



Кафедра «Логистика и транспортные технологии»

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(дипломный проект)

на тему: «Разработка мероприятий по повышению  
экологической безопасности тепловозов в эксплуатации»

Научный руководитель: Рыбак А.С.

## Состав отработавших газов дизелей, факторы их определяющие и степень их воздействия на окружающую среду

### Усредненный состав отработавших газов отечественных двигателей внутреннего сгорания

Компоненты отработавших газов	Процентное содержание веществ в отработавших газах		Токсичные компоненты отработавших газов дизелей на режиме полной нагрузки	
	Бензиновый двигатель	Дизель	Концентрация, г/м	Удельный выброс, г/кВт
Азот, N <sub>2</sub>	74... 77%	74... 78%	-	-
Кислород, O <sub>2</sub>	0,3... 8%	2,0... 18%	-	-
Водяной пар, H <sub>2</sub> O	3,0... 5,5%	0,5... 9,0%	15...100	-
Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	5,0... 12,0%	1,0... 12,0%	4,0...240	-
Оксиды азота >NO <sub>x</sub>	0,01... 0,8%		1,0...8	10...30
в том числе:				
монооксид азота, NO	-	0,004... 0,5%	1,0...4,5	6...18
диоксид азота, NO <sub>2</sub>	-	0,00013...0,013%	0,1...0,8	0,5...2,0
Монооксид углерода, CO	0,5... 12%	0,005... 0,4%	0,25...2,5	1,5...12,0
Углеводороды, C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,2...3,0%	0,009...0,3%	0,25...2,0	1,5...8,0
Бенз(а)пирен, C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0...20мкг/м <sup>3</sup>	0,05... 1%	0,2 10 <sup>-6</sup> ... 0,5 10 <sup>-6</sup>	1 10 <sup>-6</sup> ... 2 10 <sup>-6</sup>
Сажа, С	0...0,04г/м <sup>3</sup>	0,01... 11 г/ м <sup>3</sup>	0,05...0,5	0,25...2,0
Диоксид серы, SO <sub>2</sub>	-	0,0018... 0,02%	0,1...0,5	0,4...2,5
Триоксид серы, SO <sub>3</sub>	-	0,00004...0,0006%	-	-
Альдегиды RCHO,	0...0,2%	0,002%	1,0...10,0	-
в том числе:				
Формальдегид, HCHO	-	0,0001...0,0019%	-	-
Акролеин, CH <sub>2</sub> CHO	-	0,0001...0,00013%	0,001...0,04	0,06... 0,2

Проведенный анализ показывает, что оксиды азота наиболее токсичные компоненты ОГ энергетических установок, могут вызывать тяжелые заболевания человека, оказывать негативное влияние на растения и животных.

основными факторами, влияющими на уровни выбросов, являются конструкция, техническое состояние, режимы работы дизелей и параметры окружающей среды, которые определяют неравномерность состава топливовоздушной смеси и локальные значения коэффициента избытка воздуха в цилиндрах дизелей;

возрастание дымности, выбросов оксидов азота, оксида углерода и несгоревших углеводородов при повышении позиции контроллера машиниста (режима работы), что связано, в основном, с уменьшением коэффициента избытка воздуха, в том числе в локальных зонах цилиндра дизеля, на переходных режимах работы дизеля дымность увеличивается в 3-4 раза;

конструкции и технического состояния дизеля, и в первую очередь топливной аппаратуры и системы воздухообеспечения существенно влияет на дымность и выбросы вредных веществ.

## *Классификация мероприятий по снижению выбросов сажи (дымности) и оксидов азота*

### ***К конструктивным мероприятиям, обеспечивающим***

***снижение дымности отработавших газов и выбросов вредных веществ дизелей, отнесены:***

- уменьшение «мертвого» объема в камере сгорания за счет приближения верхнего компрессионного кольца к днищу поршня (сажа);*
- оптимизация формы и объема камеры сгорания, величины степени сжатия (сажа);*
- интенсификация вихревого движения воздушного заряда;*
- оптимизация характеристик распыливания форсунок и уменьшение объема между запирающим конусом иглы и распылительными отверстиями;*
- уменьшение угла опережения подачи топлива и сокращение продолжительности процесса впрыскивания NO<sub>x</sub>, сажа С;*
- установка каталитических реакторов, поглотителей, сажевых фильтров (сажа);*
- охлаждение наддувочного воздуха (NO<sub>x</sub>);*
- повышение коэффициента избытка воздуха NO<sub>x</sub>, сажа ;*
- рециркуляция отработавших газов NO<sub>x</sub>;*
- двухфазное впрыскивание топлива (NO<sub>x</sub>);*
- разделенные камеры сгорания (NO<sub>x</sub>).*

### ***К эксплуатационным мероприятиям, которые реализуются при текущем ремонте и непосредственно в эксплуатации при техническом обслуживании, относятся:***

- контроль и подрегулировка углов опережения подачи топлива NO<sub>x</sub>, сажа ;*
- контроль и подрегулировка давления начала впрыска топлива (сажа);*
- раскоксовывание распылителей форсунок, в том числе без разборки NO<sub>x</sub>, сажа);*
- контроль и регулировка неравномерности максимального давления сгорания (NO<sub>x</sub>, сажа);*
- контроль давления наддува и потерь давления на воздушном фильтре (NO<sub>x</sub>, сажа).*

### ***К химико-технологическим мероприятиям относится:***

- добавки к топливу аммиака, соединений магния и кальция, бариевых присадок, присадок на основе гидроокиси железа (сажа);*
- подача воды и водяного пара или водорода в камеру сгорания (NO<sub>x</sub>, сажа);*
- подача смесей топлива с пропаном или метанолом (NO<sub>x</sub>, сажа);*
- подача водотопливных эмульсий (NO<sub>x</sub>, сажа);*
- применение дизельного топлива с повышенным цетановым числом и уменьшенным содержанием серы (сажа);*
- насыщение топлива воздухом или кислородом (сажа);*
- применение газообразного топлива (NO<sub>x</sub>, сажа);*
- термохимическая подготовка топлива (NO<sub>x</sub>, сажа).*



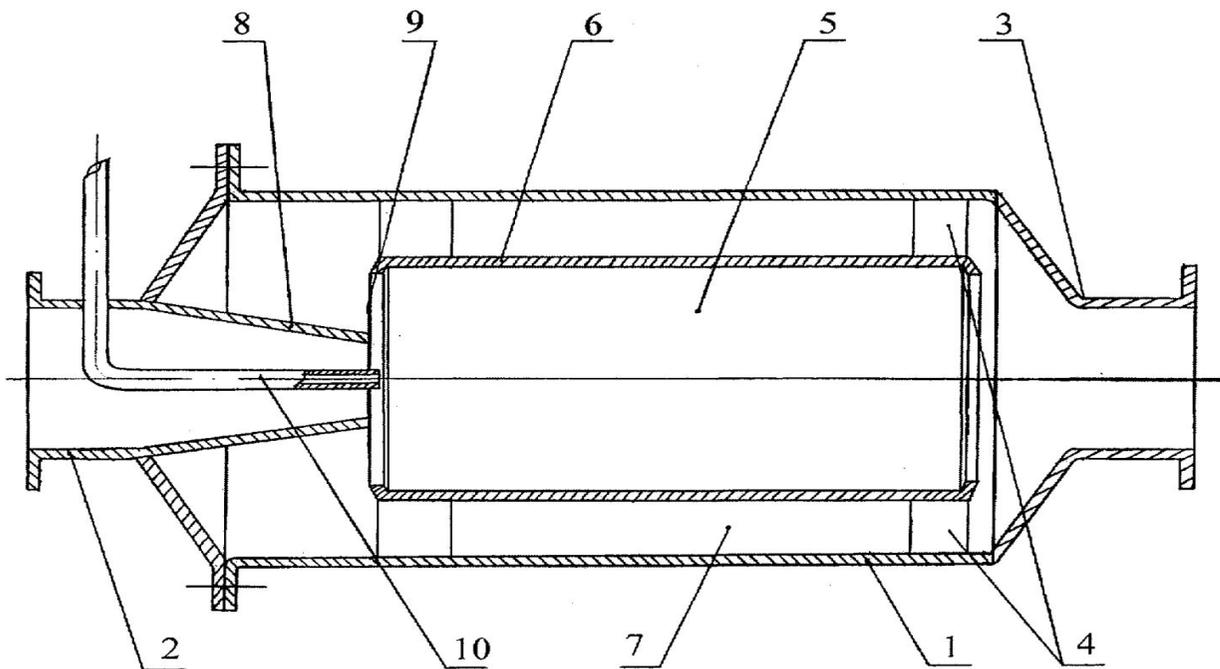
## Эффективность мероприятий по снижению токсичности и дымности ОГ

Мероприятия	Динамика параметров токсичности и дымности ОГ			
	CO	CH	NO <sub>x</sub>	дымность
1	2	3	4	5
Рециркуляция ОГ	Возрастает на 20%	Изменяется незначительно	Снижается на 50...80%	Возрастает на 15...20%
Подача воды во впускной трубопровод или непосредственно в цилиндры дизеля	Изменяется незначительно	Возрастает в 2,5...3 раза	Снижается в 2...5 раз	Снижается в 2...3 раза
Добавка инертных газов к воздуху	Изменяется незначительно	Снижается на 5...15%	Снижается на 20...30%	Возрастает значительно
Применение альтернативных топлив с минимальным содержанием атомов углерода с содержанием серы менее 0,05%, а также цетановым числом до 55 ед.	Изменяется незначительно	Изменяется незначительно	Изменяется значительно	Снижается на 60...70%
Применение антидымных присадок к топливу	-	Возрастает на 10...15%	-	Снижается на 70...80%
Применение каталитических нейтрализаторов	Снижается на 70%	Снижается на 70%	Снижается на 15...20%	Снижается на 50...55%
Применение сажевых фильтров	-	Снижается на 20...30%	-	Снижается на 80...90%

- существующие методы борьбы с вредными выбросами ОГ двигателей внутреннего сгорания имеют ряд недостатков, что препятствует их широкому применению в транспортной технике;

- рассмотренные мероприятия, заключающиеся в дополнительной физикохимической обработке потока ОГ в процессе выпуска, имеют большую эффективность по сравнению с мероприятиями, воздействующими на рабочий процесс, но при этом мало уделяется внимания эффективности восстановления оксидов азота.

### Схема нейтрализатора отработавших газов дизеля



Поз.	Наименование
1	Цилиндрический корпус
2	Входной патрубок
3	Выходной патрубок
4	Продольные ребра жесткости
5	Цилиндрическая смешивательная камера
6	Триба смешивательной камеры
7	Кольцевой канал
8	Сужающееся сопло входного патрубка
9	Кольцевое отверстие
10	Трибка подачи газа-восстановителя

Устройство нейтрализации позволит обеспечить эффективное восстановления оксидов азота в ОГ (90%) энергетических установках.

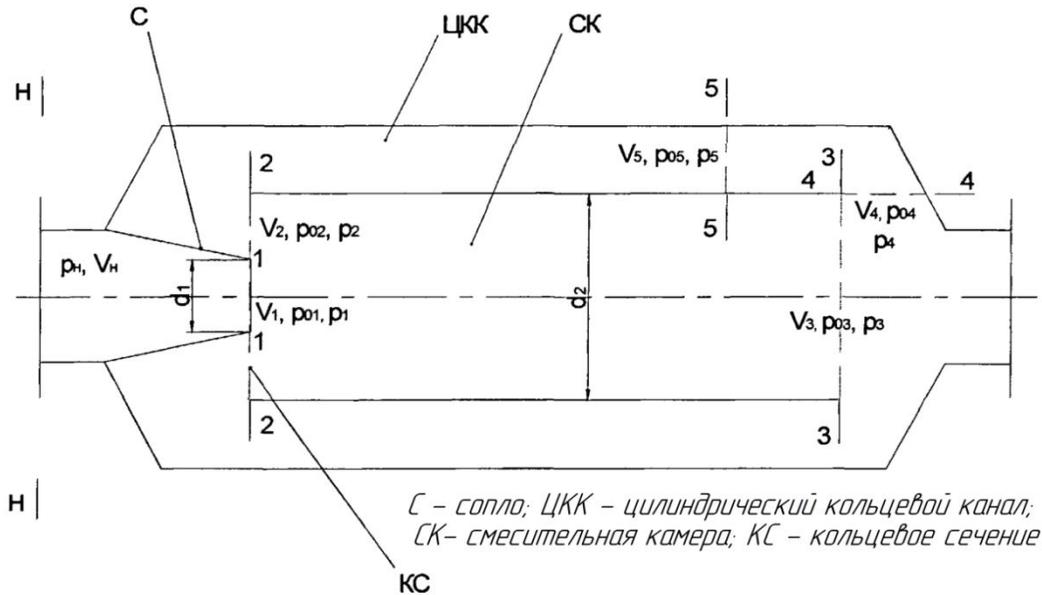
Рекомендуется использовать при температурах ОГ выше 450 град.С, при нагрузках на двигатель близких к максимальной.

Подача аммиака осуществляется из расчета поддержания оптимальной скорости подачи (мг/мин) в восстановительную камеру согласно скоростным режимам работы двигателя.

При создании нейтрализатора оксидов азота ОГ тепловозных дизелей различной производительности и мощности можно использовать, как основу, предложенную конструкцию.

## Расчет нейтрализатора оксидов азота

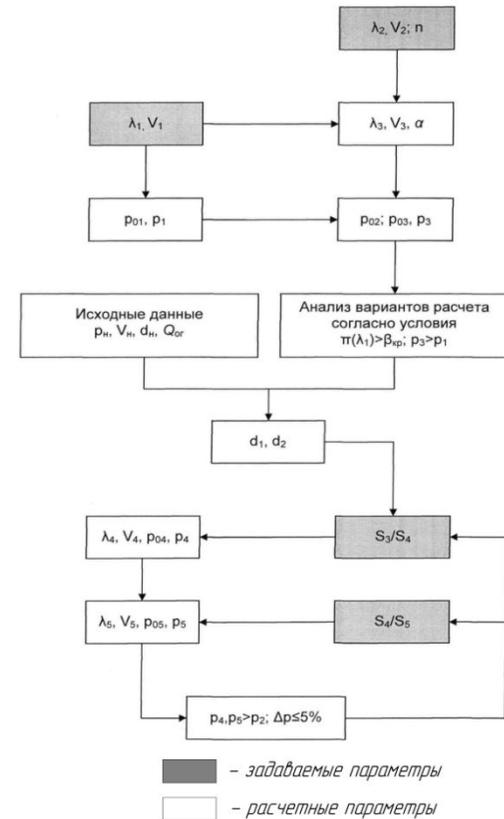
Структурная схема расчета нейтрализатора



Геометрические и газодинамические параметры  
в расчетных сечениях нейтрализатора

сечения	$S, \text{м}^2$	$V, \text{м/с}$	$p_0, \text{атм}$	$p, \text{атм}$
н-н	0,024	100	1,345	1,26
1-1	0,008	44,1	1,28	1,15
2-2	0,063	33,4	1,26	1,15
3-3	0,071	74,3	1,23	1,212
4-4	0,118	17,6	1,24	1,243
5-5	0,118	17,3	1,24	1,24

Алгоритм расчета нейтрализатора – расчетные параметры



*Расчет экономического эффекта от внедрения разработанных мероприятий*

<i>Годы</i>	<i>Прибыль, тыс.руб</i>	<i>Увеличение текущих затрат, тыс.руб</i>	<i>Итого прибыль, тыс.руб.</i>	<i>Единоновременные затраты, тыс.руб.</i>	<i>Прибыль за вычетом затрат</i>	<i>a</i>	<i>Прибыль, приведенная к расчетному году, тыс.руб.</i>
<i>2017</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>50</i>	<i>-</i>	<i>1</i>	
<i>2018</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>	<i>100</i>	<i>105,67</i>	<i>0,909</i>	<i>96,05</i>
<i>2019</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,826</i>	<i>211,18</i>
<i>2020</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,751</i>	<i>192,08</i>
<i>2021</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,683</i>	<i>174,62</i>
<i>2022</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,62</i>	<i>160,94</i>
<i>2023</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,564</i>	<i>144,33</i>
<i>2024</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,513</i>	<i>131,21</i>
<i>2025</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,466</i>	<i>119,27</i>
<i>2026</i>	<i>275,67</i>	<i>20</i>	<i>255,67</i>		<i>255,67</i>	<i>0,424</i>	<i>108,43</i>
						<i>Итого</i>	<i>1338,11</i>

## Организация подготовки и обучения личного состава нештатных аварийно-спасательных формирований

### Нештатные аварийно-спасательные формирования (НАСФ)

– самостоятельные структуры, созданные на нештатной основе, оснащенные специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами, подготовленные для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах чрезвычайных ситуаций.

- Подготовка НАСФ включает
- (в соответствии с Приказом МЧС России от 23 декабря 2005 г. № 999 «Об утверждении порядка создания нештатных аварийно-спасательных формирований»)
    - получение личным составом НАСФ знаний в ходе усвоения программы обучения работающего населения в области безопасности жизнедеятельности;
    - первоначальную подготовку личного состава НАСФ по соответствующим программам первоначальной подготовки спасателей и их аттестация в соответствии с требованиями Основных положений аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований и спасателей, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 1997 г. № 1479;
    - повышение квалификации руководителей НАСФ по программе обучения должностных лиц и специалистов гражданской обороны и единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в учебно-методических центрах по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации и на курсах гражданской обороны муниципальных образований;
    - обучение личного состава НАСФ по программе, разработанной в соответствии с требованиями примерной программы;
    - участие НАСФ в учениях, тренировках и соревнованиях;
    - проверку готовности НАСФ.

### Личный состав НАСФ должен знать:

- характерные особенности опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также способы защиты от них;
  - физико-химические и паразитические свойства аварийно химически опасных веществ (далее – АХОВ), применяемых на объекте, порядок и способы защиты при их утечке (выбросе);
  - предназначение своего формирования и свои функциональные обязанности;
  - производственные и технологические особенности своей организации, характер возможных аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее – АСДНР);
  - порядок действий по сигналу «Внимание всем» и речевым информиранием;
  - порядок оповещения, сбора и приведения НАСФ в готовность;
  - место сбора формирования, пути и порядок выдвигания к месту возможного проведения АСДНР;
  - назначение, технические данные, порядок применения и возможности техники, механизмов и приборов, а также средств защиты, состоящих на оснащении формирования;
  - порядок проведения специальной обработки;
- учет:**
- выполнять функциональные обязанности при проведении АСДНР;
  - поддерживать в исправном состоянии и грамотно применять закрепленную штатную технику, механизмы, приборы и другое табельное имущество, а также средства индивидуальной защиты при проведении АСДНР;
  - оказывать первую медицинскую помощь раненым и пораженным, а также эвакуировать их в безопасные места;
  - работать на штатных средствах связи;
  - проводить санитарную обработку, дезактивацию, дегазацию и дезинфекцию техники, сооружений, территории, одежды и средств индивидуальной защиты.

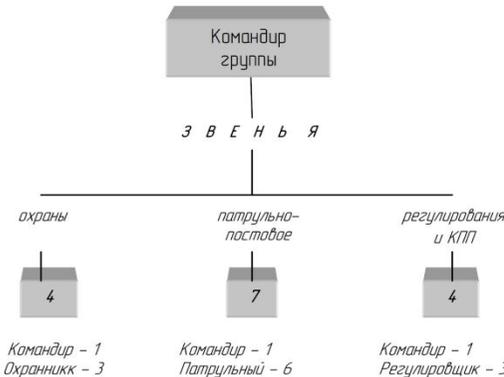
Наименование тем, виды занятий и количества часов базовой подготовки

№№ тем	Наименование тем	Вид занятия	Кол-во часов
1	Действия личного состава при приведении НАСФ в готовность	Тактико-специальное занятие	2
2	Действия личного состава НАСФ при выдвигении в район выполнения АСДНР и подготовке к выполнению задач	Тактико-специальное занятие	2
3	Оказание первой медицинской помощи раненым и пораженным и эвакуация их в безопасные места	Практическое занятие	2
4	Применение приборов радиационной и химической разведки, контроля радиоактивного заражения и облучения, а также средств индивидуальной защиты	Практическое занятие	2
5	Меры безопасности при проведении АСДНР	Практическое занятие	2
6	Действия личного состава НАСФ при проведении специальной обработки	Практическое занятие	4
	<b>Итого:</b>		<b>14</b>

Средства защиты и техника НАСФ

Наименование имущества	Единица измерения	Норма отпуска	Кому положено	Примечание	Кол-во копий
Противогаз фильтрующий гражданский типа ГП-7 и его модификации	компл	1 на человека	На штатную численность личного состава всех формирований	Для подгонки по размерам создается 10% запас противогазов	18
Респиратор типа Р-2 У-2К или У-2ПМ, РП-2000, РП-2000М	шт	1 на человека	На штатную численность личного состава всех формирований		18
Лежки защитные костюм типа Л-1	компл	1 на человек	На штатную численность личного состава всех формирований	Для замены создается запас до 75% от потребности	18
Фильтрующая защитная одежда типа ФЭ0-М или ФЭ0-МП	компл	1 на человек	На штатную численность личного состава всех формирований	Для замены создается запас до 75% от потребности	18
Экранирующий комбинезон хлопчатобумажный типа «Экран»	шт	1	На каждый защитный костюм Л-1 и каждый комплект ФЭ0		18
Сапоги резиновые (в комплекте с перчатками или наскочкой)	пар	1	На каждый защитный костюм Л-1 и каждый комплект ФЭ0		18
Решок прорезиненный для зараженной одежды	шт	1	На 20 защитных костюмов Л-1		1
Аптечка индивидуальная типа АИ-2 АИ-4	шт	1 на человек	На штатную численность личного состава всех формирований		16
Индивидуальный противохимический пакет типа ИПП-11	шт	1	На штатную численность личного состава всех формирований		16
Индивидуальный передаточный пакет – ИПП-1 ПАИ АВ-3	шт	1	На штатную численность личного состава всех формирований		16
Радиостанция УКВ носимая	компл	2	Каждой команде охраны общественного порядка	Для командиров подразделений	6
Электромегафон типа ЭМ-12 ЭМ-15	шт	1	Каждой команде охраны общественного порядка		1

### Группа охраны общественного порядка



### Структурная схема НАСФ

## Культура безопасности движения



Элементы СМБД и связь с ними культуры безопасности движения



Место культуры безопасности (в том числе культуры безопасности движения) в общей корпоративной культуре (в соответствии со Стратегией развития кадрового потенциала)



Структура признаков культуры безопасности движения и их обобщенных критериев



Трёхаспектный подход к культуре безопасности движения



ОРЕНБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
филиал федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Самарский государственный университет путей сообщения»

Благодарю за внимание!