуха и пара.
- Требуется продолжительная обработка ввиду наличия “холодных островов”.
- Продолжительный технологический цикл (обычно >2 час.) в связи с долгими фазами нагрева и остывания.



Невакуумные системы II



В современных невакуумных системах отходы должны измельчаться перед дезинфекцией.

Измельчённые отходы поступают в камеру и продвигаются червячным механизмом в течение определённого времени. Здесь они обрабатываются паром при температуре около 100 – 105°C.

Пар производится микроволновыми установками, а червячный механизм может нагреваться продуктами нефтепереработки.

Неввакуумные системы III

Микроволновые системы

Требования:

- Необходимость измельчения отходов.
- Загруженные отходы должны быть пропитаны водой.

Особенности процесса

- Вода быстро нагревается генераторами микроволнового излучения, что приводит к уничтожению микроорганизмов.
- Необходимо обеззараживать камеру, оснащённую несколькими генераторами микроволнового излучения.
- Процесс микроволновой обработки продолжается около 20 мин.
- Процесс требует уплотнения отходов прессованием.

Невакуумные системы IV

Преимущества:

- Незначительное воздействие на окружающую среду.
- Снижение объемов отходов (в зависимости от системы измельчения отходов).
- В некоторых системах: нераспознаваемые продукты обработки.

Недостатки:

- Высокие затраты на электроэнергию для нагрева микроволновых генераторов, нефтепродуктов.
- Низкий показатель дезинфекции (4 Log) и температурного режима.
- Проблемы с ремонтом техники для измельчения отходов.
- Низкая производительность (обработанные отходы нуждаются в охлаждении)
- Согласно техническим рекомендациям ООН, данные системы для обработки медицинских отходов **не рекомендуются!**

Предвакуумные системы



Загрузка в предвакуумный дезинфектор, Mark-Costello, США

Классический процесс обеззараживания, известный также как “ретортный автоклав”.

После загрузки отходов предвакуумный цикл частично удаляет воздух, после чего в камеру поступает горячий пар. После обработки материала пар удаляется через конденсирующее устройство, а конденсат сливается в канализацию.

В некоторых системах поствакуум используется для удаления остатков пара в целях безопасности и для снижения веса обработанного материала.

Предвакуумные системы обычно обеспечивают Уровень III инактивации (4 log 10 – дезинфекции).



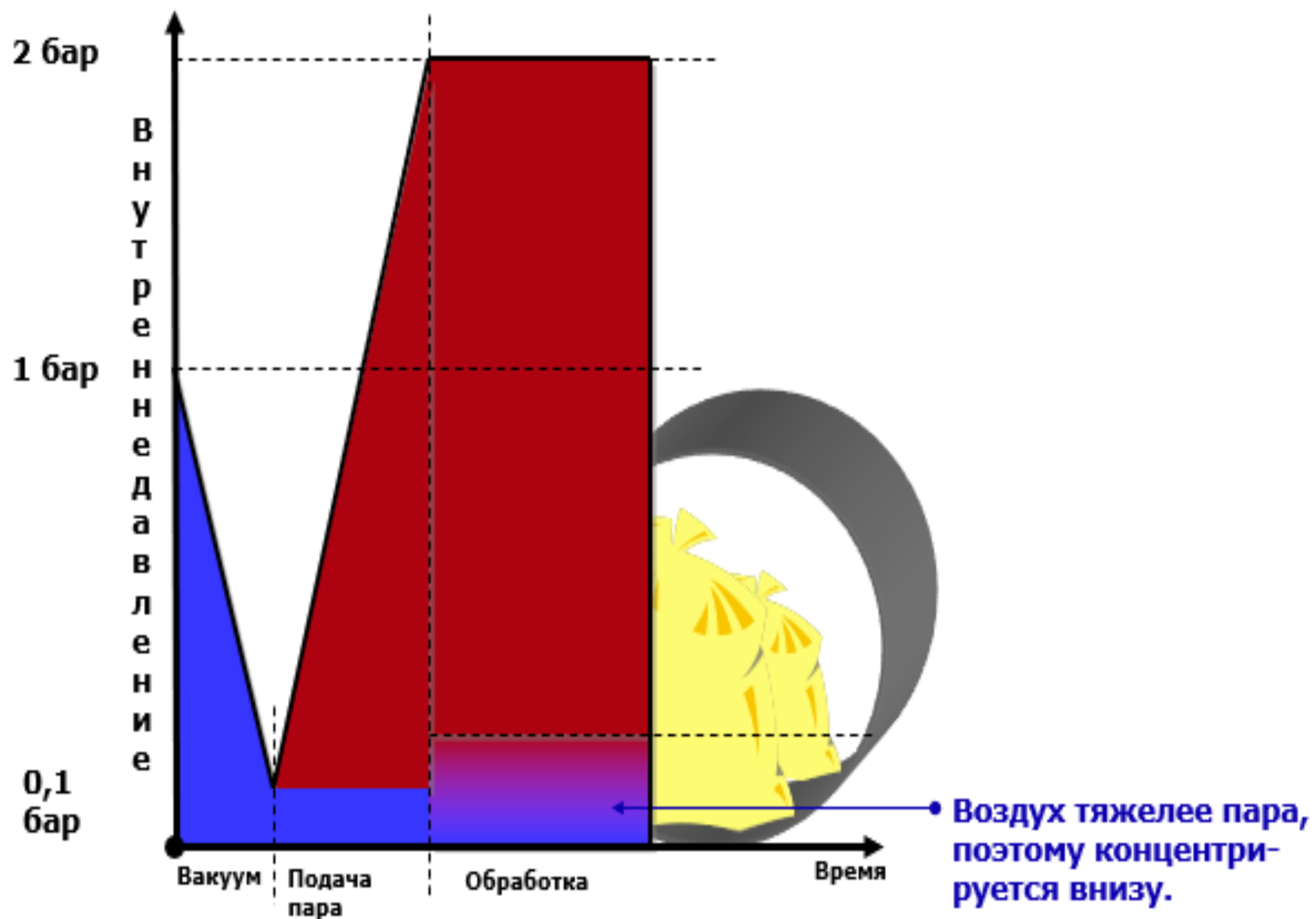
Предвакуумный паровой дезинфектор, Bondtech, США

Предвакуумные системы II

Технологический цикл

Воздух механически удаляется с помощью вакуумного насоса. При работе в одном цикле в автоклаве может остаться какое-то количество воздуха, который будет обладать изолирующими свойствами.

Для устранения этого недостатка рекомендуется работать несколькими циклами. **В некоторых странах такой подход не принят.**



Предвакуумные системы: Обзор

Преимущества:

- Незначительное воздействие на окружающую среду.
- Ограниченные требования в отношении разделения отходов.
- Доступная в эксплуатации система с низкими эксплуатационными расходами.

Недостатки:

- Низкий показатель дезинфекции ($4 \log 10$) и температурного режима.
- Возможны проблемы в виде “холодных островов.”
- Большой вес обработанных отходов в связи с наличием влажной среды.
- **Системы не одобрены к применению в некоторых странах.**
- Наличие проблемы в связи с трудностью устранения новых патогенов. Возможны осложнения в будущем.

Фракционные системы



Внутренний вид современного автоклава Tuttnauer, NL

Современные высокотехнологичные автоклавы основанные на опыте использования стерилизаторов медицинской техники.

Отходы загружаются в автоклав и посредством последовательной операции несколько раз проходят цикл “пар-вакуум-пар”. Воздух полностью удаляется, чтобы избежать “холодных островов”. После этого отходы стерилизуются в режиме высокого давления и температуры.



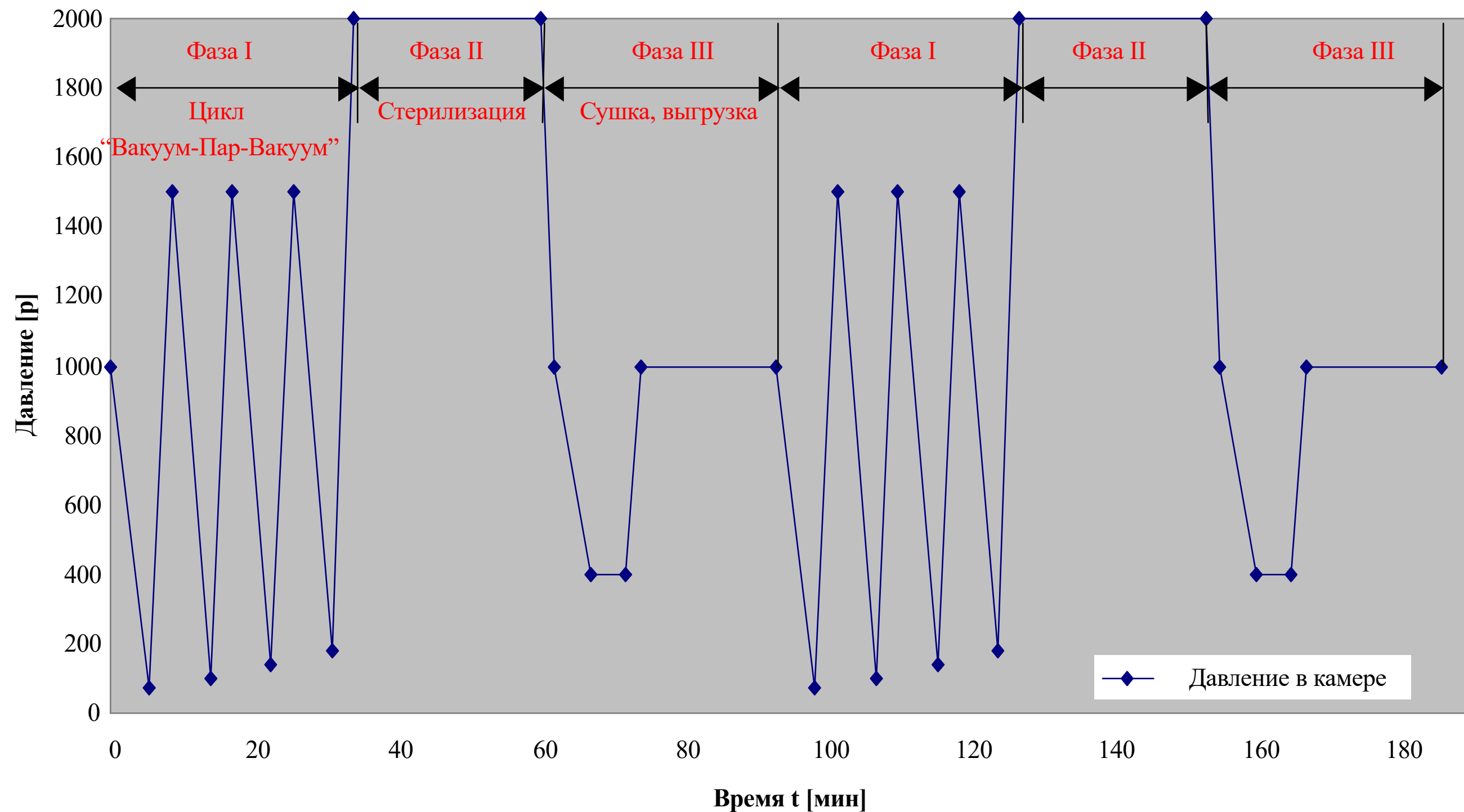
Fractionated Autoclave system , Tuttnauer, NL
Фракционная система

После стерилизации отходы высушиваются в поствакуумном режиме и охлаждаются.

Фракционные автоклавные системы обычно обеспечивают Уровень IV инактивации (6 Log 10 – стерилизации).

Фракционные системы II

Благодаря фракционному циклу “вакуум-пар-вакуум” удаётся гарантировать 99%-ную атмосферу пара (Фаза 1). В фазе дезинфекции (Фаза 2) медицинские отходы обрабатываются насыщенным паром под давлением при температуре $>130^{\circ}\text{C}$.



Фракционные системы III

Преимущества:

- Относительно невысокая стоимость и незначительные эксплуатационные расходы.
- Высокая степень стерилизации (>6 Log 10).
- Отсутствие влияние на состояние окружающей среды.
- Подтвержденная эффективность даже в отношении сильно контаминированных отходов (уровня IV).
- Снижение объёмов отходов на 50%, а также веса отходов.
- Доступность в отношении контроля санитарными органами и эксплуатации персоналом с незначительным уровнем подготовки.

Недостатки:

- Следует оснастить фильтром (фильтром HEPA)
- Необходимо гарантировать температурный режим >120°C, давление 2 бар и продолжительность обработки 15 мин.

Требования к обработке отходов паром

Независимо от того, какой поставщик услуг по обработке инфицированных медицинских отходов выбран, система должна отвечать определённым требованиям. К наиболее существенным требованиям относятся следующие:

- Отказ от предварительного измельчения отходов перед обработкой (в США зарегистрировано три случая заболевания легочным туберкулезом рабочих предприятий по обеззараживанию отходов);
- Простота загрузки и разгрузки отходов на предприятии по обработке;
- Обработка в чистой атмосфере насыщенным паром. Необходимо обеспечить стерилизацию степени 6 log (99.9999%);
- Наличие возможности осуществлять контроль на протяжении всего цикла обработки;
- Обеспечение охлаждения после обработки, при возможности, с утилизацией тепловой энергии и воды.

Контроль обработки паром

- **Микробиологический**

- Микробиологический индикатор эффективности обработки заключается в определении наличия/отсутствия живых спор *Geobacillus Stearotherophilus* в определённой концентрации. Если индикатор указывает на то, что споры гибнут, можно сделать заключение об эффективности обработки отходов и устранении всех патогенов.

- **Химический**

- Химические индикаторы изготавливаются из бумаги, которая изменяет цвет при определённой температуре.
- Современные индикаторы позволяют также определить воздействие пара в течение определённого отрезка времени.

Контроль обработки паром II



Физический

– Тест Bowie – Dick

- Упакованный химический индикатор, позволяющий определить наличие воздействия пара.
- Может использоваться только с вакуумными автоклавами.
- При поставках вакуумных автоклавов предоставляется программа пользования индикаторами Bowie-Dick.

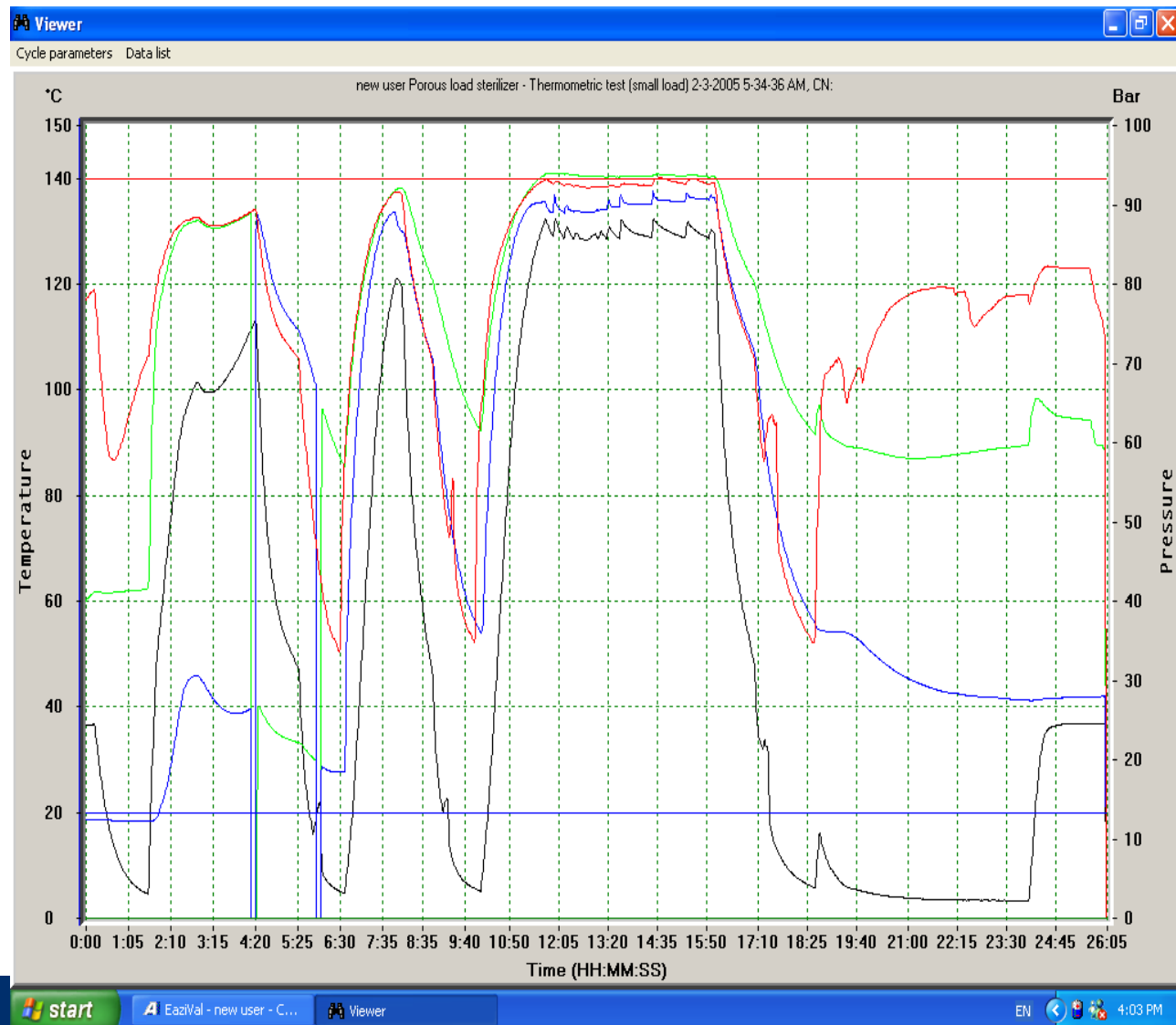
– Вакуумный тест

- Специальная программа для вакуумных автоклавов.
- Используется для оценки количества воздуха, проникающего в камеру в фазе вакуума и определить, что соответствующий показатель не превышает значения, при котором снижается эффективность обработки отходов паром.

– Термометрический тест

- Используется для измерения температуры отходов после удаления воздуха.

Контроль обработки паром III



Механический контроль

- Средства механического мониторинга позволяют отследить технологические параметры. Автоклавы автоматически регистрируют в виде графиков продолжительность, температуру, давление в течение каждого цикла. Оператор автоклава обязан контролировать эти параметры, сверяясь с данными аппаратуры.
- Важно отмечать данные в журнале, включая следующие сведения:
 - Состав обработанных отходов
 - Имя оператора
 - Дата и время
 - Продолжительность цикла
 - Температура

Резюме

- Сжигание инфицированных медицинских отходов может оказывать влияние на состояние окружающей среды.
- Обработка инфицированных отходов паром – эффективный современный метод обеззараживания медицинских отходов.
- Предпочтение следует отдать автоклавам с несколькими вакуумными циклами.
- Системы обеззараживания медицинских отходов паром должны подлежать мониторингу представителями контролирующих органов.
- Данные обработки каждой партии медицинских отходов должны документироваться.



СПАСИБО ВАМ ЗА ВАШЕ ВНИМАНИЕ!

ВОПРОСЫ?