

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

Департамент бакалавриата
(наименование)

20.03.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Безопасность технологических процессов и производств
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему: Исследование и разработка систем обеспечения акустической безопасности окружающей среды посредством подавления негативных шумовых излучений производственно-технологического и инженерно-технического оборудования

Студент

И.А. Болтышев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.В. Краснов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

А.В. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Тема бакалаврской работы: Исследование и разработка систем обеспечения акустической безопасности окружающей среды посредством подавления негативных шумовых излучений производственно-технологического и инженерно-технического оборудования.

Объектом исследования работы являются шумовые излучения производственно-технологического и инженерно-технического оборудования цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

Предметом исследования является акустическая безопасность окружающей среды на химическом предприятии ООО «Тольяттикаучук».

В разделе «Характеристика шумовых излучений оборудования» выполнен анализ шумовых излучений производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, применяемого на современных промышленных предприятиях.

В разделе «Исследование и разработка рекомендаций по проектированию шумопоглощающих конструкций» отражены результаты анализа безопасности объекта с точки зрения охраны труда и охраны окружающей среды в отношении повышенных уровней шума.

В разделе «Разработка шумопоглощающих конструкций для снижения негативных шумовых излучений оборудования» представлены результаты анализа текущего уровня развития техники в рассматриваемом направлении, а также разработаны шумопоглощающие конструкции.

В разделе «Охрана труда» разработан план мероприятий по улучшению условий труда работников цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» за счёт внедрения шумопоглощающих конструкций.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» выполнен анализ шумовой нагрузки промышленных предприятий на окружающую среду, выявлены основные источники выбросов и определены

размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ) по шуму цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

В разделе «Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях» выполнен анализ возможных аварийных ситуаций на территории цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» и разработан алгоритм действий персонала для их ликвидации.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» произведён расчёт эффективности мероприятий по модернизации факельной установки цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

Результатом работы является разработка плана мероприятий по модернизации факельной установки цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

ВКР состоит из семи разделов и содержит: 72 страницы, 8 рисунков, 25 источников, 18 таблиц.

Abstract

The topic of the graduation work is Research and development of systems for ensuring acoustic safety of the environment by suppressing negative noise emissions of industrial, technological and engineering equipment.

The object of the study is the noise emission of production, technological and engineering equipment of the shop IP-3-4 at LLC Tolyattikauchuk.

The subject of the study is the acoustic safety of the environment at the enterprise.

In the section “Characteristics of equipment noise emissions” analysis of noise emissions of production, technological and engineering equipment used in modern industrial enterprises is performed.

Section “Research and development of recommendations for the design of noise-reducing structures” reflects the results of the analysis of the safety of the object from the point of view of labor protection and environmental protection in relation to increased noise levels.

In the section “Development of noise-reducing structures to reduce negative noise emissions of equipment” results of the analysis of the current level of technological development in this direction are presented, and noise-reducing structures are developed.

In the section “Labor Protection”, an action plan is developed to improve the working conditions of the employees of the shop by introducing noise-reducing structures.

In the section “Environmental protection and environmental safety” analysis of the noise load of industrial enterprises on the environment is performed, the main sources of emissions are identified, and the size of the sanitary protection zone for the noise of the shop is determined.

In the section “Protection in emergency and emergency situations” analysis of possible emergency situations on the territory of the shop is performed and an algorithm of personnel actions for their elimination is developed.

In the section “Evaluation of the effectiveness of measures to ensure technosphere safety” effectiveness of measures to modernize the flare installation of the shop is calculated.

The result of the work is the development of an action plan for the modernization of the flare installation of the of the shop IP-3-4 at LLC Tolyattikauchuk.

The graduation work consists of seven chapters and contains 72 pages, 8 figures, a list of 25 references, and 18 tables.

Содержание

Введение.....	7
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Характеристика шумовых излучений оборудования	10
2 Исследование и разработка рекомендаций по проектированию шумопоглощающих конструкций	21
2.1 Нормативное регулирование уровней шума производственного оборудования	21
2.2 Методика проведения исследования акустических материалов и конструкций	25
2.3 Анализ результатов расчётно-экспериментальных исследований акустических материалов и конструкций	26
2.4 Рекомендации по разработке эффективных систем обеспечения акустической безопасности окружающей среды	35
3 Разработка шумопоглощающих конструкций для снижения негативных шумовых излучений оборудования.....	40
4 Охрана труда.....	46
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	49
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях	51
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	54
Заключение	66
Список используемых источников.....	69

Введение

Существует несколько способов управления шумом, которые могут варьироваться от одного рабочего места к другому. Не существует единой стандартной методики или решения, подходящего для каждой ситуации. Хорошее понимание работы установки и рабочих процессов необходимо для определения наиболее эффективного метода устранения, минимизации или контроля шума.

В тех случаях, когда оценка риска определяет, что люди подвергаются воздействию опасных уровней шума на работе, работодатели должны принять меры по контролю связанных с ними рисков. Эти меры обычно включают в себя комбинацию методов, таких как контроль шума в источнике, изменение структуры рабочих станций и реорганизация рабочих процессов.

Работодатели должны убедиться в том, что:

- все связанные с шумом опасности были идентифицированы и оценены;
- введенные меры контроля шума работают эффективно;
- введенные меры контроля не создали новых опасностей для работников.

На примере производственно-технологического и инженерно-технического оборудования цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» необходимо исследовать шумовые излучения на рабочих местах персонала.

Цель бакалаврской работы – разработка шумопонижающих конструкций для снижения негативных шумовых излучений оборудования в ООО «Тольяттикаучук».

Задачи, решение которых приведёт к достижению цели бакалаврской работы:

- проанализировать нормативное регулирование уровней шума производственного оборудования;

- проанализировать методики проведения исследования акустических материалов и конструкций;
- проанализировать результаты расчётно-экспериментальных исследований акустических материалов и конструкций;
- предложить рекомендации по разработке эффективных систем обеспечения акустической безопасности окружающей среды;
- разработать шумопонижающие конструкции для снижения негативных шумовых излучений оборудования;
- проанализировать эффективность разработанных шумопонижающих конструкций в отношении улучшения условий труда работников предприятия и снижения производственного травматизма;
- разработать план мероприятий по улучшению условий труда за счёт внедрения шумопонижающих конструкций;
- выполнить анализ шумовой нагрузки промышленных предприятий на окружающую среду;
- оценить эффективность разработанных шумопонижающих конструкций в отношении снижения шумовой нагрузки на окружающую среду.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения и обозначения:

АВГ – аппарат воздушный горизонтальный.

АВЗ – аппарат воздушного охлаждения зигзагообразный.

БК – бутылкачук.

ИШ – источник шума.

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика.

КОН – гидроксид калия.

МТБЭ – метил-трет-бутиловый эфир.

ООС – охрана окружающей среды.

ОТ – охрана труда.

ПБ – производственная безопасность.

ПДУ – предельно-допустимый уровень.

ППК – пружинный предохранительный клапан.

РТ – расчётная точка.

СЗЗ – санитарно-защитная зона.

СКИ – синтетический каучук изопреновый.

УЗД – уровень звукового давления.

УЗ – уровень звука.

Лавт. – уровень звука от проезда 1-й единицы транспорта.

1 Характеристика шумовых излучений оборудования

Рассмотрим показатели шумового излучения промышленных предприятий на примере производственно-технологического и инженерно-технического оборудования цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

ООО «Тольяттикаучук» расположено по ул. Новозаводская, 8 в Центральном районе г. Тольятти Самарской области в пяти километрах от административного центра города и занимает площадь 240 га с коэффициентом застройки 0,8. Граничит с северной стороны с ТО ТЭЦ, с восточной стороны – поливные участки, с западной стороны – административная зона, с южной стороны – территория ОАО «Волгоцеммаш».

ООО «Тольяттикаучук» предназначено для выпуска синтетического каучука различных марок и состоит из 4-х производств. Количество работающих 6600 человек. Режим работы круглосуточный.

На территорию предприятия имеются три въезда для автомобильного транспорта – с восточной, южной и западной сторон, и три въезда для железнодорожного транспорта – с восточной стороны.

В работе рассмотрим цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

Цех ИП-3-4 состоящий из производственного корпуса и наружной установки. Корпус площадью 2800 м², высотой 7,2 м, выполнен из железобетонных конструкций, стены кирпичные, перекрытия частично – легкосбрасываемые. В корпусе расположены: подстанция, операторная, насосная и компрессорная. Здание 2-й степени огнестойкости. Наружная установка площадью 5000 м² с верхней отметкой аппаратов 37 м. Степень огнестойкости наружной установки 3 «А». Цех предназначен для выделения из контактного газа изопентан-изоамиленовой фракции и разделения ее на изоамилены и изопентан, получения холода, в настоящее время смонтированы и находятся в работе установки по получению МТБЭ и ДЭГА. По пожарной опасности относится к категории «А».

Отделение ИП-4«б» состоит из одноэтажного здания операторной площадью 70 м² и 3-х отдельно стоящих печей сжигания. Операторная 2-й степени огнестойкости. Цех предназначен для разделения и сжигания жидких отходов производства. Категория производства «А».

Расположение производственно-технологического и инженерно-технического оборудования отделений ИП-3 и ИП-4 ООО «Тольяттикаучук» представлено на рисунке 1.

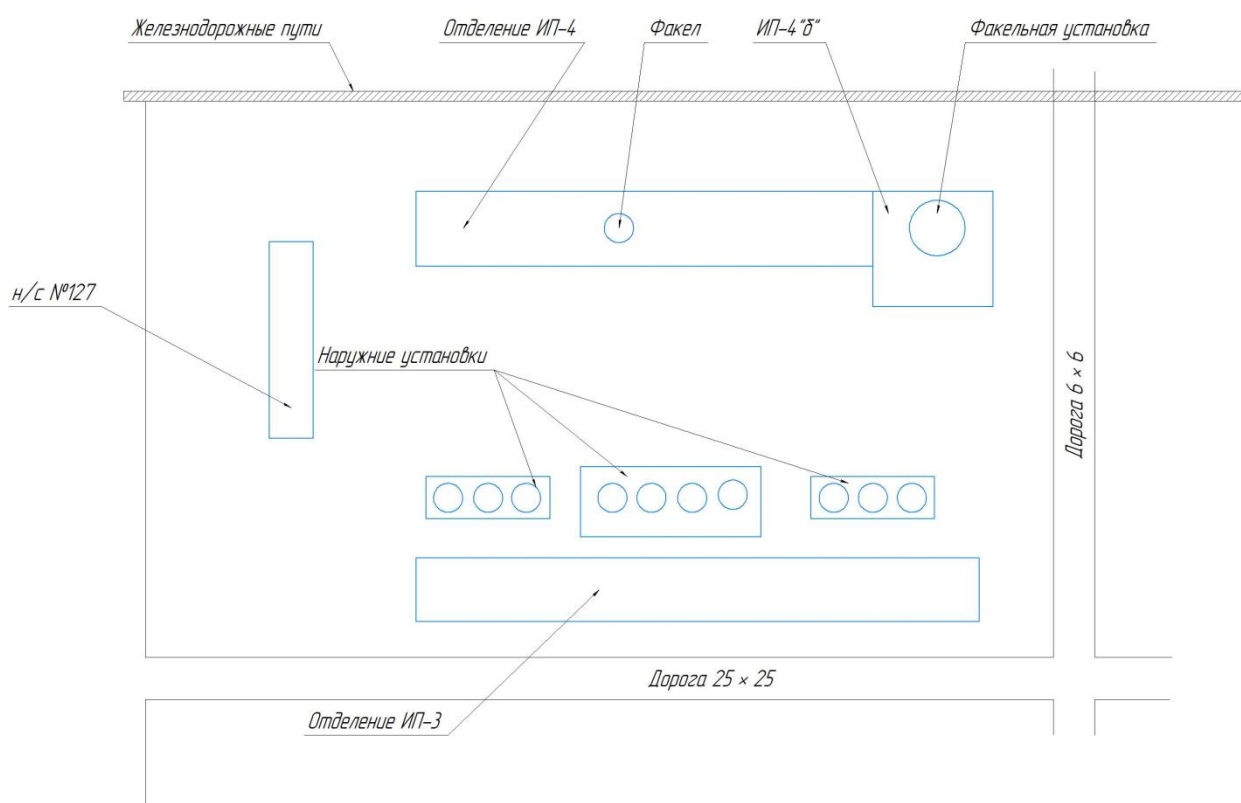


Рисунок 1 – Расположение производственно-технологического и инженерно-технического оборудования цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук»

Установка синтеза метил-трет-бутилового эфира и очистки изопентана-растворителя (далее по тексту ИП-3-4) состоит из отделения ИП-3 и отделения ИП-4:

Отделение ИП-3 включает в себя:

- установку синтеза метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ);
- установку сепарации газов, стравливаемых на факел;

– установку производства холода [3].

Отделение ИП-4 включает в себя:

- установку очистки изопентана от микропримесей, используемого в процессе полимеризации при получении каучука СКИ и БК;
- установку азеотропной осушки и ректификации изопентан-изопреновой фракции от легких и тяжелых углеводородов;
- установку выделения толуольной фракции из кубовой жидкости колонны 207/II.

Установка синтеза МТБЭ предназначена для получения метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) методом синтеза из изобутилена и метанола, с последующим выделением товарного продукта [3].

Принципиальная технологическая схема получения МТБЭ представлена на рисунке 2.

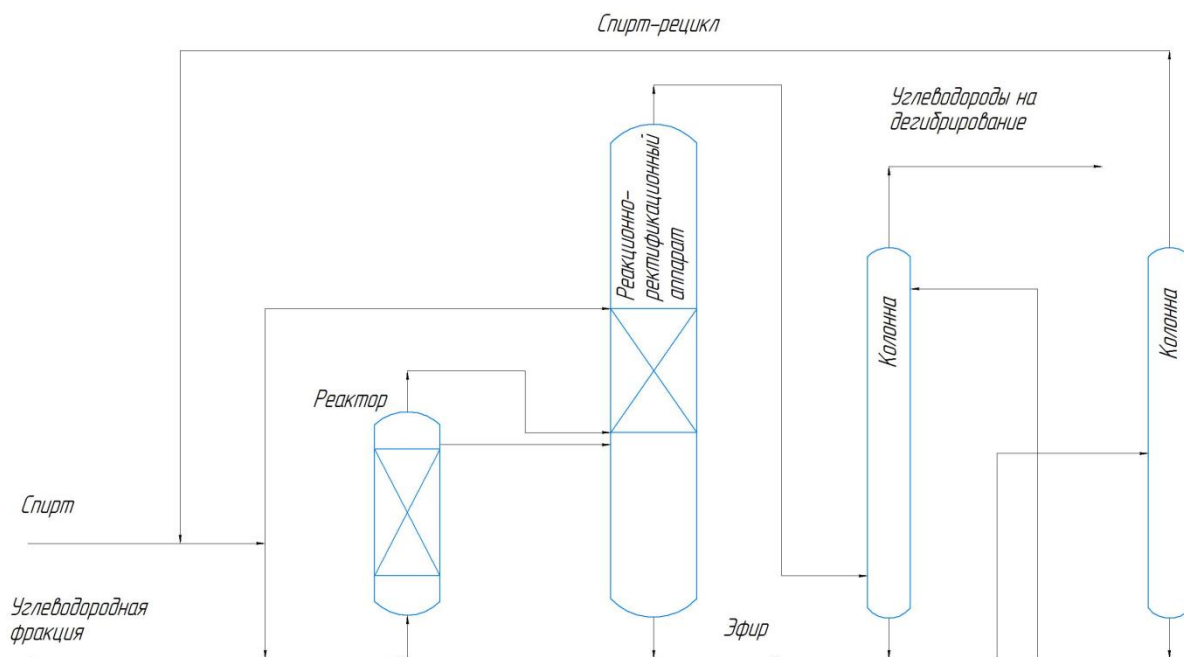


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема получения МТБЭ

Взрывопожароопасность установки ИП-3-4 обусловлена применением в производствах продуктов, способных образовывать взрывоопасные

концентрации паров при аварийных разливах из-за разгерметизации технологического оборудования, коммуникаций [14].

Образование взрывоопасных смесей возможно и в оборудовании при попадании в него кислорода воздуха, в канализационных сетях – при попадании в них углеводородов [14].

Установка синтеза МТБЭ предназначена для синтеза и выделения товарного МТБЭ. Процесс получения МТБЭ состоит из следующих стадий:

- синтез МТБЭ в реакторном блоке в присутствии катализатора – макропористых сульфокатионитов, при повышенных температуре и давлении;
- разделение реакционной смеси и выделение товарного МТБЭ на узле ректификации;
- отмывка водой отработанных углеводородов от метанола;
- выделение метанола из промывной воды [3].

Вспомогательные стадии процесса:

- периодическая дозировка 20 % раствора КОН, для поддержания рН 7,5-8,5 фузельной воды, из емкости № 127 на всас насоса 134;
- узел сбора парового конденсата.

Установка сепарации газов, стравливаемых на факел, предназначена для разделения жидких и газообразных углеводородов, стравливаемых на факел с установки ИП-3-4, а также из теплотехнического цеха и подачи газообразных углеводородов на факельную установку.

Установка очистки изопентана от микропримесей предназначена для очистки изопентана, используемого в процессе полимеризации при получении каучука марки СКИ и БК. Установка состоит из следующих стадий:

- очистка изопентана от циклопентадиена;
- очистка изопентана от карбонильных соединений;
- очистка изопентана от ацетиленовых соединений [20].

Вспомогательные стадии процесса – активация (регенерация) катализатора «Никель на кизельгуре» в реакторах гидрирования ацетиленовых соединений.

Установка азеотропной осушки и ректификации изопентан-изопреновой фракции от легких и тяжелых углеводородов. Установка состоит из следующих стадий:

- азеотропная осушка возвратной изопентан-изопреновой фракции,
- ректификации возвратной изопентан-изопреновой фракции.

Вспомогательные стадии процесса: подача ингибитора коррозии на установку выделения толуола из кубовой жидкости колонны 207/II.

Установка выделения толуольной фракции из кубовой жидкости колонны 207/II предназначена для выделения толуола.

Допустимое (предельное) количество людей, которые могут одновременно находиться в помещении операторной АБК на 2 этаже не более 50 человек, в административном корпусе на 1 этаже – не более 50 человек.

Сброс паров изопентана производится в существующую закрытую систему утилизации абгазов производства МТБЭ – на факельную установку.

На участке цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» источниками шума являются:

- аппарат компрессорный (АВЗ) Т-210;
- печи ИП-4«б»;
- вентиляционное оборудование;
- установка синтеза МТБЭ;
- аппарат воздушный горизонтальный (АВГ);
- разгрузка-погрузка железнодорожного транспорта;
- проезд и стоянка автотранспорта;
- факелы;
- установка холодильных циклов.

Показатели шумового излучения представлены отделом по ПБ, ОТ и ООС ООО «Тольяттикаучук».

Перечень источников шума представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень источников шума

Номер источника шума (ИШ)	Описание
1	Аппарат компрессорный (АВЗ) Т-210
2	Аппарат воздушный горизонтальный отделения ИП-4
3	Установка синтеза МТБЭ
4	Факел ИП-4«б»
5	Печи ИП-4«б»
6	Вентиляционное оборудование
7	Холодильные установки
8	Факел факельного хозяйства
9	Транспорт предприятия

«Во всех нефтехимических производствах имеются постоянные источники интенсивного шума. Его эквивалентный уровень наиболее высок для машинистов насосных и компрессорных установок (91–95 дБА), а также аппаратчиков в производстве синтетических каучуков» [7].

«Особенности излучения шума от источников позволяют определить величину их шумового воздействия как внутри помещений, так и на окружающий район» [17].

«Расчет уровней шума в точке приемника или распространение шума от одной до другой точки часто из-за огромного объема данных, характерных для измерений в реальном масштабе времени, может быть выполнен только при помощи компьютера» [16].

«Уровни шума в точке приемника можно не измерять, а рассчитать. Можно также рассчитать и уровень распространения шума от одной точки измерений до другой» [16].

«В перечисленных ниже случаях для определения уровня шума предпочтительнее выполнять расчеты, которые могут представлять собой единственно применимый на практике метод:

- при измерении уровня шума в условиях сильного «загрязнения» высокочастотными фоновыми шумами, например, при определении шума промышленного предприятия, расположенного в непосредственной близости от нагруженной автомобильной трассы;
- при необходимости составления прогнозов относительно будущих уровней шума;
- для сравнения альтернативных сценариев развития района и снижения уровня зашумленности;
- при создании шумовых контурных диаграмм;
- в случае ограниченного доступа к точке измерений» [16].

«Расчет обычно выполняется в соответствии с алгоритмом» [16].

Этапы расчёта уровней шума представлены на рисунке 3.

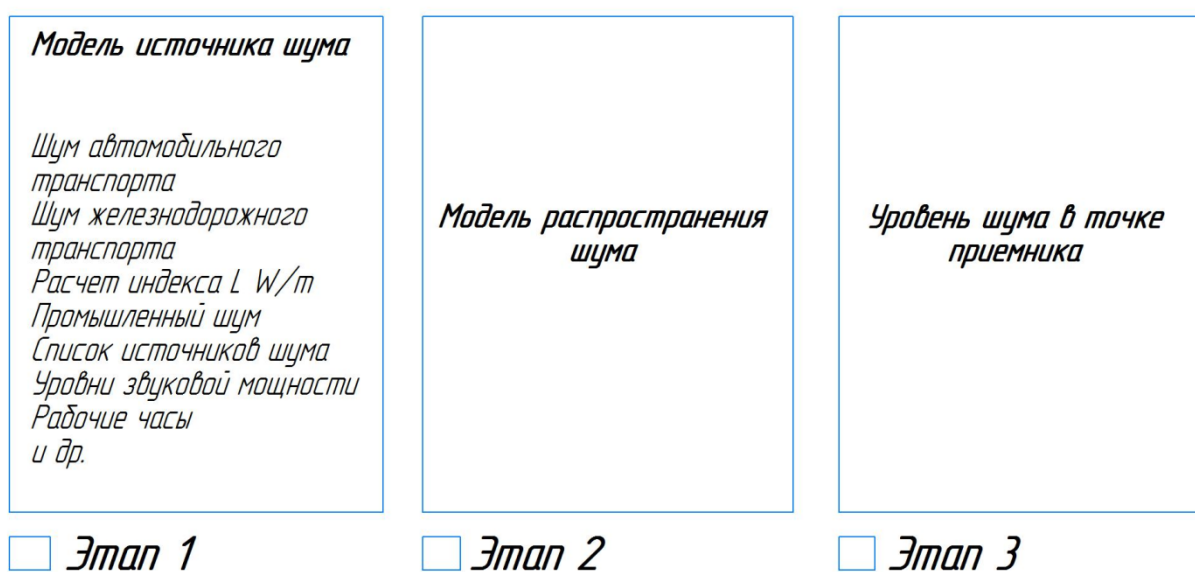


Рисунок 3 – Этапы расчета уровней шума

«Алгоритмы часто «завязаны» на источник, поэтому их применение ограничивается только конкретным источником шума. Исключение из этого правила составляет только международный стандарт МЭК 9613, в котором уровни шума в точках приемника определяются на основе уровней звуковой

мощности идентифицированных источников. Использование для определения уровней шума уровней звуковой мощности обеспечивает независимость стандарта от типа источника шума (однако стандарт содержит ограничения относительно источников высокопрерывистых шумов и высокоскоростных источников)» [16].

В рамках работы были проведены измерения уровней звукового давления (УЗД) и уровней звука (УЗ) источников шума на территории цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» при помощи портативного шумомера NL-52 Rion.

Звуковые давления можно определить в каждой из восьми октавных полос в интервале частот 63 Гц-8кГц.

Шумовые характеристики оборудования цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», полученные в результате замеров и принимаемые для расчетов, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Шумовые характеристики оборудования цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук»

Источник	Базовое расстояние, м	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот, Гц								Уровень звука
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ИШ1	2	73,7	73,7	76,0	71,3	67,9	65,6	58,5	50,1	73,5
ИШ2	2	76,6	73,9	73,1	72,9	70,7	67,1	64,7	60,0	75,4
ИШ3	5	67,5	61,1	55,0	52,5	52,5	51,3	46,1	37,8	57,6
ИШ4	50	83,2	76,7	71,2	66,1	65,4	59,1	54,7	49,6	70,0
ИШ5	50	66,9	59,6	55,2	54,3	54,9	53,3	49,1	44,3	59,6
ИШ6	5	73,2	70,2	70,4	72,8	75,4	81,1	84,8	79,4	88,3
ИШ7	5	78,2	73,3	68,5	65,5	63,6	62,8	60,3	51,6	69,7
ИШ8	50	91,1	88,0	83,2	79,9	78,5	76,2	71,3	62,8	91,1
ИШ9	1	68,7	68,7	68,8	70,8	70,8	69,9	67,9	63,1	76,1

«При анализе источников шума учитывают следующие факторы:

- размещение источников (внутри помещений или на открытом воздухе);
- уровень излучаемой звуковой мощности;
- характер шума (тональный или широкополосный);
- временная характеристика излучаемого шума (временный, постоянный или прерывистый);
- характер направленности шума от источника;
- место расположение над уровнем земли для источников, находящихся на открытом воздухе» [17].

Уровень шума факельной установки зависит от давления и механической энергии сбрасываемого на факел потока. Уровень шума при сбросе азота через факельную установку колеблется в пределах 80-110 дБ при звуковой мощности 10^{-12} Вт и достигает максимума в полосе частот месту 1-2 кГц [4].

«Наиболее мощным источником шумового воздействия на окружающую среду является выброс пара в атмосферу, при котором происходит временное превышение уровня звука на 30-40 дБА в радиусе нескольких километров» [17].

«Паровые выбросы происходят при пускоостановочных операциях на котлах и во многих случаях, являются обязательными в технологическом процессе. Шум образуется за счет сильной турбулизации струи парового потока» [17].

Одним из основных источников шума высоких факельных установок является факельная горелка. Это объясняется неравномерностью процесса горения.

В зоне турбулентного горения поток продуктов реакции не является равномерным, что связано с беспорядочным изменением его скорости и повторным вовлечением продуктов сгорания в зону пламени. При этом

создаются нестабильные условия горения, сопровождаемые процессом неполного сгорания.

На рисунке 3 изображена факельная установка.

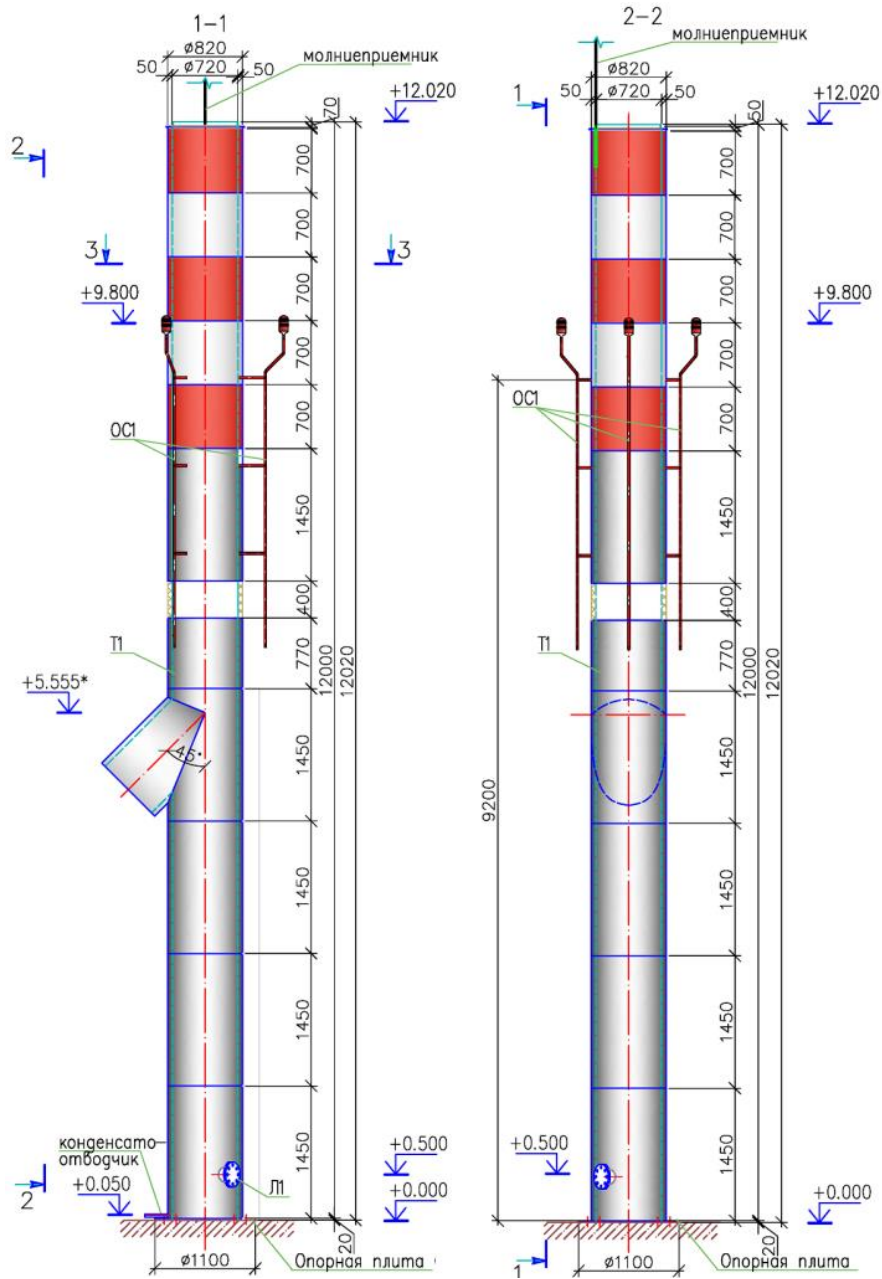


Рисунок 3 – Факельная установка

Зависимость уровня мощности шума факельной установки от спектра частот для дросселируемой звуковой среды показана на рисунке 4.

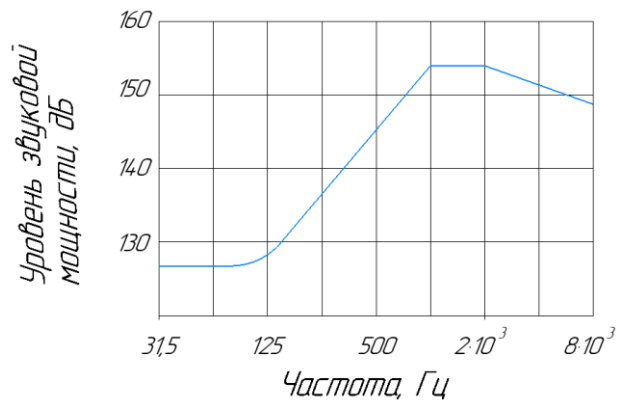


Рисунок 4 – Зависимость уровня мощности шума факельной установки от спектра частот для дросселируемой звуковой среды

Вывод: наибольший уровень шума на исследуемом объекте исходит от факельной установки факельного хозяйства. Уровень шума при сбросе азота через факельную установку колеблется в пределах 80-110 дБ при звуковой мощности 10^{-12} Вт и достигает максимума в полосе частот месту 1-2 кГц. Шум факельной установки при сбросе через неё газа может возникать из-за превышения скорости звука, возникающего в результате расширения газа при прохождении его через регулирующий клапан и при выходе его из трубы.

2 Исследование и разработка рекомендаций по проектированию шумопоглощающих конструкций

2.1 Нормативное регулирование уровней шума производственного оборудования

Производственная среда представляет собой совокупность условий, в которых выполняется работа (условия труда включают в себя: физические, социальные, психологические и экологические факторы).

Производственный шум – шум на рабочих местах в помещении или на территории организации, возникающий при производственных процессах.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления L , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Нормируемыми параметрами непостоянного шума также являются эквивалентные уровни звука, $L_{A_{ЭКВ}}$, дБА.

Расчет уровней звукового давления L в дБ выполняется согласно нормам по формуле для октавных полос со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц по формуле:

$$L = L_r - 20 \lg \frac{r}{r_0} + 10 \lg \Phi - \beta_a r / 1000, \text{ дБ} \quad (1)$$

где L_r – шумовая характеристика источника, дБ;

r – расстояние в метрах от источника шума до расчетной точки;

r_0 – базовое расстояние, м;

Φ – фактор направленности источника шума, безразмерный; для источника шума с равномерным излучением звука $\Phi=1$;

β_a – затухание звука в атмосфере в дБ/км, принимаемое по таблице

(5) СП 51.13330.2011 [15].

Расчет суммарных октавных уровней звукового давления L в дБ выполняется для октавных полос со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц от всех источников шума по формуле СП 51.13330.2011 [15]:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum 10^{0.1L_i} \quad (2)$$

где L_i – уровень звукового давления от i -го источника, дБ.

Предельно допустимые уровни звукового давления на селитебной территории, в жилых и общественных зданиях устанавливаются санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [19].

Шум от работы автотранспорта, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, является непостоянным и оценивается эквивалентным (по энергии) уровнем звука. Оценка производится для дневного времени суток [19].

Эквивалентный уровень звука для малых интенсивностей движения определяется по формуле:

$$L_{\text{экв.терр.}} = L_{\text{тр.}} + 10 \times \lg \times \frac{n \times t_i}{T} - \frac{5 \lg r}{r_0} - \frac{\beta r}{1000} \quad (3)$$

где $L_{\text{экв.терр.}}$ – эквивалентный уровень звука в расчетной точке на границе территории предприятия, дБА;

$L_{\text{тр.}}$ – уровень звука от проезда 1-й единицы транспорта;

t_i – время движения транспорта при проезде мимо расчетной точки;

T – время, в течение которого определяется эквивалентный уровень, (60 минут);

r – расстояние от источника шума до расчетной точки;

r_0 – опорное расстояние от источника шума до точки измерения шума;

n – количество транспорта выезжающего в течение расчетного времени, шт;

β – затухание звука в атмосфере в дБ/км, принимаемое по СП 51.13330.2011 [15].

Требуемое снижение уровней звукового давления, дБ (уровней звука, дБА) в расчетной точке на территории определяют по формуле:

$$\Delta L_{мер} = L_{сум} - L_{доп} \quad (4)$$

где $L_{сум}$ – суммарный уровень звукового давления (уровень звука), рассчитанный в расчетной точке, дБ (дБА);

$L_{доп}$ – допустимый уровень звукового давления (уровень звука), дБ (дБА).

Максимальный уровень звука для малых интенсивностей движения рассчитывается по формуле:

$$L_{мах.терр.} = L_{авт.} + 10 \times \lg n - \frac{5 \lg r}{r_0} - \frac{\beta r}{1000} \quad (5)$$

где $L_{мах.терр.}$ – максимальный уровень звука в расчетной точке на границе территории предприятия;

$L_{авт.}$ – уровень звука от проезда 1-й единицы транспорта;

r – расстояние от источника шума до расчетной точки;

r_0 – опорное расстояние от источника шума до точки измерения шума;

n – количество транспорта, проезжающих одновременно, шт;

β – затухание звука в атмосфере в дБ/км, принимаемое по СП 51.13330.2011 [15].

Эквивалентные уровни шума тепловозов составляют 59 дБА с учетом интенсивности работы 1 пара в час грузовых маневровых тепловозов, скорости 20 км/ч и длины тепловозов 400 м. Максимальные уровни звука (УЗ) составляют 73 дБА на расстоянии 25 м. с учетом поправки на скорость движения поезда [13].

Ожидаемый эквивалентный уровень звука определяется по выражению:

$$L_{\text{экв}} = L_{\text{экв. тепл.}} + 10 \times \lg \frac{n \times t_i}{T} \quad (6)$$

где $L_{\text{экв. тепл.}}$ – эквивалентный уровень звука одного тепловоза, дБА;

n – количество тепловозов, ед/час;

t_i – время движения тепловоза;

T – время, в течение которого вычисляется эквивалентный уровень (1 час – для дневного времени суток).

Время работы для тепловоза 1 – 730 час/год, время работы для тепловоза 2 – 34 час/год; время работы для тепловоза 3 – 146 час/год.

Ожидаемый эквивалентный уровень звука определяется по выражению:

$$L_{\text{мах.}} = L_{\text{мах. тепл.}} + 10 \times \lg \times n_1 \quad (7)$$

где $L_{\text{мах. тепл.}}$ – максимальный уровень звука от одного тепловоза, дБА;

n_1 – количество тепловозов проезжающих одновременно.

Для предотвращения вредного воздействия производственного шума необходимо: 1) устранять или ослаблять причины, порождающие шум; 2) не допускать распространение шума; 3) предотвращать усиление шума; 4) рационально планировать территорию предприятия, с учетом объектов создающих шум.

Работа с научно-технической литературой позволила сформировать комплексное представление об источниках шума на предприятии.

2.2 Методика проведения исследований акустических материалов и конструкций

Снижение шума от производственно-технологического и инженерно-технического оборудования достигается проведением строительно-акустических мероприятий.

Для снижения шума от факельных установок и систем наиболее эффективными средствами являются глушители.

По принципу действия глушители шума делятся на глушители активного типа и реактивного типа. В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях. В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с объемом воздуховода с помощью труб, щелей и отверстий.

Шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн. Камеры могут быть внутри облицованы звукопоглощающим материалом; тогда в низкочастотной области они работают как отражатели, а в высокочастотной – как поглотители звука.

В последние годы получил распространение новый вид активных глушителей шума из пористых материалов (поролон, пенопласт, высокопористые металлы и керамика). Уменьшение уровня звуковой мощности в этих глушителях обусловлено большими потерями на трение в порах материала при прохождении через него воздуха. Снижение уровня звуковой мощности в таких глушителях составляет от 15 дБ на низких и средних частотах до 25-30 дБ – на высоких.

В большинстве случаев для обеспечения наибольшей эффективности глушителя целесообразно использовать лабиринтный уплотнитель, устанавливаемый на факельной установке.

Отверстия в соплах для подачи водяного пара должны быть рассчитаны так, чтобы пропускать необходимое количество водяного пара при минимальном перепаде давления.

Целесообразно использовать несколько небольших сопел вместо одного большого.

Если необходим большой перепад давлений, то целесообразно использовать несколько небольших перепадов давлений.

Обычно в факельных установках пар подают к инжекторам при избыточном давлении 700-1000 кПа.

Сухой водяной пар имеет преимущества перед влажным, так как при применении последнего уровень шума увеличивается, что обусловлено испарением частиц воды, попадающих в пламя. Чем быстрее водяной пар смешивается с воздухом, тем меньше шум.

2.3 Анализ результатов расчётно-экспериментальных исследований акустических материалов и конструкций

Ранее были идентифицированы 10 источников шума на территории отделения ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» и рассмотрены формулы для расчёта:

- уровней звукового давления;
- суммарных октавных уровней звукового давления;
- эквивалентный уровень звука автотранспорта;
- максимальный уровень звука автотранспорта;
- эквивалентный уровень звука тепловоза;
- максимальный уровень звука тепловоза;
- требуемое снижение уровней звукового давления.

Определим расстояния, на котором достигаются предельно-допустимые уровни (ПДУ) для постоянных источников шума. Результаты расчетов расстояний от источников шума, на которых достигаются

предельно-допустимые уровни (ПДУ) в северном направлении представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов расстояний от источников шума, на которых достигаются ПДУ в северном направлении

Примечание	Уровни звуковой давления, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lp от ИШ8	91,1	88,0	83,2	79,9	78,5	76,2	71,3	62,8
Lнорм	62	52	44	39	35	32	30	28
Требуемое снижение	29,12	36,01	39,19	40,86	43,5	44,15	41,3	34,76
Расстояние	143	310	425	470	520	440	273	132

Результаты расчетов расстояний от источников шума, на которых достигаются ПДУ в южном направлении, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов расстояний от источников шума, на которых достигаются ПДУ в южном направлении

Примечание	Уровни звуковой давления, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lp от ИШ4	73,2	70,2	70,4	72,8	75,4	81,1	84,8	79,4
Lнорм	62	52	44	39	35	32	30	28
Требуемое снижение	11,2	18,2	26,4	33,8	40,4	49,1	54,8	51,4
Расстояние	19	41	104	230	400	615	570	320

Результаты расчетов расстояний от источников шума, на которых достигаются ПДУ в западном направлении, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов расстояний от источников шума, на которых достигаются ПДУ в западном направлении

Примечание	Уровни звуковой давления, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lp от ИШ5	66,9	59,6	55,2	54,3	54,9	53,3	49,1	44,3
Lнорм	62	52	44	39	35	32	30	28
Требуемое снижение	4,9	7,61	11,16	15,3	19,94	21,25	19,12	16,29
Расстояние	88	119	175	266	383	355	236	146

Результаты расчетов расстояний от источников шума на которых достигаются ПДУ в восточном направлении представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчетов расстояний от источников шума, на которых достигаются ПДУ в восточном направлении

Примечание	Уровни звуковой давления, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lp от ИШ7	78,2	73,3	68,5	65,5	63,6	62,8	60,3	51,6
Lнорм	62	52	44	39	35	32	30	28
Требуемое снижение	16,2	21,3	24,5	26,5	28,6	30,8	30,3	23,6
Расстояние	33	58	83	102	125	145	118	56

Таким образом, по полученным результатам расчётов можно определить размеры зоны ПДУ по шуму от основных источников акустического загрязнения ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

Из расчетов, представленных в таблице 3, следует, что ПДУ в северном направлении от ИШ8 по фактору шума будут достигнуты на расстоянии 880 метров.

Из расчетов, представленных в таблице 4, следует, что ПДУ в южном направлении от ИШ4 по фактору шума будут достигнуты на расстоянии 615 метров.

Из расчетов, представленных в таблице 5, следует, что ПДУ в западном направлении от ИШ5 по фактору шума будут достигнуты на расстоянии 383 метров.

Из расчетов, представленных в таблице 6, следует, что ПДУ в восточном направлении от ИШ7 по фактору шума будут достигнуты на расстоянии 145 метров.

Таким образом, определилась зона, в которой ПДУ по шуму от основных источников акустического загрязнения ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» которая будет иметь следующие размеры:

- с севера – 880 м от северной границы участка;
- с юга – 615 м от южной границы участка;
- с востока – 383 м от восточной границы участка;
- с запада – 145 м от западной границы участка.

Определим ожидаемые уровни шума в расчетных точках и требуемого снижения шума от автотранспорта на территории ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

Месторасположение расчетных точек указано в таблице 7.

Таблица 7 – Месторасположение расчетных точек

№ РТ	Примечание
1	Точка на границе цеха в северном направлении
2	Точка на границе цеха в северо-восточном направлении
3	Точка на границе цеха в восточном направлении
4	Точка на границе цеха в юго-восточном направлении
5	Точка на границе цеха в южном направлении
6	Точка на границе цеха в юго-западном направлении
7	Точка на границе цеха в западном направлении
8	Точка на границе цеха в северо-западном направлении

Расчетное значение уровней звука в расчетных точках представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Расчетное значение уровней звука в расчетных точках

от проезда в гараж легкового автотранспорта							
Оценка эквивалентного уровня шума							
№ расчетных точек	расстояние в м.	Лавт., дБА	$10\lg(n \times t_i / T)$	$20\lg(r/r_0)$	Лэкв терр.	Нормы ПДУ,	Превышение
РТ1	140	59	-0,8	45,4	12,8	55	-42,2
РТ2	202	59	-0,8	48,6	9,6	55	-45,4
РТ3	190	59	-0,8	48,1	10,1	55	-44,9
РТ4	209	59	-0,8	48,9	9,3	55	-45,7
РТ5	228	59	-0,8	49,7	8,6	55	-46,4
РТ6	316	59	-0,8	52,5	5,7	55	-49,3
РТ7	299	59	-0,8	52,0	6,2	55	-48,8
РТ8	171	59	-0,8	47,2	11,0	55	-44,0

Расчетные эквивалентные УЗ от проезда в гараж легкового автотранспорта не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА).

Расчетное значение уровней звука в расчетных точках от проезда грузового автотранспорта грузоподъемностью до 3,5 т. представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Расчетное значение уровней звука в расчетных точках от проезда грузового автотранспорта грузоподъемностью до 3,5 т.

от проезда в гараж грузового автотранспорта грузоподъемностью до 3,5 тонн							
Оценка эквивалентного уровня шума							
№ расчетных точек	расстояние в м.	Лавт., дБА	$10\lg(n \times t_i / T)$	$20\lg(r/r_0)$	Лэкв терр.	Нормы ПДУ,	Превышение
РТ1	1400	65	1,8	45,4	21,3	55	-33,7
РТ2	2020	65	1,8	48,6	18,2	55	-36,8
РТ3	1900	65	1,8	48,1	18,7	55	-36,3
РТ4	2090	65	1,8	48,9	17,9	55	-37,1
РТ5	2280	65	1,8	49,7	17,1	55	-37,9
РТ6	3160	65	1,8	52,5	14,3	55	-40,7
РТ7	2990	65	1,8	52,0	14,7	55	-40,3
РТ8	1710	65	1,8	47,2	19,6	55	-35,4

Расчетные эквивалентные УЗ от проезда в гараж грузового автотранспорта грузоподъемностью до 3,5 тонн не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА).

«Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей должно рассматриваться как несоответствие настоящим санитарным нормам» [19].

Расчетное значение уровней звука от проезда грузового автотранспорта грузоподъемностью свыше 3,5 т. представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Расчетное значение уровней звука от проезда грузового автотранспорта грузоподъемностью свыше 3,5 т. в расчетных точках.

от проезда в гараж грузового автотранспорта грузоподъемностью свыше 3,5 тонн							
Оценка эквивалентного уровня шума							
№ расчетных точек	расстояние в м.	Лавт., дБА	$10\lg(n \times t_i / T)$	$20\lg(r/r_0)$	Лэкв терр.	Нормы ПДУ,	Превышение
РТ1	1400	70	1,2	45,4	25,8	55	-29,2
РТ2	2020	70	1,2	48,6	22,6	55	-32,4
РТ3	1900	70	1,2	48,1	23,2	55	-31,8
РТ4	2090	70	1,2	48,9	22,3	55	-32,7
РТ5	2280	70	1,2	49,7	21,6	55	-33,4
РТ6	3160	70	1,2	52,5	18,8	55	-36,2
РТ7	2990	70	1,2	52,0	19,2	55	-35,8
РТ8	1710	70	1,2	47,2	24,1	55	-30,9

Расчетные эквивалентные УЗ от проезда в гараж грузового автотранспорта грузоподъемностью свыше 3,5 тонн не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА).

Расчетное значение уровней звука от проезда трактора МТЗ-82/1 в расчетных точках представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Расчетное значение уровней звука от проезда трактора МТЗ-82/1 в расчетных точках

от проезда трактора МТЗ-82/1							
Оценка эквивалентного уровня шума							
№ расчетных точек	расстояние в м.	Лавт., дБА	$10\lg(n \times t_i / T)$	$20\lg(r/r_0)$	Лэкв терр.	Нормы ПДУ,	Превышение
РТ1	1400	80	-7,8	45,4	26,8	55	-28,2
РТ2	2020	80	-7,8	48,6	23,6	55	-31,4
РТ3	1900	80	-7,8	48,1	24,1	55	-30,9
РТ4	2090	80	-7,8	48,9	23,3	55	-31,7
РТ5	2280	80	-7,8	49,7	22,6	55	-32,4
РТ6	3160	80	-7,8	52,5	19,7	55	-35,3
РТ7	2990	80	-7,8	52,0	20,2	55	-34,8
РТ8	1710	80	-7,8	47,2	25,1	55	-29,9

Расчетные эквивалентные УЗ от проезда в гараж трактора не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА).

Эквивалентные уровни шума тепловозов составляют 59 дБА с учетом интенсивности работы 1 пара в час грузовых маневровых тепловозов, скорости 20 км/ч и длины тепловозов 400 м. Максимальные УЗ составляют 73 дБА на расстоянии 25 м. с учетом поправки на скорость движения поезда.

Расчет эквивалентных уровней звука от железнодорожного транспорта представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет эквивалентных уровней звука от железнодорожного транспорта

от железнодорожного транспорта 1							
Оценка эквивалентного уровня шума							
№ расчетных точек	расстояние в м.	Лэвт., дБА	$10\lg(n \times t_i / T)$	$20\lg(r/r_0)$	Лэkv терр.	Нормы ПДУ,	Превышение
1	2	3	4	5	6	7	8
PT1	1150	59	-10,8	33,3	15,0	55	-40,0
PT2	1600	59	-10,8	36,1	12,1	55	-42,9
PT3	1500	59	-10,8	35,6	12,6	55	-42,4
PT4	1700	59	-10,8	36,7	11,6	55	-43,4
PT5	2300	59	-10,8	39,3	8,9	55	-46,1
PT6	2850	59	-10,8	41,1	7,1	55	-47,9
PT7	2650	59	-10,8	40,5	7,7	55	-47,3
PT8	1450	59	-10,8	35,3	12,9	55	-42,1
от железнодорожного транспорта 2							
Оценка эквивалентного уровня шума							
PT1	1350	59	-23,8	34,6	0,6	55	-54,4
PT2	2600	59	-23,8	40,3	-5,1	55	-60,1
PT3	2250	59	-23,8	39,1	-3,9	55	-58,9
PT4	2100	59	-23,8	38,5	-3,3	55	-58,3
PT5	1500	59	-23,8	35,6	-0,4	55	-55,4
PT6	1550	59	-23,8	35,8	-0,6	55	-55,6
PT7	1150	59	-23,8	33,3	1,9	55	-53,1
PT8	1300	59	-23,8	34,3	0,9	55	-54,1
от железнодорожного транспорта 3							
Оценка эквивалентного уровня шума							
PT1	1970	59	-17,8	37,9	3,3	55	-51,7
PT2	2380	59	-17,8	39,6	1,6	55	-53,4

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8
PT3	2900	59	-17,8	41,3	-0,1	55	-55,1
PT4	2690	59	-17,8	40,6	0,6	55	-54,4
PT5	1180	59	-17,8	33,5	7,7	55	-47,3
PT6	830	59	-17,8	30,4	10,8	55	-44,2
PT7	900	59	-17,8	31,1	10,1	55	-44,9
PT8	1340	59	-17,8	34,6	6,6	55	-48,4

Расчетные эквивалентные УЗ от железнодорожного транспорта не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА).

Расчет максимальных уровней звука от железнодорожного транспорта представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет максимальных уровней звука от железнодорожного транспорта

от железнодорожного транспорта 1							
Оценка максимального уровня шума							
№ расчетных точек	расстояние в м.	Лавт., дБА	$10\lg(n1)$	$20\lg(r/r0)$	L_{\max} терр.	Нормы ПДУ,	Превышение
1	2	3	4	5	6	7	8
PT1	1150	73	0,0	33,3	39,7	70	-30,3
PT2	1600	73	0,0	36,1	36,9	70	-33,1
PT3	1500	73	0,0	35,6	37,4	70	-32,6
PT4	1700	73	0,0	36,7	36,3	70	-33,7
PT5	2300	73	0,0	39,3	33,7	70	-36,3
PT6	2850	73	0,0	41,1	31,9	70	-38,1
PT7	2650	73	0,0	40,5	32,5	70	-37,5
PT8	1450	73	0,0	35,3	37,7	70	-32,3
от железнодорожного транспорта 2							
Оценка максимального уровня шума							
PT1	1350	73	0,0	34,6	38,4	70	-31,6
PT2	2600	73	0,0	40,3	32,7	70	-37,3
PT3	2250	73	0,0	39,1	33,9	70	-36,1
PT4	2100	73	0,0	38,5	34,5	70	-35,5
PT5	1500	73	0,0	35,6	37,4	70	-32,6

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8
PT6	1550	73	0,0	35,8	37,2	70	-32,8
PT7	1150	73	0,0	33,3	39,7	70	-30,3
PT8	1300	73	0,0	34,3	38,7	70	-31,3
от железнодорожного транспорта 3							
Оценка максимального уровня шума							
PT1	1970	73	0,0	37,9	35,1	70	-34,9
PT2	2380	73	0,0	39,6	33,4	70	-36,6
PT3	2900	73	0,0	41,3	31,7	70	-38,3
PT4	2690	73	0,0	40,6	32,4	70	-37,6
PT5	1180	73	0,0	33,5	39,5	70	-30,5
PT6	830	73	0,0	30,4	42,6	70	-27,4
PT7	900	73	0,0	31,1	41,9	70	-28,1
PT8	1340	73	0,0	34,6	38,4	70	-31,6

Расчетные максимальные УЗ не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для максимальных уровней звука в дневное время суток (70 дБА).

Расчёт суммарных уровней звукового давления в расчётных точках на границе территории предприятия.

Расчет суммарных эквивалентных уровней звука от непостоянных источников шума представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет суммарных эквивалентных уровней звука от непостоянных источников шума

Источник шума	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	PT7	PT8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Легковой автотранспорт	12,8	9,6	10,1	9,3	8,6	5,7	6,2	11
Грузовой автотранспорт грузоподъемностью до 3.5т	21,3	18,2	18,7	17,9	17,1	14,3	14,7	19,6
Грузовой автотранспорт грузоподъемностью свыше 3.5т	25,8	22,6	23,2	22,3	21,6	18,8	19,2	24,1
Трактор МТЗ-82/1	26,8	23,6	24,1	23,3	22,6	19,7	20,2	25,1

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Работа тепловоза 3	3,3	1,6	-0,1	0,6	7,7	10,8	10,1	6,6
Суммарный УЗ	30,1	26,9	27,4	26,6	25,9	23,3	23,7	28,4
Нормативные ПДУ	55	55	55	55	55	55	55	55
Превышение	-24,9	-28,1	-27,6	-28,4	-29,1	-31,7	-31,3	-26,6

Результаты расчета уровней шума в контрольных точках на территории ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», основанные на измеренных шумовых характеристиках источников шума, также показывают, что в расчетных точках присутствует превышение ПДУ от факельных установок.

2.4 Рекомендации по разработке эффективных систем обеспечения акустической безопасности окружающей среды

Для разработки эффективных систем обеспечения акустической безопасности окружающей среды на территории цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» необходимо:

- устранять или ослаблять причины, порождающие шум;
- не допускать распространение шума;
- предотвращать усиление шума;
- рационально планировать территорию предприятия, с учетом объектов создающих шум.

В тех случаях, когда оценка риска показывает, что работники на рабочих местах подвергаются воздействию опасных уровней шума, работодатели должны принять меры по контролю связанных с ними рисков. Эти меры обычно включают в себя комбинацию методов, таких как контроль шума в источнике, изменение структуры рабочих мест и реорганизация рабочих процессов [1].

Специалисты по охране труда используют иерархию контроля производственного шума для определения того, как реализовать практические и эффективные программы управления рисками для решения проблем, связанных с шумом на рабочем месте. Иерархия контроля шума включает: устранение или замену источников шума, коллективные меры контроля, средства индивидуальной защиты [1].

Существует несколько способов управления рисками, связанными с производственным шумом, которые могут варьироваться от одного рабочего места к другому. Не существует единой стандартной методики или решения, подходящего для каждого рабочего места. Хорошее понимание работы установки и технологических процессов необходимо для определения наиболее эффективного метода устранения, минимизации или контроля шума [1].

Элиминация шума – это процесс, который устраняет источник шума, это наиболее эффективный способ предотвращения рисков для работников и всегда должен учитываться при внедрении нового технологического процесса, выборе нового оборудования и проектировании компоновки рабочих мест. Примеры устранения шума будут включать в себя:

- отказ от использования шумных процессов или машин;
- устранение ударов между твердыми предметами или поверхностями;
- перенос шумных операций подальше от других видов рабочей деятельности [5].

Рассмотрение на ранней стадии того, как будет работать новый технологический процесс или новое оборудование, не подвергая работников чрезмерному шуму, является наиболее экономически эффективной и долгосрочной мерой, которую предприятия могут предпринять для снижения общего уровня шума [5].

Прежде чем приобретать новое оборудование, следует рассмотреть его уровень шума. Это может быть достигнуто путем установления связи и

получения информации от производителя или поставщика завода или оборудования. Это может включать инструкции по установке, техническому обслуживанию и вероятный уровень шума в конкретных условиях, в которых будет эксплуатироваться оборудование.

Замещение – это процесс замены шумных машин или оборудования более тихими альтернативами. Когда устранение не представляется возможным, замена шумных машин или оборудования на более тихие может быть следующей лучшей альтернативой для защиты работников от воздействия шума [5].

Работодатели всегда должны рассматривать альтернативное оборудование и технологические процессы, которые сделают условия труда персонала менее шумной. Также важно быть в курсе действующих стандартов и передовой отраслевой практики.

Инженерный контроль – это все о внесении изменений в процессы, машины или оборудование, чтобы рабочие подвергались меньшему воздействию шума. Например, использование экранов, барьеров, ограждений и абсорбирующих материалов помогает снизить уровень шума рабочих [5].

Некоторые инженерные меры, которые могут быть рассмотрены, включают:

- отделение шумной зоны от других рабочих пространств шумоподавляющей перегородкой;
- ограждение шумных машин звукопоглощающим материалом (эффект может быть ограничен, если не будет достигнуто полное ограждение);
- избежание контакта металла с металлом с помощью пластиковых бамперов;
- использование абсорбирующей подкладки на поверхностях для смягчения падения или удара предметов;
- установка звукопоглощающих материалов на твердые отражающие поверхности;

- использование конвейерных лент вместо роликов;
- использование акустических глушителей во впускных и выпускных системах;
- использование резиновых креплений для изоляции источника вибрирующего шума;
- поддержание оптимальной скорости работы оборудования или его отдельных компонентов;
- ремонт и замена незакрепленных вращающихся деталей, изношенных подшипников и шестерен;
- использование звукопоглощающего материала на стенах, потолке и полах для снижения уровня шума из-за реверберации;
- проведение регулярного технического обслуживания оборудования (очень эффективно в снижении уровня шума, если оно проводится регулярно).

Административный контроль – это способ организации работы, направленный на сокращение числа работников, подвергающихся воздействию шума, или продолжительности времени, в течение которого они подвергаются воздействию шума. Административный контроль следует применять в тех случаях, когда невозможно уменьшить воздействие шума путем устранения, замены или инженерных мер по борьбе с шумом [5].

Некоторые административные меры включают в себя:

- увеличение расстояния между источниками шума и рабочими (чем дальше находится источник шума, тем менее вредно его воздействие на рабочих);
- организовывать графики работы персонала таким образом, чтобы шумные задачи выполнялись при как можно меньшем количестве людей;
- минимизация количества людей, работающих в шумной зоне, удержание людей вне этой зоны, если их работа не требует их присутствия там;

- ограничение времени, которое работники проводят в шумных помещениях, путем разработки рабочих мест и ротации рабочих мест;
- предоставление перерывов на отдых в местах вдали от шумной рабочей среды;
- обеспечение работников достаточной информацией, инструкциями и обучением правильному использованию технологического оборудования.

Средства индивидуальной защиты защищают работников от любых неблагоприятных воздействий на слух, вызванных воздействием высокого уровня шума. Это последний вариант в иерархии управления и должен использоваться в качестве последнего средства после того, как все усилия по устранению или снижению уровня шума будут исчерпаны техническими и организационными средствами.

Все средства защиты слуха должны быть способны снизить уровень шума до безопасного уровня и должны быть доступны для использования работниками. Важно убедиться, что защита слуха, выбранная для защиты работников, подходит для рабочей среды и совместима с другими используемыми средствами индивидуальной защиты, например касками, респираторами, средствами защиты глаз и т.д.

Важно помнить, что если защита, обеспечиваемая защитой слуха (ослабление), слишком высока, общение становится трудным, и люди могут в конечном итоге работать в изоляции.

Вывод: результаты расчета уровней шума в контрольных точках показывают, что в данных точках присутствует превышение ПДУ от факельных установок. Для предотвращения вредного воздействия опасных уровней шума на работников цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» необходимо не допускать распространение шума путём разработки глушителя для сбросной трубы факельной установки.

3 Разработка шумопонижающих конструкций для снижения негативных шумовых излучений оборудования

Ранее было рассмотрено, что источники шума в факельных системах разнообразны, следовательно, проектное решение должно быть комплексным.

Работа факельной установки полностью автоматизирована. Проверка состояния факельной установки осуществляется оператором два раза в смену.

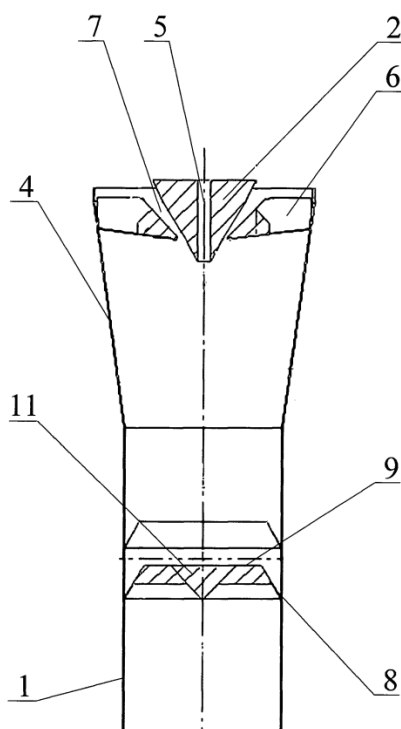
Для снижения уровня шума на сбросные трубы устанавливают глушители.

В патенте на изобретение № RU2486407C1 по заявлению от 20.12.2011 года автором Гриценко Владимиром Дмитриевичем (RU) представлена факельная горелка, заявителем и правообладателем данного патента на изобретение являются: Общество с ограниченной ответственностью Финансово-промышленная компания «Космос-Нефть-Газ» (RU).

«Изобретение относится к газогорелочным устройствам и может быть применено в газовой промышленности для сжигания попутных и продувочных газов, особенно содержащих конденсат и сероводородные соединения. Изобретение позволяет создать горелку, конструкция которой позволяет обеспечить улучшенные условия смесеобразования и максимально возможную полноту сгорания газов с уменьшенным шумом и вибрациями при работе горелки» [12].

«Одной из проблем, возникающих при сжигании продувочных и попутных газов, особенно содержащих конденсат и сероводородные соединения, является обеспечение максимально возможной полноты сгорания газов, получение продуктов сгорания с минимальным содержанием сероводородных соединений, не превышающих предельно допустимые нормы и уменьшение шума при работе горелки» [12].

На рисунке 5 изображено изобретение № RU2486407C1 «Факельная горелка».



1 – корпус; 2 – выходной рассекатель; 3 – кольцевой зазор; 4 – конический расширитель; 5 – сквозной канал; 6 – дополнительные рассекатели; 7 – кольцевой зазор; 8 – входное полое профилированное центральное тело; ; 9 – проходное сечение; ; 10 – кольцевой зазор; 11 – дополнительные рассекатели.

Рисунок 5 – Изобретение № RU2486407C1 «Факельная горелка»

«Технической задачей предлагаемого изобретения является устранение указанных недостатков и создание горелки, конструкция которой позволяет обеспечить улучшенные условия смесеобразования и максимально возможную полноту сгорания газов с уменьшенным шумом и вибрациями при работе горелки» [12].

«Решение поставленной задачи достигается за счет того, что в предложенной факельной горелке, содержащей полый корпус в виде трубы, снабженной в выходной части рассекателем, размещенным с кольцевым зазором относительно верхнего торца корпуса, при этом внутри указанного

корпуса установлено, как минимум, одно входное полое профилированное центральное тело, которое имеет одно минимальное проходное сечение, расположенное в его выходной части, согласно изобретению полый корпус выполнен с коническим расширением в его выходной части, при этом выходной рассекатель выполнен в виде конуса, обращенного вершиной к входной части корпуса горелки, причем по оси рассекателя, параллельно или практически параллельно оси факельной горелки, выполнен сквозной канал, соединяющий полость под рассекателем с окружающей атмосферой, при этом в кольцевом зазоре, предпочтительно, между выходной частью рассекателя и выходной конической частью корпуса, установлены дополнительные рассекатели, выполненные, преимущественно, в виде кронштейнов V-образного профиля, обращенных вершиной к входной части корпуса, а в минимальном сечении входного профилированного центрального тела установлен с образованием кольцевого зазора, дополнительный рассекатель, выполненный, преимущественно, в виде конуса, обращенного вершиной к входной части корпуса горелки» [12].

«Использование предложенного технического решения позволит более эффективно организовать процесс подготовки смеси перед сгоранием, уменьшить длину факела и шум при работе горелки, повысить полноту сгорания конденсатосодержащих газов и уменьшить содержание вредных примесей в продуктах сгорания за счет улучшения условий сгорания газовой смеси» [12].

Исходя из вышесказанного, отметим, что большое влияние на значение вибрации оказывает устойчивость факела. То есть, чем стабильнее режим горения, тем вибрация при работе установки меньше.

Также при разработке режимных параметров вибрации необходимо учитывать процессы пуска и остановки.

Как ранее было сказано, шум возникает и при неустойчивом горении сбрасываемого газа на факельной установке, возникающем при низкой скорости потока или закрывании гидрозатвора.

Период пульсаций жидкости составляет примерно 1 секунда.

Для устранения пульсации в гидрозатвор можно установить перфорированные перегородки. Если позволяют условия эксплуатации, то лучше всего устранить сам гидрозатвор.

В большинстве случаев для обеспечения безопасности целесообразно использовать лабиринтный уплотнитель, устанавливаемый на факельной установке.

Отверстия в соплах для подачи водяного пара должны быть рассчитаны так, чтобы пропускать необходимое количество водяного пара при минимальном перепаде давления.

Целесообразно использовать несколько небольших сопел вместо одного большого.

Если необходим большой перепад давлений, то целесообразно использовать несколько небольших перепадов давлений. Обычно в факельных установках пар подают к инжекторам при избыточном давлении 700-1000 кПа.

Сухой водяной пар имеет преимущества перед влажным, так как при применении последний уровень шума увеличивается, что обусловлено испарением частиц воды, попадающих в пламя. Чем быстрее водяной пар смешивается с воздухом, тем меньше шум.

Для подачи пара могут использоваться внутренние инжекторы, аналогичные трубе Вентури. Струя пара под высоким давлением поступает в узкое кольцевое пространство и на выходе из него (эффект Коанда) изменяет направление и течет вдоль боковой поверхности инжектора.

Это обеспечит более устойчивый процесс горения, тем самым будет наблюдаться уменьшение уровня шума.

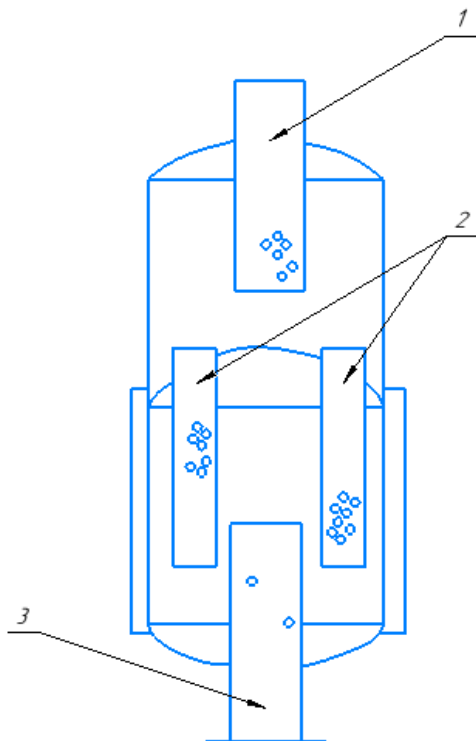
В процессе работы на нашей установке для обеспечения стабильного горения газов на факельной трубе применяют стабилизаторы пламени. Поэтому в формуле для длины факельной горелки используется выражение $L=180D$.

«В зоне турбулентного горения поток продуктов реакции не является равномерным, что связано с его беспорядочным изменением скорости и повторным вовлечением продуктов сгорания в зону пламени» [18].

«Для того, чтобы снизить уровень шума, необходимо поддерживать скорость сброса не менее 0,3–0,9 м/с» [18].

«Скорость движения газа в факельной трубе, независимо от колебаний нагрузки, всегда должна быть больше скорости распространения пламени, и в то же время меньше некоторой предельной скорости, при которой возможен отрыв пламени. Так, принимаем, что для обеспечения стабильного горения без отрыва пламени скорость истечения сбрасываемого газа из труб большого диаметра должна составлять 0,2-0,5 от скорости звука в этом газе» [18].

Подберем тип глушителя для сбросной трубы. Наиболее оптимальный выбор в данном случае – глушитель реактивного типа (рисунок 6).

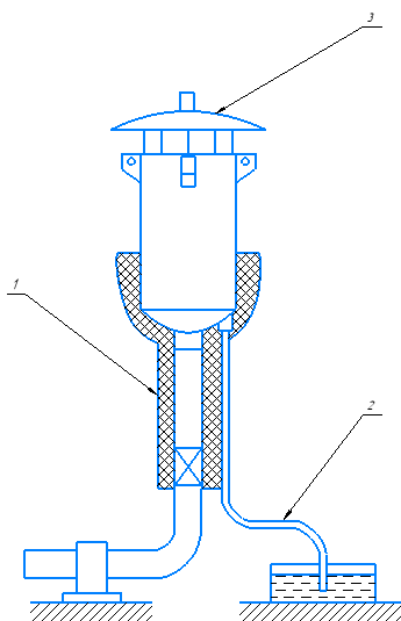


1 – впускной патрубок; 2 – перфорированные трубы; 3 – выпускной патрубок

Рисунок 6 – Схема реактивного глушителя:

«При сбросах необходимо принимать меры защиты глушителей от взрывов, которые происходят в сбросном патрубке или в самом глушителе. Поэтому, перед каждым пуском факельную систему рекомендуется продуть инертным газом или легкими газами, чтобы содержание кислорода в факельном коллекторе у основания факельного ствола было не более 50% минимально взрывоопасного» [18].

Для предохранения от закупорки льдом и снегом, что может привести к разрыву глушителя, предусмотрим защитный козырек (рисунок 7).



1 – акустическая изоляция; 2 – дренажная линия; 3 – козырек

Рисунок 7 – Глушитель с козырьком и дренажом

Чем выше установлен глушитель, тем больше снижается шум.

Вывод: разработанный глушитель факельной установки с козырьком и дренажом рекомендуется к проработке с целью снижения шума на территории цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук». При включении факельной установки рационально использовать устройства плавного пуска.

4 Охрана труда

Рассмотрим влияние шума от производственно-технологического и инженерно-технического оборудования на организм персонала цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

«Шумовое загрязнение является одним из распространенных негативных факторов во многих производствах» [2].

В развитых странах чрезмерное воздействие шума составляет по меньшей мере половину причин, по которым работники теряют слух. Шум, вызывающий снижение слуха, является одной из наиболее распространенных причин профессиональных заболеваний.

«Шум является биологическим раздражителем, действующим на все органы и системы и главным образом через слуховой анализатор на центральную нервную систему» [2].

«Длительное воздействие шума на организм может вызывать понижение чувствительности слуха и общие расстройства (гипертония, гипотония, изжога, головные боли и др.)» [2].

«На многих производствах шум достигает 90-110 дБ и более, что способствует увеличению числа ошибок в работе, снижается производительность труда на 10-15 % и ухудшается его качество. Приводит к повышению утомляемости, снижению умственной активности, неврозам. Вызванная шумом глухота занимает одно из первых мест среди профессиональных заболеваний. Опасность шума на слух возрастает тогда, когда на человека ежедневно в течение многих лет действует шум со средним уровнем 85 дБ. Такой уровень достигается лишь на производстве. У многих рабочих, постоянно имеющих дело с шумными машинами, например сверлильными станками, возникают устойчивые нарушения слуха» [2].

«Также многочисленные исследования показали, что шум оказывает негативное воздействие на деятельность желез внутренней секреции, желудка и кишечника, вызывая, например, обострение язвенной болезни

«Правильно разработанный комплекс всех мероприятий (технических, медицинских, организационных) может полностью предотвратить вредное воздействие шума на организм работников» [2].

Ранее был разработан глушитель факельной установки с козырьком и дренажом, соответственно необходимо разработать план мероприятий по внедрению данного технического решения в конструкцию установок, являющихся источниками шума в факельных системах.

План мероприятий по модернизации факельной установки цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» представлен в таблице 15.

Таблица 15 – План мероприятий по модернизации факельной установки цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук»

Мероприятие	Цель	Дата
Разработка проекта глушителя для сбросной трубы факельной установки	Снижение шума от выходящих потоков газа факельного хозяйства	июль 2021 года
Изготовление глушителя для сбросной трубы факельной установки		август 2021 года
Монтаж глушителя для сбросной трубы факельной установки		сентябрь 2021 года
Организация контроля над своевременностью и регулярностью технического обслуживания, ремонта технологического оборудования и транспортных средств на предприятии	Снижение шума от технологического оборудования, легковых, грузовых и железнодорожных транспортных средств	Постоянно

Внедрение в конструкцию сбросной трубы факельной установки глушителя и организация контроля над своевременностью и регулярностью технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и транспортных средств предприятия обеспечит снижения уровня производственного шума на рабочих местах цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» до безопасного уровня.

Защита слуха, выбранная для защиты работников цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», подходит для рабочей среды и совместима с другими

используемыми средствами индивидуальной защиты, например касками, респираторами, средствами защиты глаз и т.д.

Соответственно, предотвращение вредного воздействия опасных уровней шума на работников цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» снизит количество заболеваний работников предприятия, за счёт чего может уменьшиться величина страховых взносов цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» по обязательному социальному страхованию.

Вывод: реализация предложенного плана мероприятий по модернизации факельной установки цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» обеспечит улучшения условий труда работников данного подразделения путём снижения уровня производственного шума от производственно-технологического и инженерно-технического оборудования.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Основные источники загрязнения – неорганизованные выбросы от неплотностей оборудования, дымовые трубы печей пиролиза, факелы, дыхательные патрубки емкостей, выбросы из производственных помещений.

На предприятии выявлено 57 наименований загрязняющих веществ (из них твердых 26, жидких и газообразных – 31) и 401 стационарный источник выброса (387 источников организованного выброса – дымовые трубы печей, трубы вытяжной вентиляции помещений, свечи, факельные стволы, и 21 источник неорганизованного выброса – неплотности оборудования, расположенного на открытых площадках, шламовая карта, стоянки автотранспорта и спецтехники, резервуарные парки, сварочные посты, расположенные на открытых площадках).

Требуемый размер санитарно-защитной зоны по шуму определяется как расстояние от объекта, на котором будут достигнуты ПДУ по шуму.

«Если рассматривать шум как экологический фактор, то он является одним из существенных загрязнителей окружающей среды в городах, оказывающих весьма неблагоприятное влияние на здоровье и трудоспособность человека. Источниками шума являются промышленные предприятия, средства наземного и воздушного транспорта, внутриквартальные и коммуникационные коммунально-бытовые источники. Исследования, проведенные в последние годы в ряде городов России, показали, что 25-40% городского населения уже сейчас проживает на территории, где уровни шума значительно превышают санитарные нормы» [9].

В рамках работы произведен расчёт размера санитарно-защитной зоны (СЗЗ) ООО «Тольяттикаучук».

Размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ) по шуму ООО «Тольяттикаучук» представлены на рисунке 8.

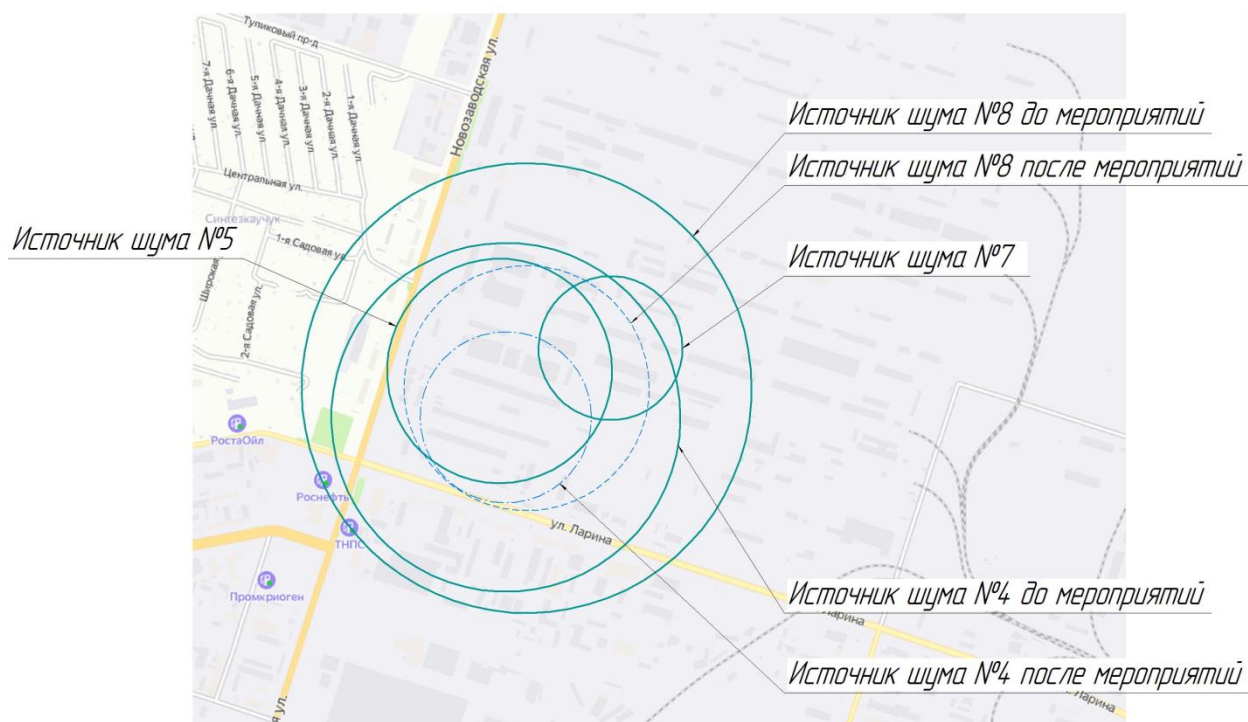


Рисунок 8 – Размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ) по шуму ООО «Тольяттикаучук»

Таким образом, определена санитарно-защитная зона (СЗЗ) в которой ПДУ по шуму от основных источников акустического загрязнения ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» с размерами:

- с севера – 880 м от северной границы участка цеха ИП-3-4;
- с юга – 615 м от южной границы участка цеха ИП-3-4;
- с востока – 383 м от восточной границы участка цеха ИП-3-4;
- с запада – 145 м от западной границы участка цеха ИП-3-4.

Вывод: так как разработанный глушитель факельной установки с козырьком и дренажом не содержит в своём составе загрязняющих веществ, то антропогенное воздействие его конструкции на окружающую среду будет заключаться только в стоках дренажной воды из конструкции дренажа.

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Возможными аварийными ситуациями в цехе ИП-3-4 являются:

- прорыв горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей (горячих и холодных);
- загорания и пожары;
- отключение электроэнергии;
- прекращение подачи пара;
- прекращение подачи воздуха КИПиА, азота, воды, хладагентов, пара;
- нарушение в системе канализации;
- ограничение или прекращение приема продуктов и отходов с установок смежными цехами;
- разлив и попадание вредных веществ в канализацию представляющий опасность для людей и окружающей среды;
- отказ работе основного оборудования, не имеющего резерва.

К взрывопожароопасным веществам относятся: фракция C_4 , метанол, МТБЭ, пропан, пары бутилена, изобутана, метанола, изопентана, изопрена, изоамилена толуола, водород.

Все продукты, участвующие в процессах, за исключением сульфокатионитных катализаторов и раствора КОН, при возможных авариях способны создавать смеси с воздухом, которые при наличии импульса пламени, искры, грозových разрядах, статического электричества способны гореть, воспламеняться или взрываться.

Наиболее опасными с точки зрения взрывоопасности узлами в отделении ИП-4 являются:

- установка ректификации изопентан-изопреновой фракции, куда с установок ИП-5, ИП-6 поступают хлорорганические соединения, которые при повышении температуры разлагаются с выделением хлористого водорода. В присутствии влаги хлористый водород

образует агрессивную соляную кислоту, под воздействием которой активно протекают процессы коррозии оборудования и трубопроводов. Все это может привести к внезапному нарушению герметичности оборудования;

- реакторы гидрирования, при пуске в работу которых завышение температуры и давления может привести к срабатыванию ППК;
- электроподогреватель № 164, при работе которого завышение температуры циркулирующего газа и снижение давления азота на продувку клеммных коробок электроподогревателя, может привести к разгерметизации аппарата;
- особую опасность в пожарном отношении представляет применяемый в процессе гидрирования ацетиленовых соединений катализатор «Никель на кизельгуре» и водород.

Катализатор в активном состоянии очень энергично окисляется на воздухе, при этом возможно его загорание.

Водород, применяемый в процессе очистки изопентана, способен образовывать взрывоопасные смеси с кислородом воздуха в широком диапазоне концентраций (4-75% об.).

При загорании на наружной установке отделения ИП-3 необходимо:

- включить в работу насос-повыситель № 600/I-III, находящийся в насосном помещении № 3. Кнопка включения расположена у насоса № 600/I-III по месту, у лафетных стволов и в операторной на щите управления;
- открыть задвижки на подаче воды к лафетным стволам;
- открыть электрозадвижки на подаче воды на кольца орошения колонн № 112, 120, 128/I;
- размотать пожарные рукава к месту загорания и открыть арматуру на стоянке сухотрубов;
- незначительные очаги загорания тушить асбестовым полотном, огнетушителем или песком.

При загорании на наружной установке отделения ИП-4 необходимо:

- включить в работу насос № 10/І,ІІ, находящийся в насосном помещении № 2. Кнопка включения расположена у насоса № 10/І,ІІ по месту, у лафетных стволов и в операторной на щите управления;
- открыть задвижки на подаче воды к лафетным стволам;
- открыть электрозадвижки на подаче воды на кольца орошения колонны № 207/ІІ;
- размотать пожарные рукава к месту загорания и открыть арматуру на стояке сухотрубов;
- незначительные очаги загорания тушить асбестовым полотном, огнетушителем или песком.

Лица, не занятые в ликвидации аварии, должны быть немедленно эвакуированы из зоны аварии.

Аварийное положение на установке отменяется лицом, ответственным за ликвидацию аварийного положения, после полного обследования оборудования и коммуникаций на месте аварии.

Вывод: к взрывопожароопасным веществам относятся: фракция С₄, метанол, МТБЭ, пропан, пары бутилена, изобутана, метанола, изопентана, изопрена, изоамилена толуола, водород. Водород, применяемый в процессе очистки изопентана, способен образовывать взрывоопасные смеси с кислородом воздуха в широком диапазоне концентраций (4-75% об.).

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Разработан план мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», который представлен в таблице 16.

Таблица 16 – План мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук»

Рабочее место	Мероприятие	Цель	Дата
Рабочие места отделения (цеха) ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук»	Разработка и внедрение в конструкцию сбросной трубы факельной установки глушителя	Снижение шума от выходящих потоков газа факельного хозяйства	июль – сентябрь 2021 года
	Организация контроля над своевременностью и регулярностью технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и транспортных средств предприятия	Снижение шума от технологического оборудования, легковых, грузовых и железнодорожных транспортных средств	Постоянно

Внедрение в конструкцию сбросной трубы факельной установки глушителя и организация контроля над своевременностью и регулярностью технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и транспортных средств предприятия обеспечит снижения уровня производственного шума на рабочих местах цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» до безопасного уровня.

Защита слуха, выбранная для защиты работников цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», подходит для рабочей среды и совместима с другими используемыми средствами индивидуальной защиты, например касками, респираторами, средствами защиты глаз и т.д.

Соответственно, предотвращение вредного воздействия опасных уровней шума на работников цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» снизит количество заболеваний работников предприятия, за счёт чего может уменьшиться величина страховых взносов еха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» по обязательному социальному страхованию.

Рассчитаем скидки к страховому тарифу по обязательному социальному страхованию от профессиональных заболеваний на 2022 год. Предполагаем, что с внедрением конструкции сбросной трубы факельной установки глушителя рабочих мест на территории цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», на которых превышен уровень шума будет равен 0.

«Расчет размера скидок и надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве» [10].

«Данные для расчетов скидок и надбавок представлены в таблице 17» [10].

Таблица 17 – Данные для расчетов скидок и надбавок

Показатель	усл. обоз.	ед. изм.	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6
«Среднесписочная численность работающих» [10]	N	чел	2457	2244	2224
«Количество страховых случаев за год» [10]	K	шт.	0	1	1
«Количество страховых случаев за год, исключая со смертельным исходом» [10]	S	шт.	0	1	1
«Число дней временной нетрудоспособности в связи со страховым случаем» [10]	T	дн	0	15	36
«Сумма обеспечения по страхованию» [10]	O	руб	0	33532,38	31419,56
«Фонд заработной платы за год» [10]	ФЗП	руб	442260000	403920000	400320000
«Число рабочих мест, на которых проведена аттестация рабочих мест по условиям труда» [10]	q11	шт	-	-	2224

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6
«Число рабочих мест, подлежащих специальной оценке условий труда» [10]	q12	шт.	-	-	2224
«Число рабочих мест, отнесенных к вредным и опасным классам условий труда по результатам аттестации» [10]	q13	шт.	-	-	1659
«Число работников, прошедших обязательные медицинские осмотры» [10]	q21	чел	-	-	1659
«Число работников, подлежащих направлению на обязательные медицинские осмотры» [10]	q22	чел	-	-	1659

«Показатель $a_{стр}$ – отношение суммы обеспечения по страхованию в связи со всеми произошедшими у страхователя страховыми случаями к начисленной сумме страховых взносов» [10].

«Показатель $a_{стр}$ рассчитывается по следующей формуле» [10]:

$$a_{стр} = \frac{O}{V}, \quad (8)$$

где « O – сумма обеспечения по страхованию, произведенного за три года, предшествующих текущему, (руб.)» [10];

« V – сумма начисленных страховых взносов за три года, предшествующих текущему (руб.)» [10]:

$$V = \sum \PhiЗП \times t_{стр}, \quad (9)$$

«где $t_{стр}$ – страховой тариф на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [10].

$$V = \sum 1246500000 \times 0,012 = 14958000 \text{руб}$$

$$a_{стр} = \frac{64951,94}{14958000} = 0,004$$

«Показатель $b_{стр}$ – количество страховых случаев у страхователя, на тысячу работающих» [10].

«Показатель $b_{стр}$ рассчитывается по следующей формуле» [10]:

$$b_{стр} = \frac{K \times 1000}{N}, \quad (10)$$

«где K – количество случаев, признанных страховыми за три года, предшествующих текущему, сл.» [10];

« N – среднесписочная численность работающих за три года, предшествующих текущему (чел.)» [10];

$$b_{стр} = \frac{2 \times 1000}{2308} = 0,87$$

«Показатель $c_{стр}$ – количество дней временной нетрудоспособности у страхователя на один несчастный случай, признанный страховым, исключая случаи со смертельным исходом» [10].

«Показатель $c_{стр}$ рассчитывается по следующей формуле» [10]:

$$c_{стр} = \frac{T}{S}, \quad (11)$$

где « T – число дней временной нетрудоспособности в связи с несчастными случаями, признанными страховыми, за три года, предшествующих текущему, дн.» [10];

« S – количество несчастных случаев, признанных страховыми, исключая случаи со смертельным исходом, за три года, предшествующих текущему, числ.» [10].

$$c_{стр} = \frac{51}{2} = 25,5$$

«Коэффициент проведения специальной оценки условий труда у страхователя q1» [10].

«Коэффициент q1 рассчитывается по следующей формуле» [10]:

$$q1 = (q11 - q13)/q12, \quad (12)$$

где «q11 – количество рабочих мест, в отношении которых проведена специальная оценка условий труда на 1 января текущего календарного года организацией, проводящей специальную оценку условий труда, в установленном законодательством Российской Федерации порядке» [10];

«q12 – общее количество рабочих мест, шт.» [10];

«q13 – количество рабочих мест, условия труда на которых отнесены к вредным или опасным условиям труда по результатам проведения специальной оценки условий труда, шт.» [10];

$$q1 = \frac{2224-1659}{2224} = 0,25$$

«Коэффициент проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров у страхователя q2» [10].

«Коэффициент q2 рассчитывается по следующей формуле» [10]:

$$q2 = q21/q22, \quad (13)$$

«где q21 – число работников, прошедших обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами на 1 января текущего календарного года, чел.» [10];

«q22 – число всех работников, подлежащих данным видам осмотра, у страхователя, чел.» [10].

$$q2 = \frac{1659}{1659} = 1$$

Рассчитаем скидку на страхование работников:

$$C(\%) = \left\{ 1 - \frac{\left(\frac{a_{cmp} + b_{cmp} + c_{cmp}}{a_{вэд} + b_{вэд} + c_{вэд}} \right)}{3} \right\} \times q1 \times q2 \times 100, \quad (14)$$

$$C(\%) = \{1 - (0,004 / 0,18 + 0,87 / 2,81 + 25,5 / 67,34) / 3\} \times 0,25 \times 1 \times 100 = 19$$

«Рассчитываем размер страхового тарифа на следующий год с учетом скидки или надбавки» [10]:

$$t_{cmp}^{2020} = t^{2019} - t^{2019} \times C \quad (15)$$

$$t_{cmp}^{2020} = 1,2 - 1,2 \times 0,19 = 0,97$$

«Рассчитываем размер страховых взносов по новому тарифу в следующем году» [10]:

$$V^{2020} = \Phi 3 \Pi^{2019} \times t_{cmp}^{2019} \quad (16)$$

$$V^{2021} = 400320000 \times 1,2\% = 4803840 \text{ руб.},$$

$$V^{2022} = 400320000 \times 0,97\% = 3883104 \text{ руб.},$$

«Определяем размер экономии (роста) страховых взносов в следующем году» [10]:

$$\mathcal{E} = V^{2020} - V^{2019} \quad (17)$$

$$\mathcal{E} = 4803840 - 3883104 = 920736 \text{ руб.},$$

«Оценка снижения уровня травматизма, профессиональной заболеваемости по результатам выполнения плана мероприятий по улучшению условий, охраны труда и промышленной безопасности» [10].

Таким образом, ООО «Гольяттикаучук» сможет сэкономить на уплате страховых взносов 920736 руб.

Рассчитаем социально-экономическую эффективность от снижения рабочих мест на территории цеха ИП-3-4 ООО «Гольяттикаучук», на которых превышен уровень шума. На производственной площади цеха ИП-3-4 ООО «Гольяттикаучук» может находиться до 100 человек.

«Оценка снижения уровня травматизма, профессиональной заболеваемости по результатам выполнения плана мероприятий по улучшению условий, охраны труда и промышленной безопасности» [10].

«Данные для расчета социально-экономической эффективности мероприятий по обеспечению безопасности труда представлены в таблице 18» [10].

Таблица 18 – Данные для расчета социально-экономической эффективности мероприятий по обеспечению безопасности труда

Наименование показателя	усл.обоз н.	ед. измер.	Данные	
			1	2
1	2	3	4	5
«численность занятых, работающих в условиях, которые не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям» [10]	Ч _і	чел.	100	0
«годовая среднесписочная численность работников» [10]	ССЧ	чел.	2224	2224
«число единиц производственного оборудования, не соответствующего требованиям безопасности» [10]	М	шт.	1	0
«количество производственных помещений, которые не отвечающих требованиям безопасной их эксплуатации до и после внедрения мероприятий» [10]	К	шт.	20	0
«Плановый фонд рабочего времени в днях» [10]	Ф _{план}	дни	248	248
«Ставка рабочего» [10]	Т _{чс}	руб/час	216	216
«Коэффициент доплат » [10]	К _{допл.}	%	8	4

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5
«Продолжительность рабочей смены» [10]	T	час	8	8
«Количество рабочих смен» [10]	S	шт	1	1
«страховой тариф по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [10]	tстрах	%	1,2	0,97

«Рассчитаем показатели санитарно-гигиенической эффективности мероприятий по охране труда по формулам, представленным ниже» [10].

«Увеличение количества производственного оборудования (ΔM), соответствующего требованиям безопасности» [10]:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M} \cdot 100\% \quad (18)$$

где « M_1, M_2 — число единиц производственного оборудования, не соответствующего требованиям безопасности до и после внедрения мероприятий, шт. » [10];

M – «общее количество единиц производственного оборудования, шт. » [10];

$$\Delta M = \frac{1 - 0}{11} \cdot 100\% = 9\%$$

«Увеличение числа производственных помещений (ΔB), отвечающих требованиям безопасной их эксплуатации» [10]:

$$\Delta B = \frac{B_1 - B_2}{B} \cdot 100\%, \quad (19)$$

«где B_1, B_2 — количество производственных помещений, которые не отвечающих требованиям безопасной их эксплуатации до и после внедрения мероприятий, шт. » [10];

« B – общее число производственных помещений, шт.» [10].

$$\Delta B = \frac{20-0}{20} \cdot 100\% = 100\%$$

«Сокращение количества рабочих мест (ΔK), условия труда на которых не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям» [10]:

$$\Delta K = \frac{K_1 - K_2}{K_3} \cdot 100\% \quad (20)$$

«где K_1, K_2 – количество рабочих мест, условия труда на которых не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям до и после проведения мероприятий, шт.» [10];

« K_3 – общее количество рабочих мест, шт.» [10].

$$\Delta K = \frac{102 - 0}{102} \cdot 100\% = 100\%$$

«Уменьшение численности занятых ($\Delta Ч$), работающих в условиях, которые не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям» [10]:

$$\Delta Ч = \frac{Ч_1 - Ч_2}{ССЧ} \cdot 100\%, \quad (21)$$

«где $Ч_1, Ч_2$ – численность занятых, работающих в условиях, которые не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям до и после внедрения мероприятий, чел. » [10];

«ССЧ – годовая среднесписочная численность работников, чел.» [10].

$$\Delta Ч = \frac{102-0}{2224} \cdot 100\% = 4,6\%$$

«Среднедневная заработная плата» [10]:

$$ЗПЛ_{днб} = \frac{T_{чсб} \times T \times S \times (100 + k_{дон})}{100} \quad (22)$$

где « $T_{чс}$ – часовая тарифная ставка, (руб/час)» [10];

« $k_{допл.}$ – коэффициент доплат за условия труда, (%)» [10].

« T – продолжительность рабочей смены, (час)» [10].

« S – количество рабочих смен» [10].

$$ЗПЛ_{днб} = \frac{216 \times 8 \times 1 \times (100 + 8)}{100} = 1866,24 \text{ руб.};$$

$$ЗПЛ_{днп} = \frac{216 \times 8 \times 1 \times (100 + 4)}{100} = 1797,12 \text{ руб.}$$

«Среднегодовая заработная плата» [10]:

$$ЗПЛ_{год}^{осн} = ЗПЛ_{дн} \times \Phi_{пл} , \quad (23)$$

«где $ЗПЛ_{дн}$ – среднедневная заработная плата одного работающего (рабочего), (руб)» [10].

« $\Phi_{план}$ – плановый фонд рабочего времени 1 основного рабочего, (дн.)» [10].

$$ЗПЛ_{год б}^{осн} = 1866,24 \times 248 = 462827,52 \text{ руб.};$$

$$ЗПЛ_{год п}^{осн} = 1797,12 \times 248 = 445685,76 \text{ руб.}$$

«Годовая экономия за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда» [10]:

$$\mathcal{E}_з = \Delta Ч_i \times ЗПЛ_{год}^б - Ч_i^п \times ЗПЛ_{год}^п, \quad (24)$$

«где $ЗПЛ_{дн}$ – среднедневная заработная плата одного работающего (рабочего), (руб.)» [10].

« $\Phi_{план}$ – плановый фонд рабочего времени 1 основного рабочего, (дн.)» [10].

« $ЗПЛ_{год}$ – среднегодовая заработная плата работника, (руб.)» [10].

« $Ч_1, Ч_2$ – численность работников, (чел.)» [10].

Так как годовая экономия за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда будет исходить только от разности доплат а работу в неблагоприятных условиях труда принимаем, количество работников одинаковым.

$$\mathcal{E}_3 = 100 \times 462827,52 - 100 \times 445685,76 = 1714176 \text{ руб.}$$

«Общий годовой экономический эффект (\mathcal{E}_r) от мероприятий по улучшению условий труда представляет собой экономию приведенных затрат от внедрения данных мероприятий» [10]:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{\text{стр}} + \mathcal{E}_3 \quad (25)$$

$$\mathcal{E}_r = 920736 + 1714176 = 2634912 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий» [10].

«Срок окупаемости затрат на проводимые мероприятия определяется соотношением суммы произведенных затрат к общему годовому экономическому эффекту» [10].

«Коэффициент экономической эффективности – это величина, обратная сроку окупаемости» [10].

$$T_{\text{ед}} = Z_{\text{ед}} / \mathcal{E}_r \quad (26)$$

«где $Z_{\text{ед}}$ – единовременные затраты на проведение мероприятий по улучшению условия труда, (руб.)» [10].

$$T_{\text{ед}} = 5500000 / 2634912 = 2,09 \text{ года}$$

«Коэффициент экономической эффективности затрат» [10]:

$$E=1 / T_{\text{ед}} \quad (27)$$

«где $T_{\text{ед}}$ – срок окупаемости единовременных затрат, (год)» [10].

$$E = 1/2,09 = 0,48 \text{ год}^{-1}$$

Вывод: реализация плана мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах отделения (цеха) ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» экономически выгодно для предприятия. ООО «Тольяттикаучук» сможет сэкономить на уплате страховых взносов 920736 руб. ООО «Тольяттикаучук» сможет сэкономить 1714176 рублей за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда. Окупаемость единовременных затрат на внедрение в конструкцию сбросной трубы факельной установки глушителя составит 2,09 года.

Заключение

Цель работы – разработка шумопонижающих конструкций для снижения негативных шумовых излучений оборудования в ООО «Тольяттикаучук» достигнута.

В ходе выполнения работы было выяснено, что на предприятии имеется установка сепарации газов, стравливаемых на факел, которая предназначена для разделения жидких и газообразных углеводородов, стравливаемых на факел с установки ИП-3-4, а также из теплотехнического цеха и подачи газообразных углеводородов на факельную установку, а сброс паров изопентана производится в существующую закрытую систему утилизации абгазов производства МТБЭ – на факельную установку.

На участке цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» источниками шума являются: аппарат компрессорный (АВЗ) Т-210; печи ИП-4«б»; вентиляционное оборудование; установка синтеза МТБЭ; аппарат воздушный горизонтальный (АВГ); разгрузка-погрузка железнодорожного транспорта; проезд и стоянка автотранспорта; факелы; установка холодильных циклов.

Одним из основных источников шума высоких факельных установок является факельная горелка. Это объясняется неравномерностью процесса горения. В зоне турбулентного горения поток продуктов реакции не является равномерным, что связано с беспорядочным изменением его скорости и повторным вовлечением продуктов сгорания в зону пламени. При этом создаются нестабильные условия горения, сопровождаемые процессом неполного сгорания.

Шум факельной установки при сбросе через неё газа может возникать из-за превышения скорости звука, возникающего в результате расширения газа при прохождении его через регулирующий клапан и при выходе его из трубы.

В рамках работы были проведены измерения уровней звукового давления (УЗД) и уровней звука (УЗ) источников шума на территории цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук».

Таким образом, определилась зона, в которой ПДУ по шуму от основных источников акустического загрязнения цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» которая будет иметь следующие размеры:

- с севера – 880 м от северной границы участка;
- с юга – 615 м от южной границы участка;
- с востока – 383 м от восточной границы участка;
- с запада – 145 м от западной границы участка.

Расчетные эквивалентные УЗ от проезда в гараж грузового автотранспорта грузоподъемностью до 3,5 тонн не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА). Расчетные эквивалентные УЗ от проезда в гараж грузового автотранспорта грузоподъемностью свыше 3,5 тонн не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА). Расчетные эквивалентные УЗ от проезда в гараж трактора не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА). Расчетные эквивалентные УЗ от железнодорожного транспорта не превышают нормативных требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для эквивалентных уровней звука в дневное время суток (55 дБА).

Результаты расчета уровней шума в контрольных точках на территории ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», основанные на измеренных шумовых характеристиках источников шума, также показывают, что в расчетных точках присутствует превышение ПДУ от факельных установок.

Для предотвращения вредного воздействия опасных уровней шума на работников предприятия необходимо:

- не допускать распространение шума путём разработки глушителя для сбросной трубы факельной установки;

- ослаблять причины, порождающие шум путём своевременного и регулярного обслуживания и ремонта технологического оборудования и транспортных средств на предприятии.

Разработанный глушитель факельной установки с козырьком и дренажом рекомендуется к проработке с целью снижения шума на территории цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук». При включении факельной установки рационально использовать устройства плавного пуска.

Так как разработанный глушитель факельной установки с козырьком и дренажом не содержит в своём составе загрязняющих веществ, то антропогенное воздействие его конструкции на окружающую среду будет заключаться только в стоках дренажной воды из конструкции дренажа.

Внедрение в конструкцию сбросной трубы факельной установки глушителя и организация контроля над своевременностью и регулярностью технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и транспортных средств на предприятии обеспечит снижения уровня производственного шума на рабочих местах цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» до безопасного уровня.

Защита слуха, выбранная для защиты работников цеха ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук», подходит для рабочей среды и совместима с другими используемыми средствами индивидуальной защиты, например касками, респираторами, средствами защиты глаз и т.д.

Реализация плана мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах отделения (цеха) ИП-3-4 ООО «Тольяттикаучук» экономически выгодно для предприятия. ООО «Тольяттикаучук» сможет сэкономить на уплате страховых взносов 920736 руб. ООО «Тольяттикаучук» сможет сэкономить 1714176 рублей за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда. Окупаемость единовременных затрат на внедрение в конструкцию сбросной трубы факельной установки глушителя составит 2,09 года.

Список используемых источников

1. Ардабацкий С.А. Теоретические и практические аспекты проблемы шумового загрязнения // БМИК. 2017. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-i-prakticheskie-aspekty-problemy-shumovogo-zagryazneniya> (дата обращения: 09.04.2021).

2. Ахметкужина Гульфия Минзагитовна, Тельцова Луиза Загитовна Шумовое загрязнение на производстве и его влияние на здоровье рабочих // International scientific review. 2016. №1 (11). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shumovoe-zagryaznenie-na-proizvodstve-i-ego-vliyanie-na-zdorovie-rabochih> (дата обращения: 09.04.2021).

3. Бахметьев Сергей Николаевич Алгоритмизация технологического процесса синтеза метил-трет-бутилового эфира при разработке АСУТП // ОНВ. 2003. №2 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmizatsiya-tehnologicheskogo-protsesta-sinteza-metil-tret-butilovogo-efira-pri-razrabotke-asutp> (дата обращения: 09.04.2021).

4. Васильев А. В., Глейзер А. И., Чернов Н. С. Снижение вибрации и низкочастотного шума энергетических установок и присоединенных механических систем с использованием гасителей колебаний давления газа и активных компенсаторов // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. №4-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-vibratsii-i-nizkochastotnogo-shuma-energeticheskikh-ustanovok-i-prisoedinennyh-mehanicheskikh-sistem-s-ispolzovaniem> (дата обращения: 09.04.2021).

5. Васильев А.В. Шум как фактор экологического риска в условиях урбанизированных территорий // Noise Theory and Practice. 2015. №2 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shum-kak-faktor-ekologicheskogo-riska-v-usloviyah-urbanizirovannyh-territoriy> (дата обращения: 09.04.2021).

6. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. СанПиН 2.1.2.3685-21. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>

(дата обращения: 13.03.2021).

7. Каримова Л. К., Гимранова Г. Г., Мулдашева Н. А., Зотова Т. М. Сочетанное воздействие химических веществ и шума в условиях современных нефтехимических производств // Acta Biomedica Scientifica. 2006. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sochetannoe-vozdeystvie-himicheskikh-veschestv-i-shuma-v-usloviyah-sovremennyh-neftehimicheskikh-proizvodstv> (дата обращения: 09.04.2021).

8. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях [Электронный ресурс] : МУК 4.3.2194-07. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200050920> (дата обращения: 04.03.2021).

9. Некипелова О.О., Коновалова А.Н., Некипелов М.И., Шишелова Т.И. Шум как экологический фактор среды обитания // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 2. – С. 157-159; URL: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=21717> (дата обращения: 09.04.2021).

10. Об утверждении Методики расчета скидок и надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 01.08.2012 № 39н. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902363899> (дата обращения: 05.04.2021).

11. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 20.10.2020 № 420. URL: <http://docs.cntd.ru/document/573053315> (дата обращения: 04.03.2021).

12. Патент на изобретение № RU2486407C1 «Факельная горелка», заявл. от 20.12.2011 года, автор: Гриценко Владимиром Дмитриевичем (RU), заявитель и правообладатель: Общество с ограниченной ответственностью Финансово-промышленная компания «Космос-Нефть-Газ» (RU) [Электронный ресурс]: URL:

https://yandex.ru/patents/doc/RU2486407C1_20130627 (дата обращения: 04.03.2021).

13. Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры [Электронный ресурс] : СП 2.5.3650-20. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/566406892> (дата обращения: 28.03.2021).

14. Свиридок Екатерина Викторовна Процесс развития чрезвычайных ситуаций, вызванных образованием взрывоопасных концентраций горючих смесей на химически опасных объектах // Технологии гражданской безопасности. 2017. №4 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsess-razvitiya-chrezvychaynyh-situatsiy-vyzvannyh-obrazovaniem-vzryvoopasnyh-kontsentratsiy-goryuchih-smesey-na-himicheskii> (дата обращения: 09.04.2021) (дата обращения: 13.03.2021).

15. Свод правил. Защита от шума [Электронный ресурс] : СП 51.13330.2011. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (дата обращения: 13.03.2021).

16. Татаркина А.А. Оценка уровня шума на рабочем месте. Расчет средств защиты от шума // Noise Theory and Practice. 2015. №2 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-urovnya-shuma-na-rabochem-meste-raschet-sredstv-zaschity-ot-shuma> (дата обращения: 09.04.2021).

17. Тупов В.Б. Снижение шума от энергетического оборудования. М.: Издательство МЭИ, 2005. 323 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://twi.mpei.ac.ru/ТТНВ/4/Тупов/> (дата обращения: 11.03.2021).

18. Факельная труба [Электронный ресурс]. Большая энциклопедия нефти и газа. URL: <https://www.ngpedia.ru/id526204p4.html> (дата обращения: 13.03.2021).

19. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Электронный ресурс] : СН 2.2.4/2.1.8.562-96. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/901703278> (дата обращения: 13.03.2021).

20. Юганова Е. А., Галеев Э. Р., Елизаров В. В. Оптимизация технологического процесса промышленной установки очистки изопентан-изоамиленовой фракции // Вестник Казанского технологического университета. 2011. №15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologicheskogo-protssessa-promyshlennoy-ustanovki-ochistki-izopentan-izoamilenovoy-fraktsii> (дата обращения: 09.04.2021).

21. Analysis of noise impact on mental stress of employees [electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/316636396_Analysis_of_noise_impact_on_mental_stress_of_employees (date of application: 01.03.2021).

22. Noise impact in the workplace [electronic resource]. URL: <https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/knowledge/office/research-studies/impact-of-noise-in-the-workplace---a-research-summary.pdf> (date of application: 12.03.2021).

23. Noise at work [electronic resource]. URL: https://www.gla.ac.uk/media/Media_142352_smxx.pdf (date of application: 13.03.2021).

24. Noise Management at Work: Risks, Precautions & Control Measures [electronic resource]. URL: <https://www.highspeedtraining.co.uk/hub/noise-management-workplace/> (date of application: 14.03.2021).

25. The Factors Affecting Employee Work Environment & It's Relation with Employee Productivity [electronic resource]. URL: <https://ijsr.net/archive/v3i11/T0NUMTQxMTY5.pdf> (date of application: 05.02.2021).