

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ С УСТАНОВКАМИ СО СЛОЕВЫМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ

**Д.В. Новосельцева**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, РБ, [vgnovoseltsev@yandex.ru](mailto:vgnovoseltsev@yandex.ru)

*Variants of technological schemes of the units with layer pulsing burning for disposal of gaseous emissions - is presented in the paper.*

### **Введение**

Установки со слоевым пульсирующим горением (СПГ) рекомендуется применять для обезвреживания «дурнопахнущих» веществ газообразных выбросов предприятий:

– коммунального хозяйства: городских очистных сооружений, систем локальной очистки на производственных предприятиях, насосных станций систем канализации;

– сельского хозяйства: птицефабрик, животноводческих ферм, свиноводческих комплексов, перерабатывающих цехов этих предприятий;

– по производству продуктов из отходов животного происхождения (мясокостной муки, животного кормового и технического жира) сельскохозяйственных и мясоперерабатывающих предприятий (например, ИЧПТУП «Сария Био-Индастрис» (Брестская область), где обработка «дурнопахнущих» выбросов не производится);

– производящих химические средства защиты растений (протравливатели семян, гербициды, фунгициды, инсектициды) (например, ООО «Фрадеса» (Брестская область), где обработка «дурнопахнущих» выбросов не производится).

Следует отметить, что установки могут эффективно работать при переменных концентрациях и составе отходов, наличии в них пыли и смолистых веществ. Целесообразно использовать установки с СПГ, осуществляющие нагрев вторичного теплоносителя, то есть с теплообменниками.

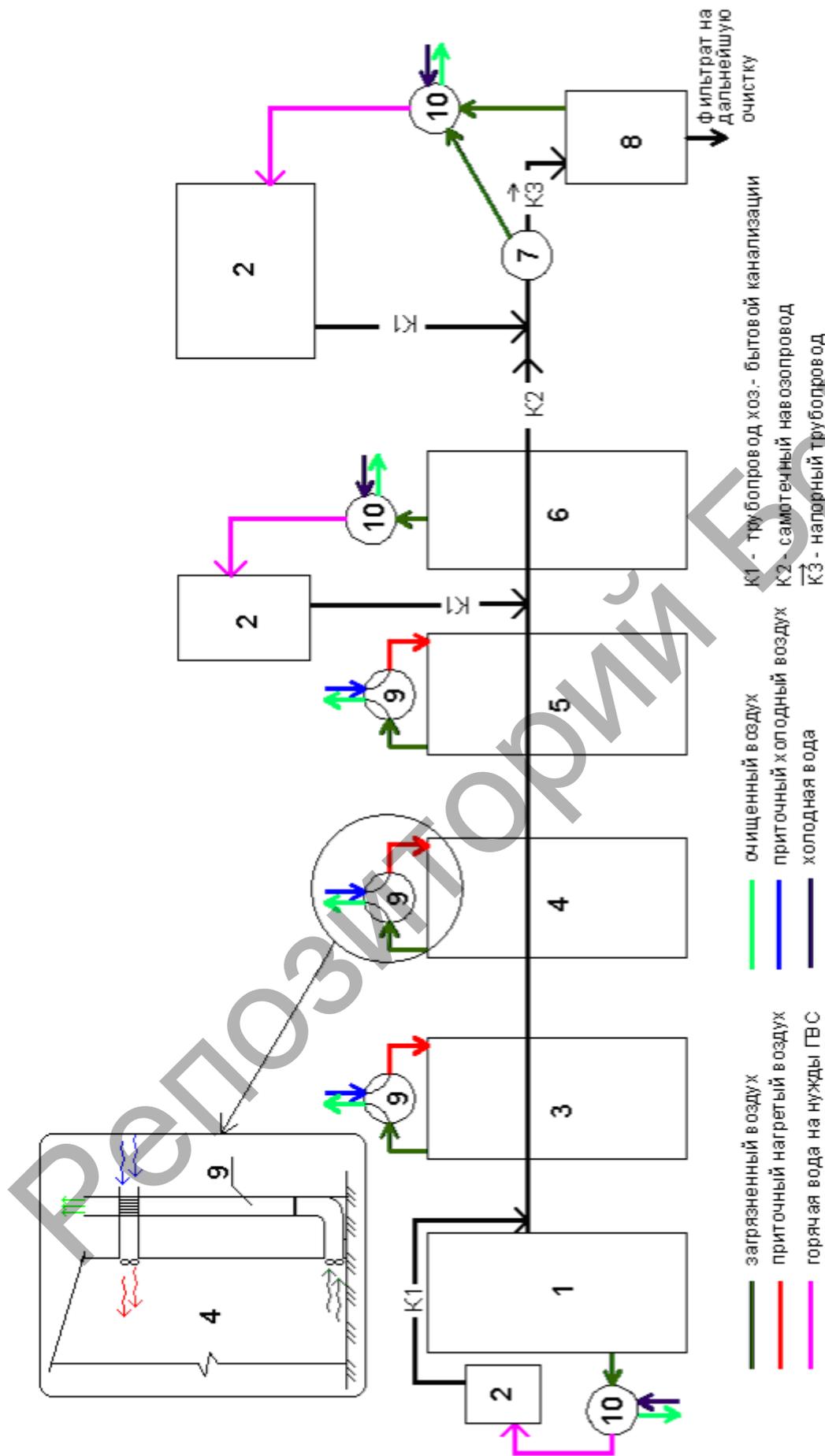
В зависимости от конкретных условий возможно применение установок с СПГ в различных технологических схемах.

Возможные варианты технологических схем с установками со слоевым пульсирующим горением.

Для свинокомплексов рекомендуется технологическая схема, с примерами утилизации теплоты, представленная на рисунке 1.

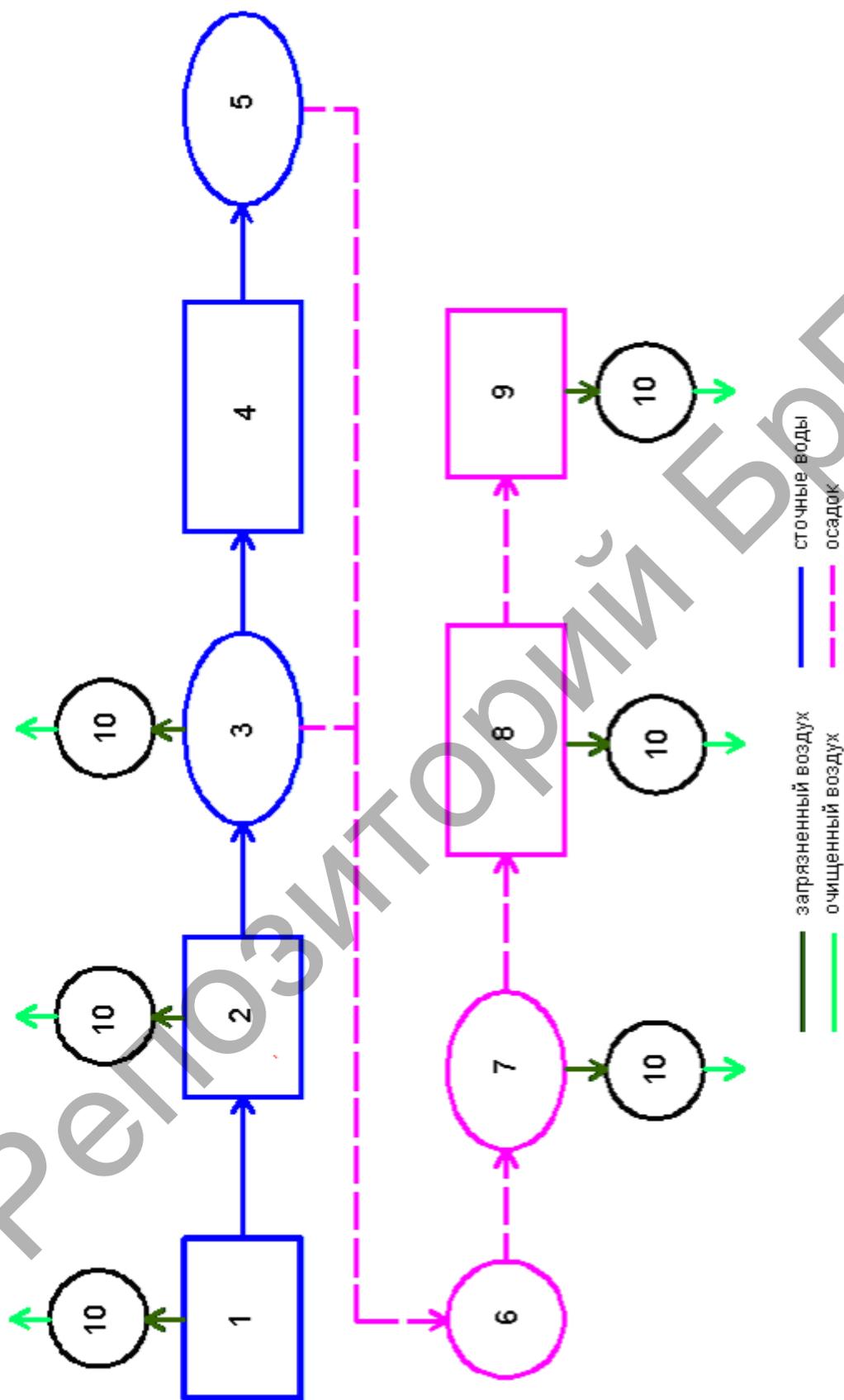
Основным источником «дурнопахнущих» веществ на свинокомплексах является вентиляционный воздух от свинарников и сооружений по сбору, транспортировке и утилизации навоза.

При устройстве вентиляции предусматривается отсос загрязненного воздуха из нижней части помещения, а поступление свежего воздуха в верхнюю часть. Принудительная вентиляция с обогревом предусматривается для супоросных маток, поросят-отъемышей, подсосных свиноматок. Чистый воздух подается при помощи вентиляторов с предварительным нагревом электрическими, паровыми, водяными калориферами и др.



1 - свинарник для холодных маток и хряков, 2 - производственное здание, 3 - свинарник для супоросных маток, 4 - свинарник для опороса, 5 - свинарник для поросят-отъемышей, 6 - свинарник-откормочник, 7 - приемный резервуар с насосной станцией, 8 - помещение фильтрации и сушки, 9 - установка с СПГ для очистки и нагрева приточного воздуха, 10 - установка с СПГ для очистки вентиляционного воздуха и нагрева воды для ГВС

Рисунок 1 – Предлагаемая схема применения установок с СПГ на свиномкомплексе



1 – насосная станция, 2 – первичные отстойники, 3 – аэротенки, 4 – вторичные отстойники, 5 – иловые площадки, 6 – метантенки, 7 – илоуплотнители, 8 – цех механического обезживания осадка, 9 – иловые площадки, 10 – установка для обезвреживания газовых выбросов со слоевым пульсирующим горением

Рисунок 2 – Предлагаемая схема применения установок с СПП на сооружениях по очистке сточных вод и обработке осадков

Суть предложенной схемы состоит в следующем. Вытяжной воздух от свиарников 3, 4 и 5 поступает в установку для термического обезвреживания с СПГ 9. Приточный холодный воздух нагревается в теплообменнике установки 9 за счет теплоты уходящих газов. Вентвыбросы от свиарников 1 и 6, а также от приемного резервуара насосной станции 7 и помещения фильтрации и сушки 8 обрабатываются в установке с СПГ 10, где также осуществляется утилизация теплоты уходящих газов путем нагрева воды на нужды ГВС производственных зданий 2.

Для очистных сооружений канализации населенных пунктов и локальных очистных сооружений промышленных предприятий рекомендуется технологическая схема, представленная на рисунке 2, где источниками «дурнопахнущих» веществ являются непосредственно сооружения по очистке сточных вод и обработке осадков. Такими сооружениями механической очистки сточных вод являются здания решеток, песколовки, первичные отстойники, обработки осадков сточных вод – цеха механического обезвоживания осадков, илоуплотнители вертикального и радиального типов, иловые площадки. Для реализации предлагаемого метода необходимо предусматривать сбор загрязненного дурнопахнущими выбросами воздуха, что не требует больших денежных затрат для сооружений, располагаемых в зданиях (цеха механического обезвоживания осадков, здания решеток). Сбор загрязненного воздуха для открытых сверху сооружений является более сложным, так как необходимо создание перекрытий над сооружениями. В ряде случаев денежные затраты будут небольшие: например, применяемые на большом количестве очистных станций небольшой и средней производительности по сточным водам илоуплотнители вертикального типа имеют относительно небольшой диаметр в плане - от 6 до 9 метров. За рубежом (например, в Европейских странах – Франция, Германия и др.) с успехом применяются очистные станции канализации с полностью перекрытыми всеми сооружениями станции. Необходимо отметить, что сбор загрязненного воздуха будет необходим не только при применении установок с СПГ, но и во всех других возможных методах обработки.

#### **Технико-экономическая оценка.**

Для определения экономической целесообразности применения предлагаемой технологии с установками слоевого пульсирующего горения проведена технико-экономическая оценка, заключающаяся в сравнении технических параметров и стоимости предлагаемой и известных технологий (таблица 1).

**Таблица 1 – Технико-экономическая оценка различных технологий по обезвреживанию «дурнопахнущих» выбросов**

Технические параметры и стоимость	Технология очистки/ Марка установки		
	Сорбционно-каталитический/ «УЛОВ-500» *	Плазменно-каталитический/ «ПЛАЗКАТ 0,5/2» **	Слоево пульсирующее горение
Производительность по воздуху, м <sup>3</sup> /час	500	500	500
Аэродинамическое сопротивление, кПа	0,5	0,3	0,1-0,2
Диапазон концентраций вредных веществ, мг/м <sup>3</sup>	до 10	до 100	не ограничен
Количество сорбента-катализатора, кг	20	10	—
Температура очищаемого воздуха, °С	20-30	20-130	не ограничена
Межрегенерационный период, ч	350-400	10000	—
Энергопотребление	нет данных	2 кВт·ч	0,76 м <sup>3</sup> /ч природ. газа [1]
Стоимость установки, \$	1922	2600	660

\* – данные предприятия-изготовителя ЗАО «Машоборудование» РБ г. Минск

\*\* – данные предприятия-изготовителя ООО «Электроэкология» РФ г. Санкт-Петербург

Определенную сложность представляет собой определение эксплуатационных затрат при использовании сорбционно-каталитического и плазмо-каталитического метода, так как в установках этих методов необходимо производить регенерацию и периодически полную замену загрузки. Затраты энергии на регенерацию и периодичность полной замены загрузки предприятия-изготовители, как правило, не указывают. Например, в сорбционно-каталитической установке «УЛОВ-500» необходимо производить регенерацию алюмохромфосфатного сорбента-катализатора через каждые 350–400 часов работы в течение 0,5–1 часа при температуре 350–400°С.

Температура воздуха (газа) на входе в установки «УЛОВ-500» и «ПЛАЗКАТ 0,5/2» не должна превышать 30°С и 130°С соответственно, запыленность (содержание взвешенных веществ) не более 20 мг/м<sup>3</sup>, влажность воздуха не должна превышать 95%. При превышении данных параметров необходимо перед установкой применить оборудование для снижения температуры, запыленности и влажности соответственно.

Приведенные в таблице 1 данные показывают значительную дешевизну предлагаемой технологии по сравнению с существующими аналогами.

### Глушение шума в установках с СПГ

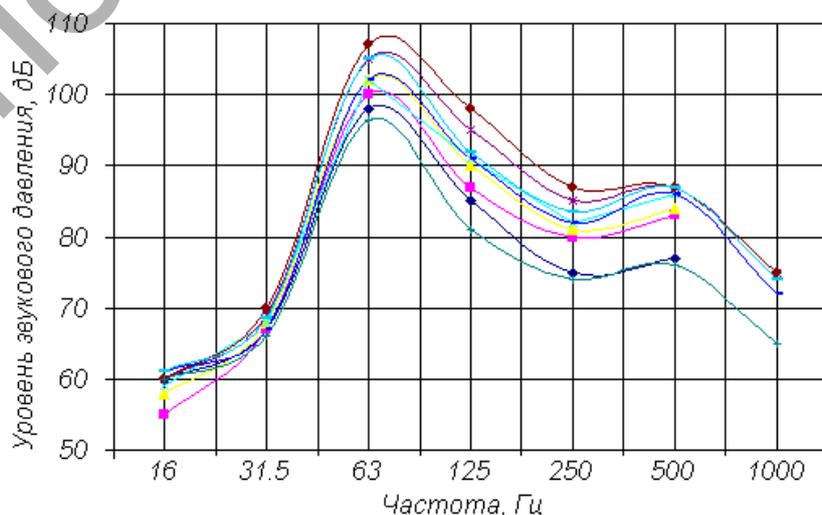
Отрицательным свойством пульсирующего горения является излучение шума от работающих установок СПГ. Измерение уровня шума при СПГ, а также спектральный анализ шума проводился в [1].

Измеренные значения уровня шума при СПГ газа представлены в таблице 2. Измерения производились на расстоянии 1 м от работающей установки (дополнительные меры для глушения шума не предпринимались) [1].

**Таблица 2** –Уровень шума при слоевом пульсирующем горении (СПГ) газа

Измеряемый параметр	Лин	А	В	С
Уровень звуковой мощности, L (дБ)	107	87	100	107

Уровень звукового давления при работе установки СПГ, частотно скорректированный по шкале «А», учитывающей неравномерную чувствительность человеческого уха к колебаниям различной частоты, составил 87 дБА, что превышает предельнодопустимые уровни звука на рабочих местах [2] (80 дБА при средней физической нагрузке и 75 дБА в случае тяжелых нагрузок). Спектр излучаемого установкой шума (на расстоянии 1 м от работающей установки) представлен на рисунке 3 [1].



**Рисунок 3** – Анализ шума при СПГ газа

Частота октавного фильтра, которой соответствует максимальный уровень звукового давления, равна 63 Гц. Вместе с явно выраженной первой гармоникой видно наличие обертонов с частотой 500 Гц, однако их амплитуды на несколько порядков меньше амплитуды первой гармоники и при технических расчетах ими можно пренебречь.

Для практического использования установок с СПГ необходимы мероприятия по снижению излучаемого шума.

В качестве дополнительных мер по глушению шума предлагается следующее:

- в конструкции избегать движущихся частей, а также частей с низкой жесткостью,
- использовать кожух-глушитель, работающий по принципу резонатора Гельмгольца.

Глушение шума осуществляется как на входе воздуха, так и на выходе продуктов сгорания. Расчет размеров кожуха – глушителя производится из условия равенства частоты колебаний давления при слоевом пульсирующем горении и резонансной частоты глушителя ( $f_c = f_p$ ).

Частота колебаний давления при слоевом пульсирующем горении определяется длиной резонансного канала. Резонансная частота для одиночного резонатора Гельмгольца, на которой наблюдается максимальное поглощение энергии согласно [3], определяется из соотношения:

$$f_p = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{K_g}{V}}, \quad (1)$$

где  $K_g$  – проводимость горла отверстия;  $V$  – внутренний объем полости,  $m^3$ .

Проводимость горла можно рассчитать по формуле:

$$K_g = \frac{S_o}{l_o + 0.8d_e}, \quad (2)$$

а внутренний объем полости:

$$V = \frac{\pi L_1}{4} (D_1^2 - D^2), \quad (3)$$

где  $S_o$  – площадь сечения горла резонатора,  $S_o = \pi Dh$ ,  $m^2$ ;

$l_o$  – длина горла резонатора (толщина стенки трубы-резонансного канала), м;

$d_e$  – эквивалентный диаметр горла резонатора, м;

$L_1$  – высота полости (половина длины кожуха),  $L_1 = \frac{L}{2} + h$ , м;

$D_1$  – наружный диаметр кожуха, м;

В случае коаксиального расположения кожуха, горло резонатора Гельмгольца имеет форму цилиндра, эквивалентный диаметр которого:

$$d_e = \frac{4S_o}{P} = \frac{4\pi Dh}{\pi D} = 4h, \quad (4)$$

где  $P$  – периметр горла, м;  $h$  – высота горла, м.

Задаваясь величиной  $h$  и воспользовавшись вышеприведенными выражениями, при известном диаметре  $D$  и длине  $L$  определяем наружный диаметр кожуха – глушителя. При диаметре резонансного канала  $D=0,1$  м, длине  $L=2$  м, высоте горла  $h=0,05$  м, частоте колебаний давления  $f_c=63$  Гц и толщине стенки  $l_o=0,005$  м наружный диаметр кожуха-глушителя составляет  $D_1=0,28$  м.

Уровень снижения шума для данного глушителя можно определить по формуле [3]:

$$\Delta L_k = 10 \cdot \lg \left[ 1 + \frac{(\alpha - \alpha^{-1})^2}{4} \cdot \sin^2(\beta \cdot l_k) \right], \quad (5)$$

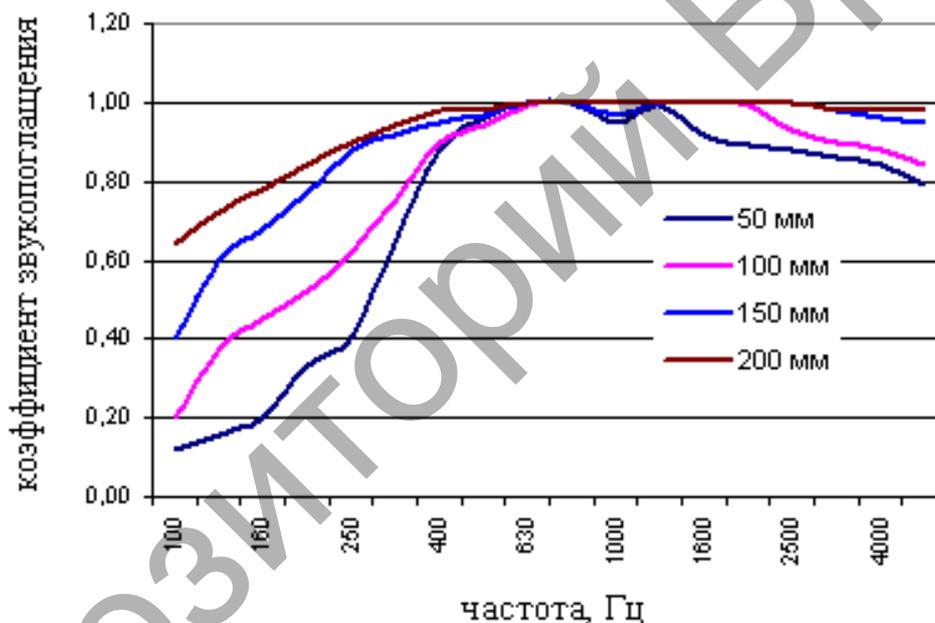
где  $\alpha$  – степень расширения, равная отношению площади сечения кожуха к площади сечения горла;

$l_k$  – длина кожуха, м;  $\beta$  – волновое число, м<sup>-1</sup>.

Ориентировочно при частоте 63 Гц уровень снижения шума для данной конструкции глушителя по формуле (5) составит 11 дБ.

Нанесение на внутренние поверхности кожуха в местах максимального излучения шума звукопоглощающего материала.

В качестве такого может быть использована базальтовая вата, которая не только обладает звукопоглощающими свойствами, но и является негорючим материалом. Зависимость коэффициента звукопоглощения от частоты излучаемого шума для различной толщины базальтовой ваты представлена на рисунке 4 [4].



**Рисунок 4** – Зависимость коэффициента звукопоглощения базальтовой ваты от частоты излучаемого шума

Применение базальтовой ваты толщиной 5 сантиметров при частоте излучаемого шума 63 Гц позволит снизить уровень шума на 9 дБ.

Таким образом, реализация вышеизложенных мер позволяет снизить уровень шума до значений 65÷70 дБ, что не превышает предельнодопустимые уровни звука на рабочих местах.

### Заключение

На основании теоретических и экспериментальных исследований предложены варианты технологических схем с установками слоевого пульсирующего горения, которые характеризуются простотой конструкции, изготовления и сборки.

Технико-экономическая оценка различных технологий по обезвреживанию «дурнопахнущих» выбросов показала экономическую целесообразность применения предлагаемой технологии с установками слоевого пульсирующего горения.

Предложены способы для глушения шума в установках со слоевым пульсирующим горением, позволяющие снизить уровень шума до значений, не превышающих предельнодопустимые уровни звука на рабочих местах.

### Список литературы

1. Тимошук, А.Л. Разработка контактного водонагревателя со слоевым пульсирующим горением газообразного топлива: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.04 / А.Л. Тимошук. – Брест, 2005. – 112 с.
2. Об утверждении Санитарных правил и норм 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» : постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 31 дек. 2002 г., № 158 // Эталон – Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2003.
3. Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / Н.И. Иванов. – М. : Логос, 2008. – 424 с.
4. Акустический комфорт/ ROCKWOOL (официальный сайт). [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rockwool.ru/stonewool/acousticcomfort> – Дата доступа : 13.08.2014.

УДК 631.674: 633.18.03

## ПОВЫШЕНИЕ ДРЕНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ ПРИДУНАЙСКИХ РИСОВЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Приходько Н.В., Филипчук Б.А., Мендусь С.П., Рокочинский А.Н.

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина, [pryhodko\\_natalia@ukr.net](mailto:pryhodko_natalia@ukr.net)

*Substantiated the necessity and proposed solutions for improving the design of rice checks on the Danube RIS by placing of additional closed drainage combined with the deep loosening for enhance of their drainage capacity in the conditions of realization resource-saving water use technology.*

### Введение.

Рисосеяние является одной из наиболее потенциально продуктивных и в то же время самых водо- и энергозатратных отраслей сельского хозяйства. В связи с этим, выполнение современных технологических, экономических и экологических требований к функционированию действующих рисовых оросительных систем (РОС) Украины требует соблюдения ресурсосберегающих принципов ведения аграрного производства.

Обязательным условием эффективного функционирования большинства отечественных рисовых систем, в том числе и Придунайских РОС Одесской области, расположенных на территориях со сложными гидрогеологическими условиями, является обеспечение необходимого промывного водного режима засоленных почв, который достигается путем поверхностного затопления рисовых чеков при соответствующих объемах водоподдачи и водоотведения.

По этой причине существует объективная необходимость разработки новых и усовершенствования существующих режимов орошения риса и технологий водопользования, которые бы соответствовали требованиям ресурсосбережения с соблюдением промывного водного режима орошаемых засоленных почв.