

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**  
**Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта**  
**(ТТЖТ - филиал РГУПС)**

---

А.Н. Белевцева

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ**  
**ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**по дисциплине**  
**«Экология на железнодорожном транспорте»**

**для специальности**

**23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных,**  
**дорожных машин и оборудования (по отраслям)**

Тихорецк  
2025

**РАССМОТРЕНА**

цикловой комиссией № 2  
протокол №1 от 01.09.2025г

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора по УР  
Н.Ю.Шитикова

Методические указания по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте» разработаны для специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям) с целью формирования у студентов экологического мировоззрения, затрагивающие основные проблемы экологии.

Организация-разработчик: Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ТТЖТ – филиал РГУПС)

Разработчик:

Белевцева А.Н., преподаватель ТТЖТ- филиала РГУПС

Рецензенты:

Жестерова Н.Д., преподаватель ТТЖТ- филиала РГУПС

Варнакина О. А., преподаватель филиала ФГБОУ ВО "Кубанский государственный университет в г. Тихорецке

## Рецензия

на методические указания по практическим занятиям по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте», разработанные на основе примерной программы учебной дисциплины, для профессиональных образовательных организаций, по специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям)

Для закрепления знаний и приобретения практических навыков по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте» предусмотрены практические занятия.

В методических указаниях по выполнению практических занятий по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте», четко и конкретно прослеживаются вопросы изучаемого материала, необходимого для владения конкретными знаниями по данной дисциплине.

Обучающийся, в результате освоения курса и выполнении практических занятий, сможет самостоятельно:

- анализировать и прогнозировать экологические последствия различных видов производственной деятельности;
- анализировать причины возникновения экологических аварий и катастроф;
- выбирать методы, технологии и аппараты утилизации газовых выбросов, стоков, твердых отходов;
- определять экологическую пригодность выпускаемой продукции;
- оценивать состояние экологии окружающей среды на производственном.

Содержание методических рекомендаций по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте» обеспечивает реализацию основных требований Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования и может быть рекомендована для использования в учебном процессе.

Рецензент: \_\_\_\_\_ Жестерова Н.Д., преподаватель ТТЖТ - филиала РГУПС

## Рецензия

на методические указания по практическим занятиям по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте», разработанные на основе примерной программы учебной дисциплины, для профессиональных образовательных организаций, по специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям)

В методических указаниях по выполнению практических занятий по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте» сформированы основные представления в области экологии, как о специфической области знаний, о экологических законах и понятиях.

В методических указаниях по выполнению практических занятий предусмотрено изучение следующих вопросов: принципы взаимодействия общества и природы; негативные последствия неконтролируемой хозяйственной деятельности человека, приводящие к нарушению стабильности экосистем; принципы и методы рационального природопользования, проблемы сохранения природоресурсного потенциала, в том числе особо охраняемых природных территорий.

Затронуты проблемы размещения производств и оценки последствий их воздействия на окружающую среду. Выполнение практических занятий способствуют формированию у обучающихся экологического мировоззрения и способностей оценки профессиональной деятельности с позиции охраны окружающей среды.

В методические указания по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте» включены материалы необходимые для применения их в практической деятельности и изучения других учебных дисциплин.

Рецензент: \_\_\_\_\_ Варнакина О. А., преподаватель филиала  
ФГБОУ ВО "Кубанский государственный  
университет в г. Тихорецке

## **Содержание**

|                        |    |
|------------------------|----|
| Введение               | 6  |
| Практическое занятие 1 | 7  |
| Практическое занятие 2 | 12 |
| Практическое занятие 3 | 15 |
| Практическое занятие 4 | 18 |
| Практическое занятие 5 | 20 |
| Заключение             | 24 |
| Литература             | 25 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические рекомендации по выполнению практических занятий составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования и примерной программой. Данные рекомендации содержат необходимый теоретический материал для работы.

Практические занятия выполняются в соответствии с общими требованиями: состоит из расчетов с необходимыми обоснованиями, пояснениями по принятым решениям и ссылками на использованные источники.

Цель методических указаний:

- помочь студентам закрепить полный курс теоретического обучения по дисциплине «Экология на железнодорожном транспорте»;
- подготовиться к дифференцированному зачету или зачету;
- подготовка к самостоятельному решению сложных конструкторских задач.

## **Практическое занятие 1. Определение эффективности методов очистки сточных вод предприятий железнодорожного транспорта.**

**Цель работы:** освоить методы оценки экологического ущерба путем расчета платежей за загрязнение водоемов при сбросе сточных вод.

**Оборудование:** учебники, схемы, таблицы, раздаточный материал.

**Сокращения слов:**

Промывочно-пропарочные станции (ППС);

Шпалопропиточные заводы (ШПЗ),

Дезинфекционно-промывочные станции (ДПС);

Прочие предприятия (автобазы, БПК – биохимическая (биологическая) потребность в кислороде;

Концентрация БПК – концентрация кислорода, необходимая для полного разложения органических веществ, попавших в сточные воды со стоками предприятия.

### **Ход работы:**

1. Ознакомится с принципами работы нефтеловушки, зарисовать схему1.
2. Отметить назначение и места размещения ППС. Указать основные вещества, загрязняющие сточные воды ППС.
3. Привести расчет объема сточных вод образующихся на предприятии.
4. Сделать выводы.

### **Теоретический материал.**

Нефтеуловители или нефтеловушки предназначены для очистки дождевых, талых и технических вод с территорий, на которых существует угроза загрязнения нефтепродуктами.

Это оборудование является так называемым проточным, т.е. во время прохождения сточных вод через данное оборудование происходит механическое отделение свободных масел и средне - стабильных эмульсий от остальных

### **Нефтеуловитель (нефтеловушка)**

Производительность: 1,5 - 500 л/с

Длина: 1600 - 9000 мм Ширина: 1000 - 1850 мм Высота: 1080 - 2120 мм

Степень очистки: 0,3 мг/л (сброс в канализацию) Дополнительно поставляются:

Надставка 360 мм Сигнализатор уровня (рисунок 1,2) субстанций.



Рисунок – 1Схема нефтеловителя

Предлагаемые нефтеловушки выполнены из полиэтилена. Они оборудованы встроенной камерой для сбора осадка.

В процессе сепарации используется разница плотности нефтепродуктов и воды в процессе гравитационного расслоения потока через нефтеуловитель.

В коалисцентных сепараторах используются также поверхностные явления, происходящие в коалисцентной кассете, когда микро-капли нефтепродуктов образуют более крупные капли, более удобные для сепарирования.

Эти частички поднимаются на поверхность, их слой постоянно увеличивается и его необходимо регулярно удалять.

Тяжелые субстанции опадают на дно сепаратора, образуя осадок. Для увеличения эффективности работы устройства, его необходимо оборудовать камерой для сбора осадков.

Законодательство России предъявляет очень высокие требования производителям очистного оборудования, в частности в сфере охраны грунтовых вод. Нефтепродукты представляют собой очень серьезную угрозу для окружающей среды.

Необходимо правильно подбирать производительность нефтеуловителя в зависимости от объема загрязнённых стоков.

Нефтеловушки предназначены для очистки сточных вод, при номинальном потоке от 1,5 до 600 л/сек.

Правильный выбор нефтеловушки для конкретного объекта очень важен. Сепаратор не может быть слишком маленьким, так как слишком слабый поток не позволит получить правильные параметры очистки, а также не может быть слишком большим по чисто экономическим соображениям.

Нормы, согласно которым производятся наши сепараторы нефтепродуктов, четко определяет элементы, которые необходимо учитывать при подборе нефтеловушки для очистки сточных вод от нефтепродуктов: осадки; технические воды, использовавшиеся в производстве; тип углеводородной составляющей.

**Экологический ущерб** – это понижение качества (полезности) окружающей среды вследствие ее загрязнения.

Ущерб выражается суммой дополнительных затрат по воспроизводству и восстановлению качества природных ресурсов в данном регионе до уровня, предшествующего осуществлению загрязнения от рассматриваемого объекта.

В результате производственной деятельности объекты железнодорожного транспорта (депо, ремонтные заводы, промывочнопропарочные станции и др.) сбрасывают сточные воды, различные по структуре и происхождению и подлежащие очистке от примесей.



Рисунок - 2 Нефтеулавливатель

### **Виды сточных вод:**

**А.** Бытовые (туалеты, душевые, столовые, прачечные, мытье) содержат около 60 % органических и 40 % минеральных примесей.

**Б.** Атмосферные (поверхностные) сточные воды формируются в результате выпадения осадков. Дождевой, талой или поливочной водой вредные вещества смываются с территории предприятий и крыш зданий, а также с подвижного состава.

**В.** Промышленные (производственные) стоки образуются в депо и на других ремонтных предприятиях в результате обмывки подвижного состава и его деталей, а также при других производственных операциях.

Практически все вещества, присутствующие в стоках, относятся к числу вредных, и поэтому должны быть удалены из них.

Конкретные условия для выбора очистных сооружений определяются дисперсным составом и концентрацией загрязнений, видами примесей, объемом сточных вод. Показателями качества воды – несущей среды сбросов – являются значения концентраций в ней вредных веществ.

Взвешенные вещества и другие твердые примеси оседают в шламосборник, откуда по мере накопления периодически удаляются для утилизации или захоронения.

Очищенная сточная вода огибает перегородку и переливается в приёмный бак, откуда по трубопроводу подаётся на сброс, повторное использование или дополнительную обработку.

Методом озонирования, которым можно очищать стоки, содержащие фенолы в концентрации до 1000 мг/л. Конечными продуктами окисления фенола являются углекислый газ и вода. С увеличением температуры и pH скорость и полнота окисления фенольных соединений значительно возрастают. Дальнейшая биологическая очистка производится на биофильтрах.

### **ВОДООЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ППС.**

Нефтеловушки, используемой в оборотной системе Промывочно-пропарочные станции (ППС) предназначены для очистки и мойки нефтебензиновых цистерн. ППС размещены в зонах массовой погрузки и выгрузки нефтепродуктов на специально отведенных территориях, имеющих соответствующее путевое развитие и оборудование для мойки.

В ряде случаев ППС располагаются на одной территории с вагонным депо, специализирующимся на ремонте цистерн.

Цистерны под нефтепродукты взаимозаменяемы для различных, но близких по составу продуктов.

ППС загрязняют сточные воды нефтепродуктами, взвешенными веществами, кислотами, щелочами и другими химикатами (более 130 компонентов). Очистку стоков от механических примесей производят в песколовках, отстойниках, гидроциклонах.

Нефтяные примеси выделяют в нефтеловушках и флотационных установках, кислоты и щелочи подвергают нейтрализации.

### Исходные данные.

| Вариант №                                                                                | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Количество обрабатываемых цистерн в сутки $N$ , шт.                                      | 180  | 182  | 184  | 186  | 188  | 190  | 192  | 194  | 196  | 198  |
| Расход воды на промывку одной цистерны $P_{и}$ , м <sup>3</sup>                          | 18   | 18   | 18   | 18   | 18   | 18   | 18   | 18   | 18   | 18   |
| Скорость движения воды в отстойной зоне нефтеловушки, $V_{в}$ , м/с                      | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Глубина проточной части отстойной зоны нефтеловушки $H_{,м}$                             | 2,8  | 2,8  | 2,8  | 2,8  | 2,8  | 2,8  | 2,8  | 2,8  | 2,8  | 2,8  |
| Наименьший размер улавливаемых частиц нефтепродуктов в сточной воде $r_{ч}, 10^{-6}$ , м | 80   | 80   | 80   | 80   | 80   | 80   | 80   | 80   | 80   | 80   |
| Начальная концентрация нефтепродуктов в очищаемой воде $C_{Н}$ , г/м <sup>3</sup>        | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 |
| Коэффициент часовой неравномерности поступления очищаемой воды $K_{и}$                   | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  |
| Число секций в нефтеловушке $n$                                                          | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| Допустимая концентрация нефтепродуктов на выходе нефтеловушки $C_{к}$ г/м <sup>3</sup> . | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  |
| Температура оборотной воды, подаваемой в нефтеловушку, °С                                | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   |

#### Необходимо:

Определим максимальный секундный расход воды, м<sup>3</sup>/с через одну секцию нефтеловушки по формуле:

$$Q_{\max} = \frac{K_{и} \cdot P_{и} \cdot N}{n \cdot 24 \cdot 3600}$$

Определим требуемую ширину  $B$ , м, каждой секции нефтеловушки из условия пропуска  $Q_{\max}$  по формуле:

$$B = \frac{Q_{\max}}{V_{в} \cdot n}$$

Для предварительного расчета размеров нефтеловушки принять ламинарный характер потока воды в отстойной зоне при постоянных скоростях движения воды  $V_{в}$  и всплытия частиц нефтепродуктов  $V_{ч}$ . Скорость всплытия частиц нефтепродуктов  $V_{ч}$ , м/с, найдем из условия равенства выталкивающей архимедовой силы и силы вязкого сопротивления воды по формуле:

$$V_{ч} = \frac{2 \cdot g \cdot r_{ч}^2 \cdot \rho_{ч}}{9 \cdot \gamma \cdot \rho_{в}}$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, 9,8 м/с<sup>2</sup>;

$r_{ч}$  – радиус (размер) улавливаемых частиц нефтепродуктов, м;

$\rho_{ч}$ ,  $\rho_{в}$  – соответственно, плотности частиц нефтепродуктов и воды, кг/м<sup>3</sup> (800 и 1000 соответственно);

$\gamma$  — кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/с, зависящая от температуры, для 20 °С  $\gamma = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

Длина отстойной зоны нефтеловушки  $L$ , м, определяется из условия равенства времени всплытия нефтестеиц на поверхность и времени прохождения потока воды в отстойной зоне:

$$L = \frac{V_B}{V_{\text{ч}}} * H$$

С учетом реальных турбулентных процессов, происходящих в нефтеловушке, действительная скорость всплытия нефтестеиц будет равна:

$$V'_{\text{ч}} = V_{\text{ч}} - w$$

где  $w$  – вертикальная турбулентная составляющая скорости, м/с; с достаточной для практики точностью может быть принята равной  $0,04v_B$

Эффективность работы нефтеловушки по уменьшению концентрации нефтепродуктов в очищаемой воде определим по формуле:

Вычислим фактическую концентрацию нефтепродуктов на выходе нефтеловушки, г/м<sup>3</sup>:  $C_{\text{ф}} = C_{\text{н}}(1-\eta)$ .

Сравните  $C_{\text{ф}}$  с допустимой по условиям задачи  $C_{\text{к}}$ , и определим превышает или нет количество выбросов, справляется или нет, нефтеловушка с очисткой воды в оборотной системе водоснабжения промывочно-пропарочной станции. Необходимо очищать (да или нет) нефтеловушку и отстойники регулярно не реже одного раза в 5-7 дней. В фильтро-нейтрализаторах систематически должен (да или нет) заменяться фильтрующий материал.

**Практическое занятие 2. Определение величины допустимого выброса (ПДВ) несгоревших мелких частиц топлива (сажи), выбрасываемых из трубы котельной. Расчет максимально допустимой концентрации сажи около устья трубы.**

**Цель работы:** освоить методы оценки экологического ущерба при сгорании мелких частиц топлива (сажи), выбрасываемых из трубы котельной.

**Оборудование:** учебники, схемы, таблицы, раздаточный материал.

**Ход работы:**

1. Ознакомится с ПДК, ПДВ, ПДС.

2. Рассчитать максимально допустимой концентрации сажи около устья трубы котельной.

3. Сделать выводы.

**Теоретический материал.**

**ПДК** – это максимальная концентрация примесей в атмосфере, отнесенная к определенному временному отрезку, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не сказывается ни на нем, ни на окружающей среде с точки зрения вредного воздействия. ПДК определяется в мг/м<sup>3</sup>. Различают среднесуточную величину ПДК и максимально-разовую. Последняя не должна превышать трехразовое значение среднесуточной величины ПДК на протяжении не более 20 минут. Численные значения ПДК для каждого вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу зависит от токсичности данного вещества или класса опасности. Максимальная концентрация того или иного вредного вещества в приземном слое атмосферы не должна превышать величины среднесуточного

значения ПДК, а в течение 20 минут максимально разового значения ПДК. В то же время при одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленными действиями, т.е. влияющих на одни и те же органы организма человека, их суммарная концентрация должна определяться в виде суммы относительных концентраций, приведенных к соответствующим значениям ПДК. Сумма относительных концентраций таких вредных веществ в воздушной среде не должна превышать единицы. Для неорганизованных выбросов от совокупности мелких одиночных источников устанавливается суммарное ПДВ. Это характерно для вентиляционных выбросов в коммунально-бытовом хозяйстве города, для мелких котельных и других установок, сжигающих органическое топливо. При этом выбросы в атмосферу города можно привести к одному показателю и по нему оценивать допустимые выбросы всех вредных веществ. Так, в частности, при оценке загрязнения атмосферы от транспортных двигателей, расчет и экспериментальная проверка проводится на содержание СО.

Если на данном предприятии или группе объектов, расположенных в одном районе, значения установленных ПДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты в настоящее время, то по согласованию с органами Госкомприроды допускается планирование поэтапного снижения выбросов до требуемой величины с указанием продолжительности каждого этапа до того момента, пока не будут обеспечены требования норм ПДК. При этом вводятся на определенные временные отрезки временные предельно допустимые выбросы или сбросы ПДВ или ПДС. Оплата выбросов или сбросов сверх предусмотренных ПДВ или ПДС, но в пределах ПДВ или ВПДС производится в пятикратном размере по сравнению с оплатой в пределах норм. Если же предприятие производит выбросы или сбросы сверх установленных временными нормами величин, т.е. производит сверхлимитные выбросы, то за сверхлимитный выброс оплата повышается в 25 раз по сравнению с нормируемой оплатой. Нормы ПДВ или ПДС должны пересматриваться в сторону ужесточения не реже, чем через 5 лет.

#### Исходные данные.

| Вариант №                                                                                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Фоновая концентрация сажи в приземном воздухе, $C_f$ , мг/м <sup>3</sup>                    | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 |
| Масса сажи, выбрасываемой в атмосферу, М, г/с                                               | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1 |
| Объем газовой воздушной смеси, выбрасываемой из трубы, Q, м <sup>3</sup> /с                 | 5,2  | 5,2  | 5,2  | 5,2  | 5,2  | 5,2  | 5,2  | 5,2  | 5,2  | 5,2 |
| Разность температур выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха, $\Delta T$ , °C | 54   | 54   | 54   | 54   | 54   | 54   | 54   | 54   | 54   | 54  |
| Высота трубы Н, м                                                                           | 28   | 27   | 26   | 25   | 24   | 23   | 22   | 21   | 20   | 19  |
| Диаметр устья трубы D, м                                                                    | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1 |

**Необходимо:**

Определить величину предельно допустимого выброса (ПДВ) несгоревших мелких частиц топлива (сажи), выбрасываемых из трубы котельной. Рассчитать максимально допустимую концентрацию сажи около устья трубы.

Рассчитаем среднюю скорость  $w_0$ , м/с, выхода газовой смеси из устья источника выброса:

$$w_0 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определим в зависимости от параметров  $f$  и  $V_M$ , м/с:

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}$$

$$V_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{Q \cdot \Delta T}{H}}$$

Предельно допустимый выброс ПДВ, г/с, нагретого вредного вещества из трубы в атмосферу, при котором содержание его в приземном слое не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК), определяется по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}$$

где ПДК – максимальная разовая предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>, (0,15 мг/м<sup>3</sup>),  $n/m=1$ ;

$F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для крупнодисперсной пыли  $F = 2,5$ ).

Для возможности сравнения с фактической (измеряемой приборами) рассчитаем величину максимально допустимой концентрации сажи в выбросах около устья трубы, г/м<sup>3</sup>:

$$C_{MT} = \frac{ПДВ}{Q}$$

Сравним ПДВ с заданным выбросом пыли  $M$ : ( $ПДВ > M$ ). Масса сажи, выбрасываемой в атмосферу не превышает / превышает установленный предельно допустимый выброс, значит работа котельной не ухудшает \ ухудшает экологическую обстановку региона.

**Практическое занятие 3. Определение максимальной концентрации вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к промышленному предприятию, расположенному на ровной поверхности, при выбросе из трубы нагретой газовой смеси.**

**Цель работы:** определить концентрацию вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к промышленному предприятию расположенному на ровной поверхности.

**Оборудование:** учебники, схемы, таблицы, раздаточный материал.

### Ход работы:

1. Рассчитать величину максимальной концентрации вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к промышленному предприятию, расположенному на ровной местности, при выбросе из трубы нагретой газовой смеси.

2. Сделать выводы.

### Теоретический материал.

К вредным веществам одностороннего действия, т.е. близким по характеру биологического воздействия, например, относятся: Озон –  $\text{SO}_2$  – формальдегид; Сернистый газ –  $\text{NO}_2$ ;  $\text{SO}_2$  – фтористый водород;  $\text{SO}_2$  – фенол – сероводород; Сернистый ангидрид  $\text{SO}_3$  – аммиак – окислы азота.

ПДВ или ПДС соответственно при определении предельно допустимых сбросов в воду устанавливаются для каждого действующего или проектируемого предприятия. Расчет ПДВ производится в тоннах в год, и представляет количество вредного вещества, превышение выбросов которого в атмосферу не разрешается. ПДВ задается по каждому вредному веществу, выбрасываемого от источника загрязнения в атмосферу.

При определении ПДВ от расчетного источника необходимо учитывать содержание каждого вредного вещества в атмосфере, обусловленное выбросами от других источников. Суммарные выбросы от уже действующих источников образуют фоновую концентрацию каждого вредного вещества в атмосфере. Поэтому основным условием при определении ПДВ для расчетного, вводимого в строй или действующего источника, чтобы концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы с учетом фоновой концентрации не превышала ПДК по данному веществу.

**Необходимо:** рассчитать величину максимальной концентрации вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к промышленному предприятию, расположенному на ровной местности, при выбросе из трубы нагретой газовой смеси. Определить фактическую концентрацию вредного вещества у поверхности земли с учетом фоновой концентрации воздуха.

Дать оценку рассчитанного уровня загрязнения воздуха в приземном слое промышленными выбросами путем сравнения со среднесуточной предельно допустимой концентрацией (ПДК).

### Исходные данные.

| Вариант №                                                      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Фоновая концентрация вредного вещества в приземном воздухе, Сф | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.1  |
| Масса вредного вещества в атмосфере, М                         | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.2  | 0.1  | 0.8  | 0.9  | 0.71 |
| Объем газовой смеси, выбрасываемой из трубы, Q                 | 2.9  | 2.9  | 2.9  | 2.9  | 2.9  | 2.9  | 2.9  | 2.9  | 2.9  | 2.9  |
| Температура, DT                                                | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 1.3  |
| Высота трубы, Н                                                | 24   | 21   | 22   | 23   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 20   |
| Диаметр трубы, D                                               | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  |

Продолжение таблицы 1

| Вариант №                                  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вредные вещества                           | NO   | NO   | NO   | NO   | NO   | NO   | NO   | NO   | NO   | NO   |
| Коэффициент рассеивания вредных веществ, A | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  |
| Скорость оседания вредных веществ, F       | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| Влияние рельефа, h                         | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| ПДК среднесуточное                         | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| Коэффициент m                              | 0.78 | 0.79 | 0.77 | 0.78 | 0.76 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.71 |
| Коэффициент n                              | 1.82 | 1.83 | 1.84 | 1.85 | 1.86 | 1.87 | 1.88 | 1.89 | 1.81 | 1.9  |

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $C_m$ , мг/м<sup>3</sup>, при выбросе нагретой газовой смеси из одиночного источника при неблагоприятных метеорологических условиях определяем по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}$$

Для определения  $C_m$  необходимо:

- 1) рассчитать среднюю скорость  $w_0$ , м/с, выхода газовой смеси из устья источника выброса:

$$w_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2};$$

- 2) значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определить в зависимости от параметров  $f$  и  $v_m$ , м/с:

$$f = 1000 \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T};$$

2. Определим фактическую концентрацию вредного вещества у поверхности земли с учетом фоновой загрязненности воздуха:

$$C_m = C_{\phi} + C_{\text{факт}},$$

$C_m$  – максимальное значение приземной концентрации вредного вещества,

$C_{\phi}$  – фоновая концентрация вредного вещества в приземном воздухе.

$$\text{Тогда } C_{\text{факт}} = C_m - C_{\phi},$$

В соответствии с ГОСТом для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается ПВД вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками не создадут приземную концентрацию, превышающую ПДК.  $C_m + C_{\text{факт}} \leq \text{ПДК}$

Выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками создают приземную концентрацию, превышающую ПДК. Необходимо снижать загрязнения атмосферы от промышленных выбросов путем: совершенствования технологических процессов; осуществления герметизации технологического оборудования; применения пневмотранспорта; строительства различных очистных сооружений.

#### **Практическое занятие 4. Расчет массообмена основных видов сырья и готовой продукции в безотходных и малоотходных технологиях производственных процессов на объектах железнодорожного транспорта.**

**Цель работы:** освоить методы оценки экологического ущерба при безотходных и малоотходных технологиях; ознакомиться с принципами безотходных и малоотходных технологий.

**Оборудование:** учебники, схемы, таблицы, раздаточный материал.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с принципами работы безотходных и малоотходных технологиях на железнодорожном транспорте.

2. Рассчитать массообмен основных видов сырья и готовой продукции.

3. Сделать выводы.

#### **Теоретический материал.**

Безотходная технология обеспечивает технически достижимый минимум твердых, жидких, газообразных отходов (выбросов, стоков). Безотходность использования сырья можно достигнуть в том случае, когда отходы одного производства являются сырьем для другого. Безотходная технология предусматривает улавливание полезных веществ в стоках и выбросах с последующим их использованием для нужд предприятия или реализации.

Кроме основного сырья в производстве используются вспомогательные природные ресурсы (вода, воздух, топливо).

В безотходных технологиях массообмен основных видов сырья и готовой продукции характеризуется уравнением:

$$M_c = \sum M_{rni} N$$

Где  $M_c$  – масса основного сырья;

$M_{rni}$  – масса  $i$ -й готовой продукции;

$N$  – число видов продукции, изготавливаемой из сырья  $i$ -го вида.

В современных технологиях полное использование сырья практически невозможно кроме того это противоречит II закону термодинамики. Малоотходная технология характеризуется получением готовой продукции при техническом минимуме твердых, жидких, газообразных отходов (стоков, выбросов). Малоотходные технологии предусматривают работы по переработке отходов, их использование для изготовления новых видов продукции и товаров необходимых для населения. Малоотходная технология позволяет увеличить объем выпускаемой продукции, сократить расход природных ресурсов, уменьшить загрязнения окружающей среды.

Открытый процесс характеризуется использованием сырья только для основной продукции. Полезные вещества в отходах (выбросах, стоках) в открытом процессе не улавливаются, а только загрязняют окружающую среду.

В безотходном производстве важное значение имеет не переработка отходов, а организация производства, таким образом, чтобы в самом процессе переработки сырья использовались все его компоненты. Количественными оценками безотходности производства является степень использования в технологических процессах сырья и материалов.

Таким образом, вам необходимо рассчитать массообмен основных видов сырья и готовой продукции производимой на объектах железнодорожного транспорта, на примере жидких отходов образуемых в результате промывки цистерн. В промышленности введен коэффициент безотходности производства (%):

$$K_b = f \cdot K_m + K_{\varepsilon} + K_a,$$

где:

$K_b$  – коэффициент безотходности, безразмерная величина;

$f$  - коэффициент пропорциональности, определяемый эмпирически;

$K_m$  - коэффициент полноты использования материальных ресурсов;

$K_{\varepsilon}$  – коэффициент использования энергетических ресурсов;

$K_a$  – коэффициент соответствия экологическим требованиям.

Если  $k = 1$ , то технологический процесс считается безотходным;  $k = 0,9-1$  процесс почти безотходный;  $k = 0,5-0,9$  процесс малоотходный;  $k < 0,5$  процесс отходный.

#### Исходные данные:

| Вариант №                                                             | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f$ -коэффициент пропорциональности, определяемый эмпирически;        | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| $K_m$ - коэффициент полноты использования материальных ресурсов;      | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 |
| $K_{\varepsilon}$ -коэффициент использования энергетических ресурсов; | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 10  |
| $K_a$ -коэффициент соответствия экологическим требованиям.            | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  |

#### Создание малоотходных производств предусматривает следующее:

1. Основание и выбор сырья, которое обеспечивает надежность и качество продукции и в то же время оказывает минимальное влияние на природную среду;
2. Обоснование и выбор способа получения продукции, который связан с наименьшим расходом сырья;
3. Обоснование и выбор способа получения продукции, который обеспечивает наименьшее загрязнение природной среды выбросами, стоками, отходами;
4. Создание эффективных процессов и устройств очистки отходов, выбросов и стоков с увеличением ценных веществ;
5. Создание эффективных процессов использования отходов и изготовление из них сопутствующей продукции, т.е. создание многостадийного использования сырья и отходов;
6. Сокращение потерь эксплуатационных материалов за счет оптимизации технологических процессов и совершенствования системы технического обслуживания.

Малоотходные производства могут быть реализованы в машиностроительной, деревообрабатывающей, мясной, молочной и других отраслях промышленности. К ним относятся: использование металлолома после обработки на специальных обогатительных предприятиях; употребление доменных шлаков в процессе строительных материалов; применение отходов стекла; синтез аммиака по замкнутому циклу, получение серной кислоты из отходов предприятий цветной металлургии. Одно из эффективных направлений безотходного производства вторичного использования энергетических ресурсов в системах теплоснабжения, например для обогрева теплиц. Важное направление – снижение материалоемкости выпускаемой продукции, уменьшение отходов производства, предусматриваемые на стадии проектирования промышленных изделий.

### **Практическое занятие 5 Расчет платежей за загрязнение окружающей среды железнодорожным транспортом.**

**Цель работы:** изучить методики расчета платежей за загрязнение атмосферы передвижными источниками.

**Оборудование:** учебники, схемы, таблицы, раздаточный материал.

**Ход работы:**

1. Определить нормативную плату за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ передвижными источниками (для различных видов топлива). 2. Определить годовую плату за транспортное средство и другие передвижные источники (в тыс.руб./год за 1 транспортное средство). 3. На основе выполненных расчетов сделать вывод, загрязняет ли предприятие железнодорожного транспорта атмосферный воздух или нет. Какие меры следует предпринять.

### **Теоретический материал.**

**ПЭК** – пункт экологического контроля обычно создаются при локомотивных депо и используются для контроля выбросов тепловозов. Общая нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников в зависимости от количества израсходованного топлива (первая методика). Исследование структуры загрязнения атмосферы стационарными источниками железнодорожного транспорта показывает, что порядка 90 % валового объема загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу линейными предприятиями, приходится на долю энергетических теплоагрегатов котельных, около 5 % загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферу при работе энерготехнических теплоагрегатов (кузнечных печей, агрегатов термической обработки изделий, сушильных установок и т.д.), использующих твердое, жидкое и газообразное топливо. Приблизительно такое же количество загрязняющих веществ попадает в атмосферу от технологических агрегатов (станков, моечных ванн, окрасочных камер, сварочных постов и т.д.). Котлоагрегаты котельных работают на различных видах топлива, и выбросы загрязняющих веществ зависят как от количества и вида топлива, так и от вида теплоагрегата. Учитываемыми загрязняющими веществами, выделяющимися при сгорании топлива, являются: твердые частицы (зола), оксид

углерода, оксиды азота, оксиды серы, пятиокись ванадия. Для каждого источника загрязнения воздушной среды устанавливаются нормативы предельно-допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу. ПДВ устанавливаются с учетом ПДК загрязняющих веществ, уровня их фоновых концентраций, гидрологических, гидрохимических, климатологических, геофизических характеристик территорий и природных объектов. С целью снижения вредных выбросов в атмосферу, возникающих при сжигании топлива в топках котельных, а также в других технологических процессах следует применять технические средства очистки газов. Эти технические средства реализуют ограниченный набор различных принципов действия (эффектов осаждения): гравитационный, инерционный, поверхностное взаимодействие, сорбционный, химический, электроосаждение и ряд других.

Таблица 1

Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ передвижными источниками (для различных видов топлива)

| Вид топлива          | Единица измерения | Плата за 1 единицу измерения, руб. |
|----------------------|-------------------|------------------------------------|
| Бензин               | т                 | 1,3                                |
| Дизельное топливо    | т                 | 2,5                                |
| Керосин              | т                 | 2,5                                |
| Сжиженный газ        | т                 | 0,9                                |
| Сжатый природный газ | тыс.куб.м         | 0,7                                |

Плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников определяется по формуле:

$$П_{н \text{ транс}} = Y_e * T_e,$$

где:  $P_{н \text{ транс}}$  – плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников (руб.);  $e$  – вид топлива ( $e = 1, 2, 3, \dots, r$ );  $Y_e$  – удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ при использовании 1 тонны вида топлива (руб.);  $T_e$  – количество вида топлива, израсходованного передвижным источником за отчетный период (т).

Таблица 2

Годовая плата за транспортное средство и другие передвижные источники (в тыс.руб./год за 1 транспортное средство)

| Вид транспортного средства | Годовая плата в тыс.руб./год за 1 транспортное средство |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|
| Легковой автомобиль        | 2,7                                                     |
| Пассажирский тепловоз      | 16,2                                                    |
| Грузовой тепловоз          | 21,4                                                    |
| Маневровый тепловоз        | 2,5                                                     |

Плата за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников определяется по формуле:

$$П_{сн\ транс} = 5 П_{н\ j} * d_j$$

где:  $П_{сн\ транс}$  - плата за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников (руб.);  $j$  – тип транспортного средства ( $j = 1, 2, 3, \dots, p$ );  $П_{н\ j}$  – плата за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ  $j$ -го типа транспортного средства (руб.);  $d_j$  – доля транспортных средств  $j$ -го типа, не соответствующих стандартам.

Плата за превышение допустимых выбросов начисляется территориальными органами Минприроды России по результатам контроля соответствия транспортных средств требованиям стандартов. Количество транспортных средств, подвергаемых контролю в выборке (раздельно по видам топлива) должно составлять не менее: 100% - для предприятий с числом ТС до 20 единиц; 50% - для предприятий с числом ТС до 50 единиц; 30% - для предприятий с числом ТС до 100 единиц; 20% - для предприятий с числом ТС до 500 единиц; 10% - для предприятий с числом ТС свыше 500 единиц.

## **Заключение**

Методическая разработка построена в соответствии с требованиями примерной программы. Согласно программе изучение общеэкологических закономерностей строится по уровням организации природы.

Изучение материала начинается с взаимоотношения отдельных организмов со средой обитания и заканчиваются вопросами заинтересованности учащимися в охране природы.

Методическая разработка является результатом работы со студентами на уроках и во внеурочное время.

Большое внимание уделяется развитию познавательной деятельности учащихся, логики мышления, проблемному изучению.

Цель экологического образования состоит в приобщении учащихся к экологической культуре в рамках познавательной деятельности.

Показателем экологического образования является умение учащихся использовать свои знания в разнообразных ситуациях, в том числе требующих их творческой интерпретации и применения, а так же применения на практике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Практическая экология на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.П. Сидоров, Т.В. Гаранина. - М.: УМЦ ЖДТ, 2020. - [http://www.studentlibrary.ru/book/Издательство УМЦ ЖДТ](http://www.studentlibrary.ru/book/Издательство_УМЦ_ЖДТ)

2. Медведева, В.М. Организация природоохранной работы на предприятиях железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Медведева, Н.И. Зубрев. - М.: УМЦ ЖДТ, 2018. — 425 с.

3. Саркисов О. Р. Экологическая безопасность и эколого-правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О. Р. Саркисов, Е. Л. Любарский, С. Я. Казанцев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2018. – 231с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74950.html>.

1. 4.Экология на железнодорожном транспорте: учеб. пособие /А.Н. Белевцева; ТТЖТ - филиал РГУПС. - Тихорецк, 2021. - 102 с. <http://ttgt.ru>