

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 14.11.2022 15:29:14

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb17a5d436d79e5f1c11aabb577e943df1a4851fda5663089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)**

Кафедра охраны труда и окружающей среды

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2013 г.



## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Методические указания к проведению практического занятия  
по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды»,  
«Экология Курского края», «Техногенные системы и  
экологический риск», «Экспертиза безопасности» для студентов  
всех специальностей и направлений

Курск 2013

УДК 500.3

Составитель В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин*

**Определение теплотехнических характеристик твердых бытовых отходов для использования в качестве топлива: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Техногенные системы и экологический риск», «Экспертиза безопасности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов. Курск, 2013. 18 с.: Библиогр.: с. 18.**

Представлены методики расчета теплотехнических характеристик твердых бытовых отходов для использования в качестве топлива.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Техногенные системы и экологический риск», «Экспертиза безопасности».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 5.04.13. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 1,04. Уч.-изд.л. 0,95. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с расчетами теплотехнических характеристик твердых бытовых отходов для использования в качестве топлива.

Топливом принято называть любое вещество, способное вступать в быстропротекающий окислительный процесс (горение) с окислителем (кислород воздуха). Процесс горения топлива поддерживается либо самопроизвольно (самовозгорание), либо принудительно (зажигание) вплоть до полного исчерпания горючих веществ в очаге горения.

Практическое значение могут иметь виды топлива, отвечающие следующим требованиям:

- доступности и распространенности для массового использования;
- достаточной химической активности топлива, которая обеспечивает возникновение его горения в кислороде воздуха;
- наличие достаточных тепловыделений на единицу массы сжигаемого вещества.

Твердые бытовые отходы (ТБО) отвечают этим требованиям: ТБО являются неисчерпаемыми из-за массового воспроизводства населением; иногда на полигонах ТБО наблюдается самовозгорание (это происходит, если масса и толщина слоя ТБО достаточны для создания условий, при которых рассеивание теплоты в ОС становится меньше, чем количество теплоты, выделяющейся при их биотермическом разложении); ТБО по энергетической ценности сравнимы с некоторыми видами низкокалорийных природных топлив.

### Параметры, характеризующие топливо

1. *Удельная теплота сгорания* -  $Q$ , МДж/кг (ккал/кг). Этот показатель, отнесенный к рабочей массе вещества, является важной характеристикой энергетической ценности топлива и соответствует низшей теплоте сгорания при его заданной влажности и зольности –  $Q^P$ .

В энергетике пересчет с  $Q_n^P$  в  $Q_n^Г$  (и наоборот) осуществляют по следующим формулам:

$$Q_n^P = \frac{Q_n^Г(100 - A_n^P - W_n^P)}{(100 - 0,023W_n^P)}$$

$$Q_n^{\Gamma} = \frac{Q_n^P + 0,023W_n^P}{(100 - A_n^P - W_n^P)} 100. \quad (1)$$

где  $Q_n^P$  в  $Q_n^{\Gamma}$  - удельная теплота сгорания каждого компонента ТБО соответственно на рабочую и горючую массу, %;  $A_n^P, W_n^P$  - массовые количества золы и влаги в рабочем топливе, %; 0,023 - удельная теплота парообразования воды при атмосферном давлении, МДж/кг;  $^P$  - указатель рабочей массы ТБО;  $^{\Gamma}$  - указатель горючей массы ТБО;  $n$  - порядковый номер компонента ( $n = 1 \dots 13$ ).

Зная удельную теплоту сгорания отдельных компонентов смеси веществ, можно вычислить  $Q_{\text{общ}}^P$  в целом по формуле

$$Q_{\text{общ}}^P = Q_1^P \cdot I_1 + Q_2^P \cdot I_2 + Q_3^P \cdot I_3 + \dots + Q_n^P \cdot I_n \quad (2)$$

где  $Q_1^P, Q_2^P, Q_3^P \dots Q_n^P$  - удельная теплота сгорания отдельных компонентов ТБО (табл. 2.2);  $I_1, I_2, I_3 \dots I_n$  - доли соответствующих компонентов в общей массе ТБО, в %;  $^P$  - указатель рабочей массы ТБО;  $n$  - порядковый номер компонента ( $n = 1 \dots 13$ ).

Теплота сгорания  $Q_{\text{общ}}^P$ , полученная по формуле (2), может быть проверена на базе элементарного (теплотехнического) состава отходов по формуле Менделеева, кДж/кг:

$$Q_{\text{общ}}^P = 4,18 \cdot (81C_{\text{общ}}^P + 300H_{\text{общ}}^P - 25(O_{\text{общ}}^P - S_{\text{общ}}^P) - 6(9H_{\text{общ}}^P + W_{\text{общ}}^P)) \quad (3)$$

где  $C_{\text{общ}}^P, H_{\text{общ}}^P, S_{\text{общ}}^P$  - теплота сгорания углерода, водорода, серы;  $O_{\text{общ}}^P$  - теплота, поглощаемая окислителем;  $W_{\text{общ}}^P$  - теплота, затрачиваемая на испарение воды; 4,18 - коэффициент пересчета Дж в кал (1 Дж = 4,18 кал).

Удельная теплота сгорания ТБО, вычисленная по формулам (2) и (3), может отличаться на величину не более  $\pm 10\%$ , что для предварительных оценочных подсчетов не является существенным.

2. *Элементарный состав рабочей массы топлива* состоит из: углерода ( $C^P$ ), водорода ( $H^P$ ), кислорода ( $O^P$ ), азота ( $N^P$ ), серы ( $S^P$ ), золы ( $A^P$ ) и воды ( $W^P$ ).

При этом по массе:  $C^P + H^P + O^P + N^P + S^P + A^P + W^P = 100\%$ .

Массу топлива, не содержащую влагу и золу, называют *горючей массой топлива*:  $C^{\Gamma} + H^{\Gamma} + O^{\Gamma} + N^{\Gamma} + S^{\Gamma} = 100\%$ .

Массу топлива, не содержащую только влагу, называют *сухой массой*  $C^c + H^c + O^c + N^c + S^c + A^c = 100\%$ .

Морфологический состав ТБО представляет гетерогенную смесь (табл.1).

Таблица 1 Морфологический состав твердых бытовых отходов для различных климатических зон, % массы

Компонент	Климатическая зона		
	средняя	южная	северная
Бумага, картон	25-30	20-28	21-24
Пищевые отходы	30-38	35-45	28-36
Древесина	1,5-3,0	1-2	2-4
Металл черный	2,0-3,5	1,5-2,0	3,0-4,5
Металл цветной	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3
Текстиль	4-7	4-7	5-7
Кости	0,5-2,0	1-2	2-4
Стекло	5-8	3-6	6-10
Кожа, резина	2-4	1-3	3-7
Камни	1-3	1-2	1-2
Пластмасса	2-5	1,5-2,5	2-4
Прочие	1-2	1-2	1-3
Отсев (менее 16 мм)	7-13	10-18	7-13

Анализ морфологического состава ТБО проводится путем экспериментальных исследований его на полигонах, отбором проб из мусоросборных контейнеров домовладений. Обычно удельный вес ТБО колеблется от 198 до 220 кг/м<sup>3</sup>.

В таблице 2 приведены данные по элементному составу горючей массы и элементарному составу рабочей массы ТБО.

Таблица 2 Состав летучих фракций при горении твердых бытовых отходов и их удельная теплота сгорания

Компонент	Состав твердых бытовых отходов в % по							$\frac{Q^p}{Q^r}$ МДж/кг
	$\frac{C^p}{C^r}$	$\frac{H^p}{H^r}$	$\frac{O^p}{O^r}$	$\frac{N^p}{N^r}$	$\frac{S^p}{S^r}$	$\frac{A^p}{-}$	$\frac{W^p}{-}$	
Пищевые отходы	<u>12,6</u>	<u>1,8</u>	<u>8,0</u>	<u>0,95</u>	<u>0,15</u>	<u>4,5</u>	<u>72</u>	<u>3,34</u>
	53,6	7,7	34,1	4,0	0,60	-	-	22,28
Бумага, картон	<u>27,7</u>	<u>3,7</u>	<u>28,3</u>	<u>0,16</u>	<u>0,14</u>	<u>15</u>	<u>25</u>	<u>9,94</u>
	46,2	6,2	47,1	0,27	0,23	-	-	16,85
Древесина	<u>40,5</u>	<u>4,8</u>	<u>33,8</u>	<u>0,1</u>	-	<u>0,8</u>	<u>20</u>	<u>14,46</u>
	51,0	6,1	42,6	0,2	0,1	-	-	20,27
Кожа, резина	<u>65,0</u>	<u>5,0</u>	<u>12,6</u>	<u>0,2</u>	<u>0,7</u>	<u>11,6</u>	<u>5</u>	<u>25,79</u>
	77,9	6,0	15,1	0,3	-	-	-	31,06
Пластмасса	<u>55,1</u>	<u>7,6</u>	<u>17,5</u>	<u>0,9</u>	<u>0,4</u>	<u>10,6</u>	<u>8</u>	<u>24,37</u>
	67,7	9,3	21,5	1,1	-	-	-	30,18
Текстиль	<u>40,4</u>	<u>4,9</u>	<u>23,2</u>	<u>4,8</u>	-	<u>8</u>	<u>20</u>	<u>15,72</u>
	56,1	6,8	32,2	-	0,1	-	-	22,53
Стекло, камни	-	-	-	-	-	100	-	-
Металл	-	-	-	-	-	100	-	-
Отсев менее 16 мм	<u>13,9</u>	<u>1,9</u>	<u>14,1</u>	-	<u>0,1</u>	<u>50</u>	<u>20</u>	<u>4,60</u>
	46,4	6,3	47,0	-	0,3	-	-	17,01

Зная морфологический состав ТБО и элементный или элементарный составы отдельных его компонентов, можно найти состав всей массы рассматриваемых отходов:

$$\begin{aligned}
 C_{общ}^P &= C_1^P \cdot I_1 + C_2^P \cdot I_2 + C_3^P \cdot I_3 + \dots C_n^P \cdot I_n; \\
 H_{общ}^P &= H_1^P \cdot I_1 + H_2^P \cdot I_2 + H_3^P \cdot I_3 + \dots H_n^P \cdot I_n; \\
 O_{общ}^P &= O_1^P \cdot I_1 + O_2^P \cdot I_2 + O_3^P \cdot I_3 + \dots O_n^P \cdot I_n; \\
 N_{общ}^P &= N_1^P \cdot I_1 + N_2^P \cdot I_2 + N_3^P \cdot I_3 + \dots N_n^P \cdot I_n; \\
 S_{общ}^P &= S_1^P \cdot I_1 + S_2^P \cdot I_2 + S_3^P \cdot I_3 + \dots S_n^P \cdot I_n; \\
 A_{общ}^P &= A_1^P \cdot I_1 + A_2^P \cdot I_2 + A_3^P \cdot I_3 + \dots A_n^P \cdot I_n; \\
 W_{общ}^P &= W_1^P \cdot I_1 + W_2^P \cdot I_2 + W_3^P \cdot I_3 + \dots W_n^P \cdot I_n
 \end{aligned} \tag{4}$$

где  $C_1^P, C_2^P, C_3^P, \dots, C_n^P$  - содержание углерода в каждом компоненте ТБО, % (аналогично и по другим элементам);  $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$  - доли соответствующих компонентов в общей массе ТБО, сумма которых равна единице;  $P$  - указатель рабочей массы ТБО;  $n$  - порядковый номер компонента ( $n = 1 \dots 13$ ).

Массу каждого компонента пересчитывают с горючей на рабочую (и наоборот) по формулам, %:

$$\begin{aligned}
 C_n^P &= C_n^\Gamma (100 - A_n^P - W_n^P) / 100; \\
 O_n^P &= O_n^\Gamma (100 - A_n^P - W_n^P) / 100; \\
 H_n^P &= H_n^\Gamma (100 - A_n^P - W_n^P) / 100; \\
 S_n^P &= S_n^\Gamma (100 - A_n^P - W_n^P) / 100; \\
 N_n^P &= N_n^\Gamma (100 - A_n^P - W_n^P) / 100
 \end{aligned} \tag{5}$$

где  $C_n^P, O_n^P, H_n^P, S_n^P, N_n^P$  - содержание углерода, кислорода, водорода, серы, азота в каждом компоненте ТБО, %;  $C_n^\Gamma, O_n^\Gamma, H_n^\Gamma, S_n^\Gamma, N_n^\Gamma$  - содержание углерода, кислорода, водорода, серы, азота в каждом компоненте горючей массы ТБО, %;  $A_n^P, W_n^P$  - массовые количества золы и влаги в рабочем топливе, %;  $P$  - указатель рабочей массы ТБО;  $\Gamma$  - указатель горючей массы ТБО;  $n$  - порядковый номер компонента ( $n = 1 \dots 13$ ).

3. Важнейшими характеристиками ТБО как топливо являются предельные значения *влажности, зольности и горючих составляющих*. В различные времена года влажность может колебаться от 20-25 до 50-60% по массе, зольность - от 10-15 до 25-30%. Так, например в г. Курске влажность ТБО может колебаться от 30 до 58% по массе в зависимости от времени года.

Колебания этих важнейших характеристик отходов вызывают колебания  $Q_{общ}^P$ . Например, в среднем по России эти колебания

находятся в пределах от 4,18 до 8,5 МДж/кг.

Убедиться в том, что ТБО отвечают обязательному условию при котором любое вещество может считаться топливом, можно, сравнивая характеристики низкокалорийных топлив с теплотехническими характеристиками ТБО.

В таблице 3 приведены данные по элементному составу и удельной теплоте сгорания несортированных ТБО, используемых в различных странах мира в качестве топлива. Для сравнения те же данные по ископаемым топливам, применяемым в энергетике (углям, торфу и древесине) приведены в таблице 4.

Таблица 3 Элементный и элементарный составы твердых бытовых отходов и их низшие теплоты сгорания в среднем за год по ряду стран и городов

Страна (город)	Массовый состав, %							Q <sup>p</sup> Q <sup>r</sup> МДж/кг
	C <sup>p</sup> C <sup>r</sup>	H <sup>p</sup> H <sup>r</sup>	O <sup>p</sup> O <sup>r</sup>	N <sup>p</sup> N <sup>r</sup>	S <sup>p</sup> S <sup>r</sup>	A <sup>p</sup> -	W <sup>p</sup> -	
Австрия (Вена)	21,59	1,80	10,12	0,42	0,26	29,30	36,42	7,24
	62,98	5,51	29,52	1,23	0,76	-	-	23,82
Великобритания (Лондон)	20,96	1,99	12,32	0,31	0,20	38,73	25,49	7,20
	58,58	5,56	34,43	0,87	0,56	-	-	21,90
Бельгия (Брюссель)	22,10	1,53	8,82	0,25	0,28	40,30	26,72	7,45
	67,01	4,64	26,74	0,76	0,85	-	-	24,53
Испания (Мадрид)	19,34	1,95	11,13	0,47	0,21	26,65	40,25	6,36
	58,55	6,89	32,51	1,42	0,63	-	-	22,27
Канада (Оттава)	25,57	3,19	18,40	0,42	0,13	25,26	27,03	9,30
	53,60	6,67	38,58	0,88	0,27	-	-	20,90
Нидерланды (Амстердам)	22,17	1,51	8,34	0,23	0,28	43,27	24,2	7,58
	68,45	4,64	25,64	0,71	0,86	-	-	25,1
Финляндия (Хельсинки)	26,31	3,38	23,35	0,22	0,13	21,95	24,66	9,24
	49,28	6,33	43,74	0,41	0,24	-	-	18,43
Франция (Париж)	24,19	3,00	18,99	0,34	0,12	28,24	25,12	8,59
	51,86	6,43	40,72	0,73	0,26	-	-	19,76
Швейцария (Берн)	21,41	2,30	15,89	0,27	0,19	31,04	28,90	7,15
	53,44	5,74	39,68	0,67	0,47	-	-	19,70
США (Вашингтон)	24,66	3,11	18,97	0,35	0,13	27,64	25,14	8,90
	53,24	6,65	39,10	0,74	0,27	-	-	20,00
Япония (Токио)	21,54	2,30	12,48	0,57	0,20	25,20	37,71	7,40
	58,15	6,20	88,69	1,40	0,56	-	-	21,70
По отдельным городам России								
Москва	21,30	2,90	16,90	0,90	0,20	22,00	36,50	7,51
	51,32	6,99	40,80	2,17	0,48	-	-	20,12
Санкт-Петербург	17,52	2,31	14,33	0,47	0,09	31,15	34,14	5,90
	50,48	6,63	41,28	1,35	0,26	-	-	19,11
Нижний Новгород	19,62	2,62	16,67	0,56	0,11	20,51	39,91	6,52
	49,56	6,62	42,13	1,41	0,28	-	-	19,00
Владивосток	16,34	2,18	13,27	0,59	0,13	24,35	43,14	5,27
	50,26	6,71	40,82	1,81	0,40	-	-	19,52

Таблица 4 Элементарный состав и низшая теплота сгорания некоторых низкокалорийных твердых топлив России и СНГ

Месторождение и наименование	Массовый состав, %							$Q^p$ $Q^r$ МДж/кг	
	$C^p$ $C^r$	$H^p$ $H^r$	$O^p$ $O^r$	$N^p$ $N^r$	$S^p$ $S^r$	$A^p$ -	$W^p$ -		
Подмосковный бассейн бурый уголь	27,4	2,16	8,63	0,46	2,85	26,5	32	9,88	
	66,0	5,20	23,13	1,10	4,40	-	-	25,74	
Трест «Черепеть-уголь» бурый уголь	26,0	2,2	9,2	0,4	2,2	29,0	31	9,20	
	65,0	5,2	23,3	1,0	5,5	-	-	24,95	
Райчихинский бурый уголь	30,4	1,7	12,2	0,5	0,3	7,9	47	9,49	
	67,4	3,8	27,0	1,1	0,7	-	-	23,66	
Сланец Капширского	13,5	1,8	4,3	0,3	3,4	59,2	17,5	5,81	
	57,9	7,7	18,5	1,3	14,6	-	-	26,84	
Торф	24,7	2,6	15,2	1,1	0,1	6,3	50	8,11	
	56,5	6,0	34,8	2,5	0,2	-	-	21,44	
Дрова	30,0	3,6	6,1	25,1	0,4	-	0,6	40	10,2
	51,0			42,2	0,7	-	-	-	18,85

Данные табл. 3 и табл. 4 позволяют говорить о том, что теплота сгорания ТБО, рассчитанная по элементарным составам твердых бытовых отходов ряда стран, зависит главным образом от  $W^p$  и  $A^p$ . Анализ приведенных данных показывает также, что значения теплот сгорания ТБО и низкокалорийных топлив близки друг к другу.

Следует также отметить, что теплота сгорания несортированных ТБО существенно колеблется в зависимости от времени года. Это является одним из основных отличий несортированных ТБО, используемых в качестве топлива, от ископаемых природных топлив, используемых в энергетике.

Применение сортировки позволяет улучшить теплотехнические характеристики ТБО (табл. 5).

Таблица 5 Теплотехнические характеристики твердых бытовых отходов до и после сортировки

Отходы	Элементарный состав, %							$Q^p$ , ккал/кг		
	$C^p$	$H^p$	$O^p$	$N^p$	$S^p$	$A^p$	W	min	сред	max
До сортировки	21,3	2,7	16,8	0,44	0,16	25,5	33,1	1000	1400	1700
После сортировки	25,0	3,2	19,8	0,51	0,19	12,3	39,0	1176	1588	2000



### Комбинированные топлива

Устранение колебания  $Q^P$  ТБО достигается путем предварительной сортировки отходов и смешивания их с низкокалорийным твердым ископаемым топливом, при этом образуется комбинированное топливо.

В общем случае состав комбинированного топлива можно определить по формуле

$$M_i^{\text{комб}} = M_i^{\text{ТБО}} \cdot X + M_i^{\text{н.топл}} \cdot (1 - X), \quad (6)$$

где  $M_i^{\text{ТБО}}$ ,  $M_i^{\text{н.топл}}$  -  $i$ -й компонент соответственно ТБО и низкокалорийного природного топлива;  $X$  - доля ТБО в комбинированном топливе.

Удельную теплоту сгорания комбинированного топлива можно определить по формуле

$$(Q^P)^{\text{комб}} = (Q^P)^{\text{ТБО}} \cdot X + (Q^P)^{\text{н.топл}} \cdot (1 - X) \quad (7)$$

**Пример 1.** Рассчитать элементный состав горючей массы топлива из ТБО, если морфологический состав отсортированного и обезвоженного ТБО равен (в %): бумага - 9,2; пищевые отходы - 42,0; древесина - 4,4; кожа, резина - 11,9; пластмасса - 9,7; текстиль - 2,3; отсев менее 16 мм - 20,5.

*Решение.*

Пересчитаем массу каждого компонента ТБО с рабочей на горючую массу по уравнению (5) с использованием данных табл. 2:

1. Бумага:

$$C_1^{\Gamma} = \frac{100 \cdot C_1^P}{100 - A_1^P - W_1^P} = 27,7 \cdot \frac{100}{100 - 15 - 25} = 46,16\%$$

$$O_1^{\Gamma} = \frac{100 \cdot O_1^P}{100 - A_1^P - W_1^P} = 28,3 \cdot \frac{100}{100 - 15 - 25} = 47,17\%$$

$$H_1^{\Gamma} = \frac{100 \cdot H_1^P}{100 - A_1^P - W_1^P} = 3,7 \cdot \frac{100}{100 - 15 - 25} = 6,17\%$$

$$S_1^{\Gamma} = \frac{100 \cdot S_1^P}{100 - A_1^P - W_1^P} = 0,14 \cdot \frac{100}{100 - 15 - 25} = 0,23\%$$

$$N_1^{\Gamma} = \frac{100 \cdot N_1^P}{100 - A_1^P - W_1^P} = 0,16 \cdot \frac{100}{100 - 15 - 25} = 0,27\%$$

$$C_1^{\Gamma} + O_1^{\Gamma} + H_1^{\Gamma} + S_1^{\Gamma} + N_1^{\Gamma} = 100\%.$$

Следовательно, расчет выполнен верно.

2. Пищевые отходы:

$$C_2^\Gamma = \frac{100 \cdot C_2^P}{100 - A_2^P - W_2^P} = 12,6 \cdot \frac{100}{100 - 4,5 - 72} = 53,62\%$$

$$O_2^\Gamma = \frac{100 \cdot O_2^P}{100 - A_2^P - W_2^P} = 8,0 \cdot \frac{100}{100 - 4,5 - 72} = 34,04\%$$

$$H_2^\Gamma = \frac{100 \cdot H_2^P}{100 - A_2^P - W_2^P} = 1,8 \cdot \frac{100}{100 - 4,5 - 72} = 7,66\%$$

$$S_2^\Gamma = \frac{100 \cdot S_2^P}{100 - A_2^P - W_2^P} = 0,15 \cdot \frac{100}{100 - 4,5 - 72} = 0,64\%$$

$$N_2^\Gamma = \frac{100 \cdot N_2^P}{100 - A_2^P - W_2^P} = 0,95 \cdot \frac{100}{100 - 4,5 - 72} = 4,04\%$$

$$C_2^\Gamma + O_2^\Gamma + H_2^\Gamma + S_2^\Gamma + N_2^\Gamma = 100\%.$$

Следовательно, расчет выполнен верно.

3. Древесина:

$$C_3^\Gamma = \frac{100 \cdot C_3^P}{100 - A_3^P - W_3^P} = 40,5 \cdot \frac{100}{100 - 0,8 - 20} = 51,14\%$$

$$O_3^\Gamma = \frac{100 \cdot O_3^P}{100 - A_3^P - W_3^P} = 33,8 \cdot \frac{100}{100 - 0,8 - 20} = 46,28\%$$

$$H_3^\Gamma = \frac{100 \cdot H_3^P}{100 - A_3^P - W_3^P} = 4,8 \cdot \frac{100}{100 - 0,8 - 20} = 6,06\%$$

$$S_3^\Gamma = \frac{100 \cdot S_3^P}{100 - A_3^P - W_3^P} = 0 \cdot \frac{100}{100 - 0,8 - 20} = 0\%$$

$$N_3^\Gamma = \frac{100 \cdot N_3^P}{100 - A_3^P - W_3^P} = 0,1 \cdot \frac{100}{100 - 4,5 - 72} = 0,12\%$$

$$C_3^\Gamma + O_3^\Gamma + H_3^\Gamma + S_3^\Gamma + N_3^\Gamma = 100\%.$$

Следовательно, расчет выполнен верно.

4. Кожа, резина:

$$C_4^\Gamma = \frac{100 \cdot C_4^P}{100 - A_4^P - W_4^P} = 65,0 \cdot \frac{100}{100 - 11,6 - 5} = 77,94\%$$

$$O_4^\Gamma = \frac{100 \cdot O_4^P}{100 - A_4^P - W_4^P} = 12,6 \cdot \frac{100}{100 - 11,6 - 5} = 15,11\%$$

$$H_4^\Gamma = \frac{100 \cdot H_4^P}{100 - A_4^P - W_4^P} = 5,0 \cdot \frac{100}{100 - 11,6 - 5} = 5,99\%$$

$$S_4^\Gamma = \frac{100 \cdot S_4^P}{100 - A_4^P - W_4^P} = 0,6 \cdot \frac{100}{100 - 11,6 - 5} = 0,72\%$$

$$N_4^\Gamma = \frac{100 \cdot N_4^P}{100 - A_4^P - W_4^P} = 0,2 \cdot \frac{100}{100 - 11,6 - 5} = 0,24\%$$

$$C_4^\Gamma + O_4^\Gamma + H_4^\Gamma + S_4^\Gamma + N_4^\Gamma = 100\%.$$

Следовательно, расчет выполнен верно.

5. Пластмасса:

$$C_5^\Gamma = \frac{100 \cdot C_5^P}{100 - A_5^P - W_5^P} = 55,1 \cdot \frac{100}{100 - 10,6 - 8} = 67,69\%$$

$$O_5^\Gamma = \frac{100 \cdot O_5^P}{100 - A_5^P - W_5^P} = 17,5 \cdot \frac{100}{100 - 10,6 - 8} = 21,50\%$$

$$H_5^\Gamma = \frac{100 \cdot H_5^P}{100 - A_5^P - W_5^P} = 7,6 \cdot \frac{100}{100 - 10,6 - 8} = 9,34\%$$

$$S_5^\Gamma = \frac{100 \cdot S_5^P}{100 - A_5^P - W_5^P} = 0,3 \cdot \frac{100}{100 - 10,6 - 8} = 0,37\%$$

$$N_5^\Gamma = \frac{100 \cdot N_5^P}{100 - A_5^P - W_5^P} = 0,9 \cdot \frac{100}{100 - 10,6 - 8} = 1,10\%$$

$$C_5^\Gamma + O_5^\Gamma + H_5^\Gamma + S_5^\Gamma + N_5^\Gamma = 100\%.$$

Следовательно, расчет выполнен верно.

6. Текстиль:

$$C_6^\Gamma = \frac{100 \cdot C_6^P}{100 - A_6^P - W_6^P} = 40,4 \cdot \frac{100}{100 - 7,0 - 20} = 55,34\%$$

$$O_6^\Gamma = \frac{100 \cdot O_6^P}{100 - A_6^P - W_6^P} = 23,2 \cdot \frac{100}{100 - 7,0 - 20} = 31,78\%$$

$$H_6^\Gamma = \frac{100 \cdot H_6^P}{100 - A_6^P - W_6^P} = 4,9 \cdot \frac{100}{100 - 7,0 - 20} = 6,71\%$$

$$S_6^\Gamma = \frac{100 \cdot S_6^P}{100 - A_6^P - W_6^P} = 1,1 \cdot \frac{100}{100 - 7,0 - 20} = 1,51\%$$

$$N_6^\Gamma = \frac{100 \cdot N_6^P}{100 - A_6^P - W_6^P} = 3,4 \cdot \frac{100}{100 - 7,0 - 20} = 4,66\%$$

$$C_6^\Gamma + O_6^\Gamma + H_6^\Gamma + S_6^\Gamma + N_6^\Gamma = 100\%.$$

Следовательно, расчет выполнен верно.

7. Отсев мене 16мм:

$$C_7^\Gamma = \frac{100 \cdot C_7^P}{100 - A_7^P - W_7^P} = 13,9 \cdot \frac{100}{100 - 50 - 20} = 46,34\%$$

$$O_7^{\Gamma} = \frac{100 \cdot O_7^P}{100 - A_7^P - W_7^P} = 14,1 \cdot \frac{100}{100 - 50 - 20} = 47,0\%$$

$$H_7^{\Gamma} = \frac{100 \cdot H_7^P}{100 - A_7^P - W_7^P} = 1,9 \cdot \frac{100}{100 - 50 - 20} = 6,33\%$$

$$S_7^{\Gamma} = \frac{100 \cdot S_7^P}{100 - A_7^P - W_7^P} = 0,1 \cdot \frac{100}{100 - 50 - 20} = 0,33\%$$

$$N_7^{\Gamma} = \frac{100 \cdot N_7^P}{100 - A_7^P - W_7^P} = 0 \cdot \frac{100}{100 - 50 - 20} = 0\%$$

$$C_7^{\Gamma} + O_7^{\Gamma} + H_7^{\Gamma} + S_7^{\Gamma} + N_7^{\Gamma} = 100\%.$$

Следовательно, расчет выполнен верно.

Рассчитаем доли каждого компонента в горючей массе ТБО:

1. Бумага:

100-25=75% (обезвоженная масса ТБО); 100-25-15=60% (горючая масса ТБО)

Таким образом  $\frac{75-9,2}{60-x_1}$

Следовательно, доля бумаги в горючей массе ТБО составит

$$x_1 = 60 \cdot 9,2 / 75 = 7,36\%.$$

2. Пищевые отходы:

100-72=28% (обезвоженная масса ТБО); 100-72-4,5=23,5% (горючая масса ТБО)

Таким образом  $\frac{28-4,2}{23,5-x_2}$

Следовательно, доля бумаги в горючей массе ТБО составит

$$x_2 = 23,5 \cdot 4,2 / 28 = 35,25\%.$$

Итак, по каждому компоненту ТБО: для древесины 4,36%; для кожи, резины 10,45%; для пластмассы 8,58%; для текстиля 2,10%; для отсева 7,69%.

Таким образом,

$$\sum x_1 = 7,36 + 35,25 + 4,36 + 10,45 + 8,58 + 2,10 + 7,69 = 75,79\%$$

1 Бумага:

75,79-100

7,36-I<sub>1</sub>; I<sub>1</sub>=9,71%

2. Пищевые отходы:

75,79-100

35,25-I<sub>2</sub>; I<sub>2</sub>=46,51%

Итак, по каждому компоненту ТБО: для древесины 5,75%; для

кожи, резины 13,79%; для пластмассы 11,32%; для текстиля 2,77%; для отсева 10,15%.

Таким образом,

$$\sum I_1 = 9,71 + 46,51 + 5,75 + 13,79 + 11,32 + 2,77 + 10,15 = 100\%$$

Найдем элементный состав горючей массы ТБО по формуле (4):

$$C_{общ}^{\Gamma} = C_1^{\Gamma} \cdot I_1 + C_2^{\Gamma} \cdot I_2 + C_3^{\Gamma} \cdot I_3 + \dots + C_n^{\Gamma} \cdot I_n = 46,16 \cdot 0,0971 + 53,62 \cdot 0,4651 + 51,14 \cdot 0,0575 + 77,94 \cdot 0,1379 + 67,69 \cdot 0,1132 + 55,34 \cdot 0,0277 + 46,34 \cdot 0,1015 = 57\%$$

И так далее  $H_{общ}^{\Gamma} = 7,22\%$ ;  $O_{общ}^{\Gamma} = 33,04\%$ ;  $N_{общ}^{\Gamma} = 2,20\%$ ;

$$S_{общ}^{\Gamma} = 0,54\%.$$

$57,0 + 7,22 + 33,04 + 2,20 + 0,54 = 100\%$  - элементный состав горючей массы ТБО найден верно.

**Пример 2.** Определите удельные теплоты сгорания комбинированных топлив, если ТБО смешали с низкокалорийными природными топливами (бурый уголь (Подмосковный бассейн); сланец Капширского месторождения; торф) в соотношении ТБО:природное сырье - 85:15 %. Морфологический состав рабочей массы ТБО (в %): бумага - 27,2; пищевые отходы - 53,8; кожа, резина - 10,0; текстиль - 9,0. Значения удельных теплот сгорания отдельных компонентов ТБО приведены в табл. 2. Значения минимальных теплот сгорания низкокалорийных природных топлив приведены в табл. 2.4.

*Решение.*

Теплота сгорания твердых бытовых отходов определяется по формуле (2):

$$\begin{aligned} Q_{общ}^P &= Q_1^P \cdot I_1 + Q_2^P \cdot I_2 + Q_3^P \cdot I_3 + Q_4^P \cdot I_4 = \\ &= 9,94 \cdot 0,272 + 3,34 \cdot 0,538 + 25,79 \cdot 0,1 + 15,72 \cdot 0,09 = \\ &= 8,4944 \text{ МДж/кг.} \end{aligned}$$

Определим теплоты сгорания комбинированных топлив, используя формулу (2.7):

ТБО:бурый уголь - 85:15

$$\begin{aligned} (Q^P)_{комб} &= (Q^P)_{тбо} \cdot X + (Q^P)_{н.топл} \cdot (1 - X) \\ &= 8,4944 \cdot 0,85 + 9,88 \cdot 0,15 = 8,7 \text{ МДж/кг.} \end{aligned}$$

ТБО:сланец - 85:15

$$\begin{aligned} (Q^P)_{комб} &= (Q^P)_{тбо} \cdot X + (Q^P)_{н.топл} \cdot (1 - X) \\ &= 8,4944 \cdot 0,85 + 5,81 \cdot 0,15 = 8,09 \text{ МДж/кг.} \end{aligned}$$

ТБО:торф – 85:15

$$(Q^P)_{\text{комб}} = (Q^P)^{\text{тбо}} \cdot X + (Q^P)^{\text{н.топл}} \cdot (1 - X) \\ = 8,4944 \cdot 0,85 + 8,11 \cdot 0,15 = 8,04 \text{ МДж/кг.}$$

**Задание 1.** Рассчитайте элементарный состав рабочей массы ТБО и его удельную теплоту сгорания ( $Q^P$ ) в среднем за год по ряду стран и городов по вариантам, приведенным в табл. 6. Исходные данные по элементному составу горючей массы ТБО и его удельной теплоте сгорания ( $Q^P$ ), а также значения влажности и зольности ТБО приведены в табл.3.

Таблица 6 Исходные данные для задания 1 по вариантам

Номер варианта и соответствующая страна или город					
1	2	3	4	5	6
Вена	Лондон	Брюссель	Мадрид	Оттава	Амстердам
7	8	9	10	11	12
Париж	Берн	Вашингтон	Токио	Москва	С.Петербург
13	14	15	16	17	18
Владивосток	Лондон	Вашингтон	Мадрид	Токио	Москва

**Задание 2.** Рассчитать элементный состав горючей массы ТБО и его максимальную ( $Q^P_{\text{общ}}$ ) теплоту сгорания. Определите, на сколько изменяются значения теплот сгорания исходного ТБО ( $Q^P_{\text{общ}}$ ) и его горючей массы ( $Q^P_{\text{общ}}$ ).  $Q^P_{\text{общ}}$  проверьте расчетом по формуле Менделеева. Данные по морфологическому составу рабочей массы ТБО по вариантам приведены в таблице 7.

**Задание 3.** Рассчитать удельные теплоты сгорания 100%-ого ТБО и комбинированных топлив в пересчете на рабочую и горючую массы. Морфологический состав рабочей массы ТБО и соотношение «ТБО : природное топливо» по вариантам приведены в табл. 8. Значения удельных теплот сгорания для низкокалорийных природных топлив приведены в табл. 4. Сравните полученные результаты. Какое из топлив рационально использовать в промышленности?

Таблица 7 Исходные данные морфологического состава рабочей массы ТБО

Наименование исходных данных	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>- Состав ТБО:</i>										
пищевые отходы	46,4	59,0	61,2	44,5	38,9	55,0	39,7	72,1	38,8	56,4
бумага, картон	12,5	10,7	7,8	19,3	21,5	12,0	19,3	2,6	20,5	16,6
древесина	3,5	2,1	8,0	7,7	17,4	2,6	7,0	0,6	7,9	7,3
кожа, резина	2,6	0,7	0,5	2,4	2,2	2,6	-	-	0,8	2,0
пластмасса	5,7	2,4	6,3	4,4	17,0	16,0	2,0	0,9	-	-
текстиль	24,5	12,2	6,6	19,0	-	7,4	2,1	9,2	15,4	-
отсев (<16 мм)	4,8	12,9	9,6	2,7	3,0	4,4	29,9	14,6	16,6	17,7
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>- Состав ТБО:</i>										
пищевые отходы	66,2	23,7	56,6	47,9	63,5	46,7	49,2	33,9	14,5	25,8
бумага, картон	12,4	34,7	12,0	21,0	18,7	25,6	27,2	24,8	20,0	15,7
древесина	2,7	3,9	-	4,0	-	4,0	3,2	-	4,8	4,0
кожа, резина	3,8	4,6	-	7,0	7,0	-	12,0	12,8	-	-
пластмасса	4,4	12,4	5,2	4,0	3,2	2,8	2,0	4,0	7,0	7,7
текстиль	2,8	0,9	5,5	5,3	1,1	16,2	0,2	1,9	32,3	26,5
отсев (<16 мм)	6,9	14,9	16,7	7,3	2,8	4,7	6,2	18,3	16,2	13,3
металл	0,2	2,3	-	0,5	0,7	-	-	1,1	2,0	3,0
стекло, камни	0,6	2,6	4,0	3,0	3,0	-	-	3,2	3,2	4,0

Таблица 8 Исходные данные морфологического состава рабочей массы ТБО и соотношение «ТБО : природное топливо» в комбинированном топливе

Наименование исходных данных	Номер варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>- Состав ТБО:</i>									
пищевые отходы;	46,4	59,0	61,2	44,5	38,9	55,0	39,7	72,1	38,8
бумага, картон;	12,5	20,0	20,1	20,8	21,2	30,0	23,5	2,6	24,0
древесина;	3,5	1,5	2,0	3,0	1,5	4,0	-	0,6	2,0
кожа, резина;	2,6	-	-	4,0	3,0	-	-	-	2,5
пластмасса;	5,7	1,5	2,0	2,0	1,5	1,6	1,8	0,9	5,0
текстиль;	24,5	4,7	4,8	4,9	5,0	0,6	8,0	9,2	11,0
камни, стекло;	-	0,7	1,2	12,0	10,4	7,2	6,0	5,0	14,0
отсев (<16 мм).	4,8	12,6	11,0	8,8	18,5	1,6	21,0	9,6	2,7
<i>- соотношение ТБО:топливо:</i>									
ТБО:бур.уголь	12:88	80:20	10:90	70:30	-	65:35	-	60:40	-
ТБО:торф	-	-	60:40	-	20:80	-	80:20	-	70:30
ТБО: опилки	10:90	50:50	-	60:40	60:40	70:30	90:10	75:25	60:40
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>- Состав ТБО:</i>									
пищевые отходы;	66,2	23,7	56,6	47,9	63,5	46,7	49,2	33,9	14,5
бумага, картон;	12,4	34,7	20,0	22,8	28,0	27,0	24,0	24,4	27,2
древесина;	2,7	3,9	-	2,5	4,0	4,0	3,5	0,5	2,5
кожа, резина;	3,8	4,6	1,0	1,5	-	1,6	1,7	2,5	4,0
пластмасса;	4,4	12,4	1,2	4,2	3,0	3,3	2,7	1,8	5,6
текстиль;	2,8	0,9	7,2	8,4	0,2	2,4	6,6	8,9	12,6



Продолжение табл.8

Наименование исходных данных	Номер варианта								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
камни, стекло;	-	3,2	4,0	4,0	-	7,0	6,0	15,6	18,9
отсев (<16мм)	7,7	16,6	10,0	8,7	1,3	8,0	6,3	12,4	14,7
<i>- соотношение ТБО: топливо</i>									
ТБО: бур. уголь	50:50	-	65:35	70:30	70:30	90:10	85:15	-	95:5
ТБО: торф	20:80	60:40	50:50	-	-	55:45	50:50	55:45	75:25
ТБО: опилки	-	70:30	-	95:5	55:45	-	-	85:15	-

### **Контрольные вопросы**

- 1 Требования для практического применения ТБО в виде топлива.
- 2 Параметры, характеризующие топливо.
- 3 Морфологический состав ТБО.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Инженерная защита окружающей среды: учебное пособие /под ред.О. Г. Воробьева. - СПб.: Издательство «Лань», 2002.
2. Лакокрасочные покрытия в машиностроении: справочник / под ред.М. М. Гольдберга. - М.: Машиностроение, 1974.
3. Каралюнец А. В. Основы инженерной экологии. Термические методы обращения с отходами: Учебное пособие./ А. В. Каралюнец, Т. Н. Маслова, В. Т. Медведев. - М.: Издательство МЭИ, 2000

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2013г.



## Расчет полигона твердых бытовых отходов (ТБО)

Методические указания к проведению практического занятия  
по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды»,  
«Экология Курского края», «Источники загрязнения среды  
обитания» для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2013

УДК 87.53.13

Составители: В.В. Протасов, Е.А. Преликова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

**Расчет полигона твердых бытовых отходов (ТБО):** методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Источники загрязнения среды обитания» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов, Е.А. Преликова. Курск, 2013. 18 с.; Библиогр.: с. 18.

Представлены методики расчета полигона твердых бытовых отходов, расчета азротенка, расчета образования твердых бытовых отходов при эксплуатации предприятия обслуживания населения.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Источники загрязнения среды обитания».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *5.04.13*. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. *0,98*. Уч.-изд.л. *0,93*. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** приобретение знаний и навыков по расчету процессов и сооружений биологической очистки сточных вод. Произвести расчет полигона твердых бытовых отходов, расчет образования твердых бытовых отходов при эксплуатации предприятия обслуживания населения.

### **Основные положения**

В настоящее время для любого населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО) является, в первую очередь, проблемой экологической. При этом важно, чтобы процессы утилизации ТБО не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства и не ухудшали условия жизни населения.

В России, исходя из численности населения (~ 145 млн. чел.) и действующих норм накопления ТБО (250-300 кг/год на человека), в жилом секторе городов может образовываться ежегодно около 40 млн. тонн ТБО. Кроме того, примерно 25% от этой массы ТБО приходится на нежилой сектор.

Ранее в регионах отходы складировались в основном на неподготовленных и необустроенных свалках. При такой организации свалок главную роль играли факторы, учитывающие сиюминутную экономию средств при их эксплуатации. Поэтому свалки оказались расположенными в основном на неиспользуемых землях, в отработанных карьерах стройматериалов, вблизи населенных пунктов. Игнорирование роли геологических условий при выборе участков под свалки ТБО и пренебрежение природоохранными мероприятиями привели к тому, что многие свалки стали источниками интенсивного воздействия на природную среду и человека. С каждым годом в регионах усиливается противоречие между городом (основной производитель) и пригородом (куда вывозят отходы на захоронение).

Решение проблемы экологической безопасности ТБО хорошо известно – вовлечение их в промышленную переработку и утилизацию. На данный момент наметилось два пути решения этого вопроса: строительство мусороперерабатывающих заводов и складирование отходов на полигонах. Однако в стране к

настоящему времени функционирует только 4 завода по сжиганию ТБО, 3 завода по компостированию ТБО и несколько мусороперегрузочных станций с частичной рассортировкой ТБО. Поэтому проблема утилизации ТБО очень важна для большинства средних и крупных городов.

Полигоны ТБО должны обеспечивать охрану окружающей среды по 6 показателям вредности: органолептическому, общесанитарному, фитоаккумуляционному, миграционно-водному, миграционно-воздушному и санитарно-токсикологическому.

### **Расчет образования твердых бытовых отходов (ТБО) при эксплуатации предприятия обслуживания населения**

В процессе эксплуатации помещений реконструируемого здания образуются бытовые отходы, накапливаемые в специальных контейнерах.

Расчет образования отходов на основании удельных показателей образования ТБО необходимо производить в следующей последовательности:

1. Определяем класс опасности ТБО по таблице 1.
2. Определяем годовой вес ТБО от сотрудников, т/год:

$$P_c = M_{\text{ТБО}} \times n_{\text{сотр}} \quad (1)$$

где  $M_{\text{ТБО}}$  – норма образования ТБО в год по таблице;  $n_{\text{сотр}}$  – количество сотрудников по таблице 2.

Годовой объем образования ТБО от сотрудников, м<sup>3</sup>/год

$$V_c = P_c \times \gamma_{\text{ТБО}} \quad (2)$$

где  $\gamma_{\text{ТБО}}$  – ориентировочный объемный вес отходов от различных предприятий, кг/м<sup>3</sup> (по табл. 3).

3. Определяем годовой вес ТБО от посадочных мест (расчетной площади), т/год

$$P_{\text{п}} = M_{\text{ТБО}} \times n_{\text{пос}} \quad (3)$$

$n_{\text{пос}}$  – количество посадочных мест (расчетная площадь) по табл. 2.

Годовой объем образования ТБО от посадочных мест (расчетной площади), м<sup>3</sup>/год

$$V_{\text{п}} = P_{\text{п}} \times \gamma_{\text{ТБО}} \quad (4)$$

#### 4. Суммарный годовой объем образования ТБО, м<sup>3</sup>/год

$$V = V_c + V_{\Pi} \quad (5)$$

Суммарный годовой вес ТБО, т/год

$$P = P_c + P_{\Pi} \quad (6)$$

#### 5. Расчет сметы с покрытий территории.

Расчет сметы с твердых покрытий благоустраиваемой территории и платформы производится в соответствии с нормой, приведенной в СП 42.13330.2011.

Определяем класс опасности сметы.

Определяем годовой вес сметы с твердых покрытий, т/год:

$$P_{\text{см}} = M_{\text{см}} \times S_{\text{см}} \quad (7)$$

где  $M_{\text{см}}$  – норма годового накопления сметы на 1 м<sup>2</sup> твердого покрытия улиц, площадей и парков, кг/м<sup>2</sup>;  $S_{\text{см}}$  – площадь твердых покрытий улиц, площадей, парков (табл. 2).

6. Хранение образующихся ТБО и уличного смета предусматривается в контейнерах, расположенных на контейнерной площадке для сбора мусора.

Определяем общий объем накопления отходов (с учетом сметы с покрытий), м<sup>3</sup>/год:

$$V_{\text{сум}} = V + V_{\text{см}} \quad (8)$$

Определяем ежедневное накопление отходов, м<sup>3</sup>/день:

$$V_1 = V_{\text{сум}} / 365 \quad (9)$$

Определяем количество контейнеров на контейнерной площадке. Вывоз мусора должен осуществляться не реже 1 раза в 3 дня.

Вывоз ТБО и его утилизация будут осуществляться в соответствии с договором между организацией (управляющей компанией) и коммунальной службой города.

#### Задание 1.

Определить годовой объем образования твердых бытовых отходов и сметы с территории предприятия и необходимое

количество контейнеров, устанавливаемых на контейнерной площадке при исходных данных, приведенных в табл. 2.

Таблица 1 – Нормы накопления твердых бытовых отходов для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей по видам деятельности

№ п/п	Источники образования отходов	Расчетная единица	Среднегодовая норма, т/год	Класс опасности
1	Продовольственный магазин	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,2	5
		1 сотрудник	0,077	4
2	Промтоварный магазин	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,12	5
		1 сотрудник	0,077	4
3	Магазин «Ювелирные изделия»	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,04	5
		1 сотрудник	0,07	4
4	Павильон, киоск, палатка, минимаркет	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,34	5
		1 сотрудник	0,077	4
5	Торгово-оптовые базы, склады	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,04	5
		1 сотрудник	0,077	4
6	Рынок	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,2	5
		1 сотрудник	0,077	4
7	Киоск по продаже периодической печати	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,03	5
		1 сотрудник	0,077	4
8	Передвижная витрина по продаже мороженого	1 витрина	0,82	5
		1 сотрудник	0,077	4
9	Передвижная бочка по продаже прохладительных напитков	1 бочка	0,82	5
		1 сотрудник	0,077	4
10	Предприятия общественного питания, рестораны, кафе и т.п.	1 посадочное место	0,14	5
		1 сотрудник	0,077	4
11	Мини-кафе	1 м <sup>2</sup> общей	0,13	5



		площади 1 сотрудник	0,077	4
12	Мини-закусочная (павильон быстрого приготовления пищи)	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,38 0,077	5 4
13	Административные учреждения, офисы	1 сотрудник	0,077	4
14	Отделение банка, связи	1 сотрудник	0,12	4
15	Типографии	1 сотрудник	0,24	4
16	Автомастерские	1 сотрудник	0,18	4
17	АЗС	1 пост 1 сотрудник	0,04 0,18	4 4
18	Автостоянки, парковки	1 маш.-место 1 сотрудник	0,03 0,077	4 4
19	Гаражи личного транспорта	1 владелец	0,08	4
20	Аптеки	1 м <sup>2</sup> торговой площади 1 сотрудник	0,14 0,077	4 4
21	Больницы	1 койко-место 1 сотрудник	0,16 0,077	4 4
22	Санатории, пансионаты	1 койко-место 1 сотрудник	0,2 0,077	4 4
23	Поликлиники	1 сотрудник	0,15	4
24	Ясли, детские сады	1 воспитан- ник 1 сотрудник	0,035 0,077	4 4
25	Школы	1 учащийся 1 сотрудник	0,016 0,077	4 4
26	Профтехучилища техникумы и вузы	1 место 1 сотрудник	0,02 0,077	4 4
27	Дома-интернаты и т.п.	1 воспитанник 1 сотрудник	0,15 0,077	4 4
28	Ремонт и пошив одежды, обуви	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,02 0,077	5 4
29	Гостиницы	1 место 1 сотрудник	0,18 0,077	4 4
30	Бани, сауны	1 место	0,13	4

		1 сотрудник	0,077	4
31	Химчистка, прачечные	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,03 0,077	4 4
32	Бытовые комбинаты	1 сотрудник	0,077	4
33	Парикмахерские и косметические салоны	1 место 1 сотрудник	0,04 0,077	4 4
34	Ремонт бытовой, теле-, радио-, компьютерной аппаратуры	1 сотрудник	0,12	4
35	Общежитие	1 место 1 сотрудник	0,18 0,077	4 4
36	Автовокзалы, ж.д. вокзалы, аэропорты	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,05 0,077	5 4
37	Клубы, театры, кинотеатры, концертные залы, дома культуры	1 место 1 сотрудник	0,04 0,077	5 4
38	Казино, букмекерские конторы*	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,28 0,077	5 4
39	Игровые клубы, залы игровых автоматов и компьютерных игр, интернет-кафе*	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,31 0,077	5 4
40	Стадионы, спортивные залы	1 посад. место 1 сотрудник	0,02 0,077	4 4
41	Библиотеки	1 сотрудник 1 посад. место	0,077 0,01	4 4
42	Приемный пункт стеклотары	1 м общей площади 1 сотрудник	0,04 0,077	5 4
43	Приемный пункт макулатуры	1 м общей площади 1 сотрудник	0,04 0,077	5 4

**Примечание \*** При работе предприятия более 14 часов в сутки применяются

нормы с коэффициентом 1,5.

Таблица 2 – Исходные данные

№ варианта	Источник образования отходов	Расчетная единица	Показатель	Площадь территории предприятия, м <sup>2</sup>
1	Продовольственный магазин	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	200 10	800
2	Промтоварный магазин	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	1200 45	1500
3	Торгово-оптовый склад	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	980 10	2300
4	Кафе	Количество посадочных мест, чел Количество сотрудников	50 10	550
5	Автозаправочная станция	Количество постов Количество сотрудников	4 поста 5	2000
6	Аптека	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	120 4	250
7	Больница	Количество койко-мест Количество сотрудников	150 45	3650
8	Детский сад	Количество воспитанников Количество сотрудников	160 24	4000
9	Школа	Количество учащихся Количество сотрудников	990 75	4500
10	Ремонт и пошив одежды	Общая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	230 15	390
11	Гостиница	Количество мест Количество сотрудников	48 15	1200
12	Библиотека	Количество мест Количество сотрудников	750 145	1980
13	Химчистка	Общая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	450 8	220
14	Парикмахерская	Количество мест Количество сотрудников	8 10	150
15	Общежитие	Количество мест Количество сотрудников	320 10	1350
16	Железнодорожный вокзал	Общая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	4200 48	5200

17	Кинотеатр	Количество мест	270	1750
		Количество сотрудников	14	
18	Автовокзал	Общая площадь, м <sup>2</sup>	2000	4200
		Количество сотрудников	63	
19	Интернет-кафе	Общая площадь, м <sup>2</sup>	160	180
		Количество сотрудников	5	
20	Сауна	Количество мест	12	310
		Количество сотрудников	5	

Таблица 3 – Ориентировочный объемный вес отходов от различных предприятий

Наименование предприятия	Ориентировочный объемный вес, кг/м <sup>3</sup>
Гостиницы (на 1 койко-место)	115,2
Детские сады, ясли (на 1 место)	145,8
Школы, вузы	167,0
Поликлиники (на 1 место)	122,4
Больницы, санатории, прочие ЛПУ (на 1 место)	107,0
Рестораны, кафе, учреждения общепита (на 1 место)	142,0
Учреждения (на 1-го сотрудника)	145,0
Театры, кинотеатры (на 1 место)	107,0
Продовольственные магазины (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	136,0
Промтоварные магазины (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	125,8
Рынки (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	123,0
Киоски, торговые павильоны (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	93,6
Дома быта (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	120,9
Вокзалы, автовокзалы (на 1 м <sup>2</sup> площади)	250,0

### Расчет полигона твердых бытовых отходов

Твердые бытовые отходы (ТБО) – отходы хозяйственной деятельности населения, включая отходы отопительных устройств местного отопления, предметы домашнего обихода, упаковка, смет с дворовых территорий и другие.

Удаление твердых бытовых отходов обеспечивает

санитарную очистку городов и создает необходимые санитарно-экологические условия существования населенного пункта.

Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию удаляемых из населенных пунктов твердых бытовых отходов являются полигоны.

Полигоны – комплексы природоохранительных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод.

Вместимость полигона ТБО на расчетный срок определяется по формуле 10.

$$E_T = \frac{(Y_1 + Y_2) \times (N_1 + N_2) \times T \times K_2}{4 \times K_1} \quad (10)$$

где  $Y_1$  и  $Y_2$  – удельные годовые нормы накопления ТБО по объему на 1-й и последние годы эксплуатации,  $\text{м}^3/(\text{чел./год})$ ;  $N_1$  и  $N_2$  – количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й и последние годы эксплуатации, чел.;  $T$  – расчетный срок эксплуатации полигона, год;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона на весь срок  $T$ , принимается по табл. 4 с учетом применения для уплотнения бульдозера разной массы;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунта (промежуточный и окончательный) (табл. 5).

Удельная годовая норма накопления ТБО по объему на 20-й (15-й) год эксплуатации определяется исходя из условия ежегодного роста ее по объему на 3%:

$$Y_2 = Y_1 \times 1,03^T, \text{ м}^3/(\text{чел./г}) \quad (11)$$

Площадь участка складирования ТБО рассчитывается по формуле 12:

$$\Phi_{\text{ус}} = \frac{K_{\text{от}} \times E_T}{H_{\text{п}}}, \text{ м}^2 \quad (12)$$

где  $K_{\text{от}}=3$  – коэффициент, учитывающий заложение внешних откосов 1:4;  $H_{\text{п}}$  – проектируемая высота полигона, м.

Требуемая площадь полигона составит:

$$\Phi = 1,1 \times \Phi_{\text{ус}} + \Phi_{\text{доп}} \quad (13)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий полосу вокруг участка складирования;  $\Phi_{\text{доп}}=1$  га – площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнеров.

### Задание 2

Требуется определить вместимость и требуемую площадь полигона ТБО при исходных данных, приведенных в табл. 6. Годовая удельная норма накопления ТБО с учетом жилых зданий и непромышленных объектов на год проектирования –  $U_1=1,1$  м<sup>3</sup>/(чел./г). В зависимости от мощности полигона необходимо по табл. 7 подобрать здания и сооружения, предназначенные для обслуживания полигона.

Таблица 4 – Значение коэффициента  $K_1$ , учитывающего уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона.

Масса бульдозера или катка, т	Проектируемая высота полигона, м	$K_1$
3-6	20-30	3
12-14	менее 10	3,7
12-14	20-30	4
20-22	50 и более	4,5

**Примечание.** Значения  $K_1$  приведены при соблюдении послойного уплотнения ТБО, оседания в течение не менее 5 лет и плотности ТБО в местах сбора  $P_1=200$  кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 5 – Значение коэффициента  $K_2$ , учитывающего объем изолирующих слоев

Общая высота $H_p$ , м	$K_2$
5-7,5	1,37
7,5-9,75	1,27
9,76-11	1,25
12-15	1,22
16-39	1,2
40-50	1,18
более 50	1,16

Таблица 6 - Исходные данные к заданию 2.

№ варианта	H <sub>1</sub> , тыс. чел	H <sub>2</sub> , тыс. чел	T, лет	H <sub>п</sub> , м	Масса бульдозера, т
1	50	65	15	8	4
2	75	98	20	10	6
3	100	130	25	15	12
4	125	165	15	20	14
5	150	200	20	25	12
6	175	230	25	30	14
7	200	280	15	35	20
8	225	295	20	40	22
9	250	325	25	45	20
10	60	85	15	9	5
11	70	90	20	10	6
12	110	145	25	15	12
13	130	175	15	20	14
14	185	240	20	25	12
15	205	265	25	30	14
16	230	300	15	35	20
17	65	90	20	15	12
18	115	140	25	20	14
19	180	220	20	30	14
20	140	190	15	25	12

Таблица 7 - Перечень зданий и сооружений, предназначенных для обслуживания полигона ТБО

Перечень зданий и сооружений	Мощность полигона, тыс.т/год				
	До 10	10-20	20-100	100-200	Более 200
Инвентарное здание	+	+	-	-	-
Здание административно-бытовых помещений	-	-	+	+	+
Автовесы	-	-	+	+	+
Контрольно-пропускной пункт	+	+	+	+	+
Дезинфицирующая ванна	+	+	+	+	+
Очистные сооружения	-	-	+	+	+
Навес для механизмов	+	+	+	+	+

Котельная	-	-	-	+	+
Склад горючесмазочных материалов	+	+	+	+	+
Противопожарный резервуар	+	+	+	+	+
Артезианская скважина	-	-	-	+	+
Резервуар для питьевой воды	+	+	+	-	-
Производственный корпус для сортировки	-	+	+	+	+
Навес для складирования вторичного сырья	-	+	+	+	+

### Расчет аэротенка

Аэротенк представляет собой открытый бассейн, оборудованный устройствами принудительной аэрации.

В аэротенках в качестве окислителя используется воздух, в окситенках – технический кислород или обогащенный кислородом воздух.

Задача технологического расчета аэротенков – определение основных параметров системы (длительность аэрации, расход воздуха, объем), по которым устанавливаются размеры сооружения. Типовые аэротенки имеют размеры 36 - 114 м в длину, 8 – 36 м в ширину и 3 – 5 м в глубину.

Имеются следующие типовые данные: 1) число коридоров – 2, 3 и 4; 2) ширина коридоров – 4, 5, 6 и 9 м; 3) шаг длины коридора – 6 м (длина стандартной панели); 4) рабочая глубина – 3,2; 4,4 и 5 м.

#### **Методика расчета**

1. Длительность аэрации ( $\tau$ , ч) рассчитывается по формуле 14:

$$\tau = \frac{L_0 - L_1}{a \times \rho} \quad (14)$$

где  $L_0$  и  $L_1$  - БПК<sub>полн</sub> поступающей сточной и очищенной воды соответственно, мг/л;  $a$  – концентрация ила в аэротенке, г/л;  $\rho$  – скорость окисления загрязнения на 1 г сухой биомассы, мг



(БПК)/(г×ч).

2. Удельный расход воздуха ( $D$ , м<sup>3</sup> воздуха/м<sup>3</sup> сточной воды:

$$D = \frac{z \times (L_0 - L_1)}{100 \times k_1 \times k_2 \times n_1 \times n_2 \times (c - b)} \quad (15)$$

где  $z$  – удельный расход кислорода, мг О<sub>2</sub>/мг БПК ( $z=2$  мг/мг);  $k_1$  – коэффициент, учитывающий тип аэратора, являющийся функцией площади, занятой аэраторами по отношению к площади зеркала воды в аэротенке;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий глубину ( $h$ ) погружения аэратора ( $k_2 = h^{0,67}$ );  $n_1$  – коэффициент, учета температуры;  $n_2$  – коэффициент качества воды;  $c$  – растворимость кислорода, мг/л;  $b$  – допустимая минимальная концентрация кислорода, которая не лимитирует скорость окисления ( $b=3$  мг/л).

Таблица 8 - Коэффициент учета температуры и растворимость кислорода в зависимости от температуры

t, °C	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
c, мг/л	12,8	11,3	10,8	10,3	9,8	9,4	9,0	8,7	8,3	8,0	7,7
n <sub>1</sub>	0,5	0,63	0,69	0,76	0,83	0,91	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

3. Объем аэротенка  $V$ , м<sup>3</sup>:

$$V = Q \times \tau \quad (16)$$

где  $Q$  – расход сточной воды, м<sup>3</sup>/ч.

4. Конструктивные размеры аэротенка можно принимать из конструктивных соображений в зависимости от объема сооружения:

4.1. Рабочая глубина ( $H$ ) принимается из типовых размеров (например,  $H=3,2$  м).

4.2. Площадь зеркала воды в аэротенке ( $S$ , м<sup>2</sup>):

$$S = \frac{V}{H} \quad (17)$$

4.3. Длина аэротенка ( $L$ , м):

$$L = 1,5 \times \sqrt{S} \quad (18)$$

Полученное значение  $L$  округляют до ближайшего значения, кратного шагу длины коридора (6 м).

4.4. Ширина аэротенка ( $B$ , м):

$$B = S/L \quad (19)$$

Полученное значение  $B$  округляют до ближайшего значения, кратного типовым размерам ширины коридоров ( $B_i=4,5,6$  или  $9$  м), при этом число коридоров должно получиться  $2,3$  или  $4$ :

$$N = B/B_i \quad (20)$$

5. Начертить схему аэротенка (рис.1) с конструктивными размерами.

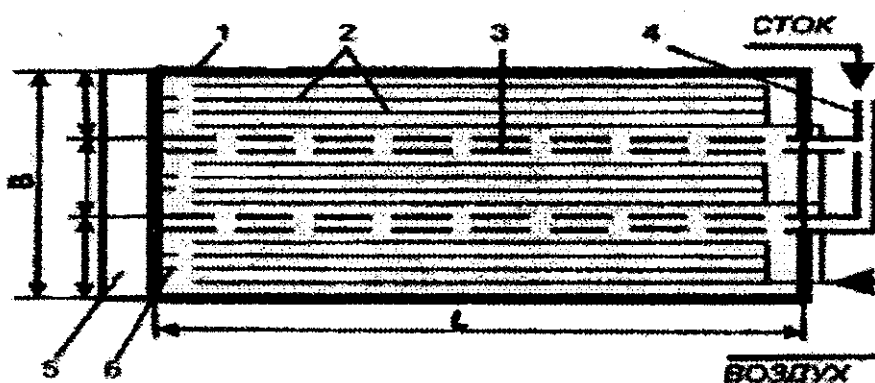


Рисунок 1 – Схема трехкоридорного аэротенка:

1- стены; 2- фильтровые трубы; 3- водовыпускные отверстия с затворами; 4- распределительный лоток; 5- водослив; 6- канал осветленной воды.

### Задание 3

Рассчитать аэротенк (в соответствии с вариантом) и построить его схему.

Таблица 9 – Исходные данные для задания 3.

№ варианта	Сточная вода производства	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$L_0$ , мг/л	$L_1$ , мг/л	$\rho$ , мг/(г×ч)	$n_2$	$k_1$	$a$ , г/л
1, 10	Хим.-фарм. препаратов	650	150	3	10	0,25	0,25	2
2, 11	Нефтепродуктов	900	1000	5	15	0,3	0,5	6
3, 12	Переработки твердого топлива	800	900	5	13	0,35	0,5	6
4, 13	Каучука	700	800	5	14	0,4	0,45	5
5, 14	Поливинилацетата	500	700	5	16	0,3	0,4	5
6, 15	Синтетических жирных кислот	400	600	4	12	0,35	0,35	5
7, 16	Синтетического	450	500	4	11	0,35	0,3	4

	спирта							
8, 17	С фенолами	550	450	3	14	0,25	0,3	8
9, 18	С анилином	600	400	3	9	0,2	0,3	3

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определения понятиям ТБО, аэротенк, полигоны
2. Сооружения по обезвреживанию ТБО.
3. Типовые данные для расчета аэротенков.
4. Суть задачи технологического расчета аэротенков.
5. Расчет полигона ТБО.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Матросов А.С. Управление отходами. – М.: Стройиздат, 2010.
2. Хомич В.А. Экология городской среды: уч. пособие. –М.: Издательство АСВ, 2006.
3. Ерофеев Б.В. Экологическое право. – М.: ИМПИЭ, 1995
4. Об отходах производства и потребления: федер. закон от 24.06.98.
5. Кононович Ю.В. Основы экологического планирования градостроительной деятельности: уч. пособие. – М.: МГСУ, 2009.

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



УТВЕРЖДАЮ

Директор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2013г.

## РАСЧЕТ ОБРАЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Методические указания к проведению практического занятия  
по дисциплине «Промышленная экология»  
для студентов направления подготовки  
022000.62 Экология и природопользование

Курск 2013

УДК 87.53.13

Составители: В.В. Протасов, Е.А. Преликова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

**Расчет образования твердых бытовых отходов при эксплуатации предприятия:** методические указания к проведению практического занятия по дисциплине «Промышленная экология» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов, Е.А. Преликова. Курск, 2013. 16 с.; Библиогр.: с. 16.

Представлены методики расчета полигона твердых бытовых отходов, расчета аэротенка, расчета образования твердых бытовых отходов при эксплуатации предприятия обслуживания населения.

Предназначены для студентов направления подготовки 022000.62 Экология и природопользование, изучающих дисциплину «Промышленная экология» дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,84. Тираж 30 экз. Заказ 160. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** приобретение знаний и навыков по расчету процессов и сооружений биологической очистки сточных вод. Произвести расчет полигона твердых бытовых отходов, расчет образования твердых бытовых отходов при эксплуатации предприятия обслуживания населения.

### **Основные положения**

В настоящее время для любого населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО) является, в первую очередь, проблемой экологической. При этом важно, чтобы процессы утилизации ТБО не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства и не ухудшали условия жизни населения.

В России, исходя из численности населения (~ 145 млн. чел.) и действующих норм накопления ТБО (250-300 кг/год на человека), в жилом секторе городов может образовываться ежегодно около 40 млн. тонн ТБО. Кроме того, примерно 25% от этой массы ТБО приходится на нежилой сектор.

Ранее в регионах отходы складировались в основном на неподготовленных и необустроенных свалках. При такой организации свалок главную роль играли факторы, учитывающие сиюминутную экономию средств при их эксплуатации. Поэтому свалки оказались расположенными в основном на неиспользуемых землях, в отработанных карьерах стройматериалов, вблизи населенных пунктов. Игнорирование роли геологических условий при выборе участков под свалки ТБО и пренебрежение природоохранными мероприятиями привели к тому, что многие свалки стали источниками интенсивного воздействия на природную среду и человека. С каждым годом в регионах усиливается противоречие между городом (основной производитель) и пригородом (куда вывозят отходы на захоронение).

Решение проблемы экологической безопасности ТБО хорошо известно – вовлечение их в промышленную переработку и утилизацию. На данный момент наметилось два пути решения этого вопроса: строительство мусороперерабатывающих заводов и складирование отходов на полигонах. Однако в стране к

настоящему времени функционирует только 4 завода по сжиганию ТБО, 3 завода по компостированию ТБО и несколько мусороперегрузочных станций с частичной рассортировкой ТБО. Поэтому проблема утилизации ТБО очень важна для большинства средних и крупных городов.

Полигоны ТБО должны обеспечивать охрану окружающей среды по 6 показателям вредности: органолептическому, общесанитарному, фитоаккумуляционному, миграционно-водному, миграционно-воздушному и санитарно-токсикологическому.

### **Расчет образования твердых бытовых отходов (ТБО) при эксплуатации предприятия обслуживания населения**

В процессе эксплуатации помещений реконструируемого здания образуются бытовые отходы, накапливаемые в специальных контейнерах.

Расчет образования отходов на основании удельных показателей образования ТБО необходимо производить в следующей последовательности:

1. Определяем класс опасности ТБО по таблице 1.
2. Определяем годовой вес ТБО от сотрудников, т/год:

$$P_c = M_{\text{ТБО}} \times n_{\text{сотр}} \quad (1)$$

где  $M_{\text{ТБО}}$  – норма образования ТБО в год по таблице;  $n_{\text{сотр}}$  – количество сотрудников по таблице 2.

Годовой объем образования ТБО от сотрудников, м<sup>3</sup>/год

$$V_c = P_c \times \gamma_{\text{ТБО}} \quad (2)$$

где  $\gamma_{\text{ТБО}}$  – ориентировочный объемный вес отходов от различных предприятий, кг/м<sup>3</sup> (по табл. 3).

3. Определяем годовой вес ТБО от посадочных мест (расчетной площади), т/год

$$P_{\text{п}} = M_{\text{ТБО}} \times n_{\text{пос}} \quad (3)$$

$n_{\text{пос}}$  – количество посадочных мест (расчетная площадь) по табл. 2.

Годовой объем образования ТБО от посадочных мест (расчетной площади), м<sup>3</sup>/год

$$V_{\text{п}} = P_{\text{п}} \times \gamma_{\text{ТБО}} \quad (4)$$

4. Суммарный годовой объем образования ТБО, м<sup>3</sup>/год

$$V = V_c + V_{\text{п}} \quad (5)$$

Суммарный годовой вес ТБО, т/год

$$P = P_c + P_{\text{п}} \quad (6)$$



### 5. Расчет сметы с покрытий территории.

Расчет сметы с твердых покрытий благоустраиваемой территории и платформы производится в соответствии с нормой, приведенной в СП 42.13330.2011.

Определяем класс опасности сметы.

Определяем годовой вес сметы с твердых покрытий, т/год:

$$P_{см} = M_{см} \times S_{см} \quad (7)$$

где  $M_{см}$  – норма годового накопления сметы на  $1 \text{ м}^2$  твердого покрытия улиц, площадей и парков,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;  $S_{см}$  – площадь твердых покрытий улиц, площадей, парков (табл. 2).

6. Хранение образующихся ТБО и уличного смета предусматривается в контейнерах, расположенных на контейнерной площадке для сбора мусора.

Определяем общий объем накопления отходов (с учетом сметы с покрытий),  $\text{м}^3/\text{год}$ :

$$V_{сум} = V + V_{см} \quad (8)$$

Определяем ежедневное накопление отходов,  $\text{м}^3/\text{день}$ :

$$V_1 = V_{сум} / 365 \quad (9)$$

Определяем количество контейнеров на контейнерной площадке. Вывоз мусора должен осуществляться не реже 1 раза в 3 дня.

Вывоз ТБО и его утилизация будут осуществляться в соответствии с договором между организацией (управляющей компанией) и коммунальной службой города.

### Задание 1.

Определить годовой объем образования твердых бытовых отходов и сметы с территории предприятия и необходимое количество контейнеров, устанавливаемых на контейнерной площадке при исходных данных, приведенных в табл. 2.

Таблица 1 – Нормы накопления твердых бытовых отходов для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей по видам деятельности

№ п/п	Источники образования отходов	Расчетная единица	Среднегодовая норма, т/год	Класс опасности
1	Продовольственный магазин	$1 \text{ м}^2$ торговой площади	0,2	5
		1 сотрудник	0,077	4

2	Промтоварный магазин	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,12	5
		1 сотрудник	0,077	4
3	Магазин «Ювелирные изделия»	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,04	5
		1 сотрудник	0,07	4
4	Павильон, киоск, палатка, минимаркет	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,34	5
		1 сотрудник	0,077	4
5	Торгово-оптовые базы, склады	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,04	5
		1 сотрудник	0,077	4
6	Рынок	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,2	5
		1 сотрудник	0,077	4
7	Киоск по продаже периодической печати	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,03	5
		1 сотрудник	0,077	4
8	Передвижная витрина по продаже мороженого	1 витрина	0,82	5
		1 сотрудник	0,077	4
9	Передвижная бочка по продаже прохладительных напитков	1 бочка	0,82	5
		1 сотрудник	0,077	4
10	Предприятия общественного питания, рестораны, кафе и т.п.	1 посадочное место	0,14	5
		1 сотрудник	0,077	4
11	Мини-кафе	1 м <sup>2</sup> общей площади	0,13	5
		1 сотрудник	0,077	4
12	Мини-закусочная (павильон быстрого приготовления пищи)	1 м <sup>2</sup> общей площади	0,38	5
		1 сотрудник	0,077	4
13	Административные учреждения, офисы	1 сотрудник	0,077	4
14	Отделение банка, связи	1 сотрудник	0,12	4
15	Типографии	1 сотрудник	0,24	4
16	Автомастерские	1 сотрудник	0,18	4
17	АЗС	1 пост	0,04	4
		1 сотрудник	0,18	4
18	Автостоянки, парковки	1 маш.-место	0,03	4
		1 сотрудник	0,077	4

19	Гаражи личного транспорта	1 владелец	0,08	4
20	Аптеки	1 м <sup>2</sup> торговой площади	0,14	4
		1 сотрудник	0,077	4
21	Больницы	1 койко-место	0,16	4
		1 сотрудник	0,077	4
22	Санатории, пансионаты	1 койко-место	0,2	4
		1 сотрудник	0,077	4
23	Поликлиники	1 сотрудник	0,15	4
24	Ясли, детские сады	1 воспитанник	0,035	4
		1 сотрудник	0,077	4
25	Школы	1 учащийся	0,016	4
		1 сотрудник	0,077	4
26	Профтехучилища техникумы и вузы	1 место	0,02	4
		1 сотрудник	0,077	4
27	Дома-интернаты и т.п.	1 воспитанник	0,15	4
		1 сотрудник	0,077	4
28	Ремонт и пошив одежды, обуви	1 м <sup>2</sup> общей площади	0,02	5
		1 сотрудник	0,077	4
29	Гостиницы	1 место	0,18	4
		1 сотрудник	0,077	4
30	Бани, сауны	1 место	0,13	4
		1 сотрудник	0,077	4
31	Химчистка, прачечные	1 м <sup>2</sup> общей площади	0,03	4
		1 сотрудник	0,077	4
32	Бытовые комбинаты	1 сотрудник	0,077	4
33	Парикмахерские и косметические салоны	1 место	0,04	4
		1 сотрудник	0,077	4
34	Ремонт бытовой, теле-, радио-, компьютерной аппаратуры	1 сотрудник	0,12	4
35	Общежитие	1 место	0,18	4
		1 сотрудник	0,077	4
36	Автовокзалы, вокзалы, аэропорты ж.д.	1 м <sup>2</sup> общей площади	0,05	5
		1 сотрудник	0,077	4
37	Клубы, театры,	1 место	0,04	5

	кинотеатры, концертные залы, дома культуры	1 сотрудник	0,077	4
38	Казино, букмекерские конторы*	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,28 0,077	5 4
39	Игровые клубы, залы игровых автоматов и компьютерных игр, интернет-кафе*	1 м <sup>2</sup> общей площади 1 сотрудник	0,31 0,077	5 4
40	Стадионы, спортивные залы	1 посад. место 1 сотрудник	0,02 0,077	4 4
41	Библиотеки	1 сотрудник 1 посад. место	0,077 0,01	4 4
42	Приемный пункт стеклотары	1 м общей площади 1 сотрудник	0,04 0,077	5 4
43	Приемный пункт макулатуры	1 м общей площади 1 сотрудник	0,04 0,077	5 4

**Примечание \*** При работе предприятия более 14 часов в сутки применяются нормы с коэффициентом 1,5.

Таблица 2 – Исходные данные

№ варианта	Источник образования отходов	Расчетная единица	Показатель	Площадь территории предприятия, м <sup>2</sup>
1	Продовольственный магазин	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	200 10	800
2	Промтоварный магазин	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	1200 45	1500
3	Торгово-оптовый склад	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	980 10	2300
4	Кафе	Количество посадочных мест, чел Количество сотрудников	50 10	550
5	Автозаправочная станция	Количество постов Количество сотрудников	4 поста 5	2000
6	Аптека	Торговая площадь, м <sup>2</sup> Количество сотрудников	120 4	250
7	Больница	Количество койко-мест	150	3650

		Количество сотрудников	45	
8	Детский сад	Количество воспитанников	160	4000
		Количество сотрудников	24	
9	Школа	Количество учащихся	990	4500
		Количество сотрудников	75	
10	Ремонт и пошив одежды	Общая площадь, м <sup>2</sup>	230	390
		Количество сотрудников	15	
11	Гостиница	Количество мест	48	1200
		Количество сотрудников	15	
12	Библиотека	Количество мест	750	1980
		Количество сотрудников	145	
13	Химчистка	Общая площадь, м <sup>2</sup>	450	220
		Количество сотрудников	8	
14	Парикмахерская	Количество мест	8	150
		Количество сотрудников	10	
15	Общезитие	Количество мест	320	1350
		Количество сотрудников	10	
16	Железнодорожный вокзал	Общая площадь, м <sup>2</sup>	4200	5200
		Количество сотрудников	48	
17	Кинотеатр	Количество мест	270	1750
		Количество сотрудников	14	
18	Автовокзал	Общая площадь, м <sup>2</sup>	2000	4200
		Количество сотрудников	63	
19	Интернет-кафе	Общая площадь, м <sup>2</sup>	160	180
		Количество сотрудников	5	
20	Сауна	Количество мест	12	310
		Количество сотрудников	5	

Таблица 3 – Ориентировочный объемный вес отходов от различных предприятий

Наименование предприятия	Ориентировочный объемный вес, кг/м <sup>3</sup>
Гостиницы (на 1 койко-место)	115,2
Детские сады, ясли (на 1 место)	145,8
Школы, вузы	167,0
Поликлиники (на 1 место)	122,4
Больницы, санатории, прочие ЛПУ (на 1 место)	107,0
Рестораны, кафе, учреждения общепита (на 1 место)	142,0
Учреждения (на 1-го сотрудника)	145,0
Театры, кинотеатры (на 1 место)	107,0
Продовольственные магазины (на 1 м <sup>2</sup> торговой	136,0

площади)	
Промтоварные магазины (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	125,8
Рынки (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	123,0
Киоски, торговые павильоны (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	93,6
Дома быта (на 1 м <sup>2</sup> торговой площади)	120,9
Вокзалы, автовокзалы (на 1 м <sup>2</sup> площади)	250,0

### **Расчет полигона твердых бытовых отходов**

Твердые бытовые отходы (ТБО) – отходы хозяйственной деятельности населения, включая отходы отопительных устройств местного отопления, предметы домашнего обихода, упаковка, смет с дворовых территорий и другие.

Удаление твердых бытовых отходов обеспечивает санитарную очистку городов и создает необходимые санитарно-экологические условия существования населенного пункта.

Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию удаляемых из населенных пунктов твердых бытовых отходов являются полигоны.

Полигоны – комплексы природоохранных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод.

Вместимость полигона ТБО на расчетный срок определяется по формуле 10.

$$E_T = \frac{(Y_1 + Y_2) \times (N_1 + N_2) \times T \times K_2}{4 \times K_1} \quad (10)$$

где  $Y_1$  и  $Y_2$  – удельные годовые нормы накопления ТБО по объему на 1-й и последние годы эксплуатации, м<sup>3</sup>/(чел./год);  $N_1$  и  $N_2$  – количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й и последние годы эксплуатации, чел.;  $T$  – расчетный срок эксплуатации полигона, год;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона на весь срок  $T$ , принимается по табл. 4 с учетом применения для уплотнения бульдозера разной массы;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунта (промежуточный и окончательный) (табл. 5).

Удельная годовая норма накопления ТБО по объему на 20-й (15-й) год эксплуатации определяется исходя из условия

ежегодного роста ее по объему на 3%:

$$Y_2 = Y_1 \times 1,03^T, \text{ м}^3/(\text{чел./г}) \quad (11)$$

Площадь участка складирования ТБО рассчитывается по формуле 12:

$$\Phi_{\text{ус}} = \frac{K_{\text{от}} \times E_T}{H_{\text{п}}}, \text{ м}^2 \quad (12)$$

где  $K_{\text{от}}=3$  – коэффициент, учитывающий заложение внешних откосов 1:4;  $H_{\text{п}}$  – проектируемая высота полигона, м.

Требуемая площадь полигона составит:

$$\Phi = 1,1 \times \Phi_{\text{ус}} + \Phi_{\text{доп}} \quad (13)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий полосу вокруг участка складирования;  $\Phi_{\text{доп}}=1$  га – площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнеров.

### Задание 2

Требуется определить вместимость и требуемую площадь полигона ТБО при исходных данных, приведенных в табл. 6. Годовая удельная норма накопления ТБО с учетом жилых зданий и непромышленных объектов на год проектирования –  $Y_1=1,1 \text{ м}^3/(\text{чел./г})$ . В зависимости от мощности полигона необходимо по табл. 7 подобрать здания и сооружения, предназначенные для обслуживания полигона.

Таблица 4 – Значение коэффициента  $K_1$ , учитывающего уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона.

Масса бульдозера или катка, т	Проектируемая высота полигона, м	$K_1$
3-6	20-30	3
12-14	менее 10	3,7
12-14	20-30	4
20-22	50 и более	4,5

**Примечание.** Значения  $K_1$  приведены при соблюдении послойного уплотнения ТБО, оседания в течение не менее 5 лет и плотности ТБО в местах сбора  $P_1=200 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица 5 – Значение коэффициента  $K_2$ , учитывающего объем изолирующих слоев

Общая высота $H_{\text{п}}$ , м	$K_2$
5-7,5	1,37
7,5-9,75	1,27
9,76-11	1,25
12-15	1,22

16-39	1,2
40-50	1,18
более 50	1,16

Таблица 6 - Исходные данные к заданию 2.

№ варианта	N <sub>1</sub> , тыс. чел	N <sub>2</sub> , тыс. чел	T, лет	N <sub>п</sub> , м	Масса бульдозера, т
1	50	65	15	8	4
2	75	98	20	10	6
3	100	130	25	15	12
4	125	165	15	20	14
5	150	200	20	25	12
6	175	230	25	30	14
7	200	280	15	35	20
8	225	295	20	40	22
9	250	325	25	45	20
10	60	85	15	9	5
11	70	90	20	10	6
12	110	145	25	15	12
13	130	175	15	20	14
14	185	240	20	25	12
15	205	265	25	30	14
16	230	300	15	35	20
17	65	90	20	15	12
18	115	140	25	20	14
19	180	220	20	30	14
20	140	190	15	25	12

Таблица 7 – Перечень зданий и сооружений, предназначенных для обслуживания полигона ТБО

Перечень зданий и сооружений	Мощность полигона, тыс.т/год				
	До 10	10-20	20-100	100-200	Более 200
Инвентарное здание	+	+	-	-	-
Здание административно-бытовых помещений	-	-	+	+	+
Автовесы	-	-	+	+	+
Контрольно-пропускной пункт	+	+	+	+	+
Дезинфицирующая ванна	+	+	+	+	+



Очистные сооружения	–	–	+	+	+
Навес для механизмов	+	+	+	+	+
Котельная	–	–	–	+	+
Склад горючесмазочных материалов	+	+	+	+	+
Противопожарный резервуар	+	+	+	+	+
Артезианская скважина	–	–	–	+	+
Резервуар для питьевой воды	+	+	+	–	–
Производственный корпус для сортировки	–	+	+	+	+
Навес для складирования вторичного сырья	–	+	+	+	+

### Расчет аэротенка

Аэротенк представляет собой открытый бассейн, оборудованный устройствами принудительной аэрации.

В аэротенках в качестве окислителя используется воздух, в окситенках – технический кислород или обогащенный кислородом воздух.

Задача технологического расчета аэротенков – определение основных параметров системы (длительность аэрации, расход воздуха, объем), по которым устанавливаются размеры сооружения. Типовые аэротенки имеют размеры 36 - 114 м в длину, 8 – 36 м в ширину и 3 – 5 м в глубину.

Имеются следующие типовые данные: 1) число коридоров – 2, 3 и 4; 2) ширина коридоров – 4, 5, 6 и 9 м; 3) шаг длины коридора – 6 м (длина стандартной панели); 4) рабочая глубина – 3,2; 4,4 и 5 м.

### **Методика расчета**

1. Длительность аэрации ( $\tau$ , ч) рассчитывается по формуле 14:

$$\tau = \frac{L_0 - L_1}{a \times \rho} \quad (14)$$

где  $L_0$  и  $L_1$  - БПК<sub>полн</sub> поступающей сточной и очищенной воды соответственно, мг/л;  $a$  – концентрация ила в аэротенке, г/л;  $\rho$  – скорость окисления загрязнения на 1 г сухой биомассы, мг (БПК)/(г×ч).

2. Удельный расход воздуха ( $D$ , м<sup>3</sup> воздуха/м<sup>3</sup> сточной воды:

$$D = \frac{z \times (L_0 - L_1)}{100 \times k_1 \times k_2 \times n_1 \times n_2 \times (c - b)} \quad (15)$$

где  $z$  – удельный расход кислорода, мг O<sub>2</sub>/мг БПК ( $z=2$  мг/мг);  $k_1$  – коэффициент, учитывающий тип аэратора, являющийся функцией площади, занятой аэраторами по отношению к площади зеркала воды в аэротенке;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий глубину ( $h$ ) погружения аэратора ( $k_2 = h^{0,67}$ );  $n_1$  – коэффициент, учета температуры;  $n_2$  – коэффициент качества воды;  $c$  – растворимость кислорода, мг/л;  $b$  – допустимая минимальная концентрация кислорода, которая не лимитирует скорость окисления ( $b=3$  мг/л).

Таблица 8 - Коэффициент учета температуры и растворимость кислорода в зависимости от температуры

t, °C	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
c, мг/л	12,8	11,3	10,8	10,3	9,8	9,4	9,0	8,7	8,3	8,0	7,7
n <sub>1</sub>	0,5	0,63	0,69	0,76	0,83	0,91	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

3. Объем аэротенка  $V$ , м<sup>3</sup>:

$$V = Q \times \tau \quad (16)$$

где  $Q$  – расход сточной воды, м<sup>3</sup>/ч.

4. Конструктивные размеры аэротенка можно принимать из конструктивных соображений в зависимости от объема сооружения:

4.1. Рабочая глубина ( $H$ ) принимается из типовых размеров (например,  $H=3,2$  м).

4.2. Площадь зеркала воды в аэротенке ( $S$ , м<sup>2</sup>):

$$S = \frac{V}{H} \quad (17)$$

4.3. Длина аэротенка ( $L$ , м):

$$L = 1,5 \times \sqrt{S} \quad (18)$$

Полученное значение  $L$  округляют до ближайшего значения, кратного шагу длины коридора (6 м).

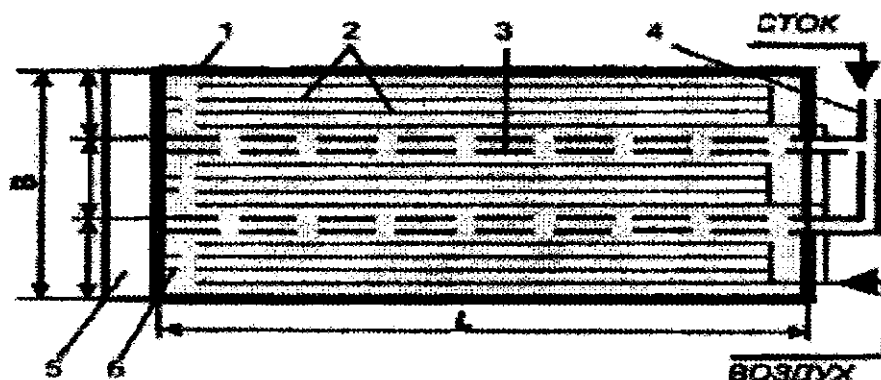
4.4. Ширина аэротенка ( $B$ , м):

$$B = S/L \quad (19)$$

Полученное значение  $B$  округляют до ближайшего значения, кратного типовым размерам ширины коридоров ( $B_1=4,5,6$  или 9 м), при этом число коридоров должно получиться 2,3 или 4:

$$N = B/B_i \quad (20)$$

5. Начертить схему аэротенка (рис.1) с конструкционными размерами.



1- стены; 2- фильтровые трубы; 3- водовыпускные отверстия с затворами; 4- распределительный лоток; 5- водослив; 6- канал осветленной воды.

Рисунок 1 – Схема трехкоридорного аэротенка:

### Задание 3

Расчитать аэротенк (в соответствии с вариантом) и построить его схему.

Таблица 9 – Исходные данные для задания 3.

№ варианта	Сточная вода производства	Q, м <sup>3</sup> /ч	L <sub>0</sub> , мг/л	L <sub>1</sub> , мг/л	ρ, мг/(г×ч)	n <sub>2</sub>	k <sub>1</sub>	a, г/л
1, 10	Хим.-фарм. препаратов	650	150	3	10	0,25	0,25	2
2, 11	Нефтепродуктов	900	1000	5	15	0,3	0,5	6
3, 12	Переработки твердого топлива	800	900	5	13	0,35	0,5	6
4, 13	Каучука	700	800	5	14	0,4	0,45	5
5, 14	Поливинилацетата	500	700	5	16	0,3	0,4	5
6, 15	Синтетических жирных кислот	400	600	4	12	0,35	0,35	5
7, 16	Синтетического спирта	450	500	4	11	0,35	0,3	4
8, 17	С фенолами	550	450	3	14	0,25	0,3	8
9, 18	С анилином	600	400	3	9	0,2	0,3	3

### Контрольные вопросы

1. Дайте определения понятиям ТБО, аэротенк, полигоны
2. Сооружения по обезвреживанию ТБО.

3. Типовые данные для расчета аэротенков.
4. Суть задачи технологического расчета аэротенков.
5. Расчет полигона ТБО.

#### **Список рекомендуемой литературы**

1. Матросов А.С. Управление отходами. – М.: Стройиздат, 2010.
2. Хомич В.А. Экология городской среды: уч. пособие. –М.: Издательство АСВ, 2006.
3. Ерофеев Б.В. Экологическое право. – М.: ИМПИЭ, 1995
4. Об отходах производства и потребления: федер. закон от 24.06.98.
5. Кононович Ю.В. Основы экологического планирования градостроительной деятельности: уч. пособие. – М.: МГСУ, 2009.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



ПРЕДЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2014 г.

**Расчет экологического риска и  
определение индекса вреда от  
употребления в пищу загрязнённых  
продуктов**

Методические указания к проведению практического занятия  
по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды»,  
«Экология Курского края», «Оценка воздействия на окружающую  
среду», «Техногенные системы и экологический риск», «Источники  
загрязнения среды обитания» для студентов всех специальностей и  
направлений

Курск 2014

УДК 614.7

Составители: Е.А. Преликова, В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

**Расчет экологического риска и определение индекса вреда от употребления в пищу загрязнённых продуктов: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Оценка воздействия на окружающую среду», «Техногенные системы и экологический риск», «Источники загрязнения среды обитания» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.А. Преликова, В.В. Протасов. Курск, 2014. 20 с.; Библиогр.: с. 20.**

Представлена методика расчёта экологического риска, определения индекса вреда от употребления в пищу загрязнённых продуктов.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Оценка воздействия на окружающую среду», «Техногенные системы и экологический риск», «Источники загрязнения среды обитания».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать      Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,05. Тираж 30 экз. Заказ 44. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** приобретение знаний и навыков по расчету экологического риска и индекса вреда от употребления в пищу загрязнённых продуктов. Произвести расчет экологического риска и определить индекса вреда от употребления в пищу загрязнённых продуктов.

### **Основные положения**

*Экологический риск* - это оценка на всех уровнях - от точечного до глобального - вероятности появления негативных изменений в окружающей среде, вызванных антропогенным или иным воздействием. Под экологическим риском понимают также вероятностную меру опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время.

Выделяют две основных категории рисков: риск абсолютный и риск относительный.

*Абсолютный риск* - число дополнительных случаев патологических эффектов, вызванных воздействием какого-либо фактора или их комбинации в пересчете единицы дозы и единицы времени на человека. Например, заболевания (частота) вследствие облучения составляют только часть от общего риска, т.е. избыток, обусловленный облучением (мы предполагаем, что воздействие факторов аддитивно) над спонтанным (ожидаемым) уровнем. В самой элементарной форме абсолютный риск характеризуется отношением пострадавших (заболевших не только от облучения) людей к численности популяции.

*Относительный риск* - отношение частоты неблагоприятных эффектов в популяции, подвергшейся воздействию вредного фактора, к частоте таких же эффектов при отсутствии действия фактора (в той же популяции). Под выражением «той же популяции» подразумевается подобие половой, возрастной, этнической и социальной структур.

### **Правила допустимого экологического риска**

- 1) неизбежность потерь в природной среде;
- 2) минимальность потерь в природной среде;
- 3) реальная возможность восстановления потерь в природной среде;

4) отсутствие вреда здоровью человека и необратимость изменений в природной среде;

5) соразмерность экологического вреда и экономического эффекта.

Различают *три главные составляющие экологического риска*:

- оценка состояния здоровья человека и возможного числа жертв;

- оценка состояния биоты (в первую очередь фотосинтезирующих организмов) по биологическим интегральным показателям;

- оценка воздействия загрязняющих веществ, техногенных аварий и стихийных бедствий на человека и окружающую природную среду.

### **Классификация рисков**

Экологический риск, как один из видов риска, можно классифицировать по масштабу проявления, по степени допустимости, по прогнозированию, по возможности предотвращения, по возможности страхования.

Исходя из причин возникновения, можно представить такую классификацию экологических рисков.

*Природно-экологические риски* - риски, обусловленные изменениями в окружающей природной среде.

*Технико-экологические риски* - риски, обусловленные появлением и развитием техносферы:

*Риск устойчивых техногенных воздействий* - риск, связанный с изменениями окружающей среды в результате обычной хозяйственной деятельности;

*Риск катастрофических воздействий* - риск, связанный с изменениями окружающей среды в результате техногенных катастроф, аварий, инцидентов.

*Социально-экологические риски* - риски, обусловленные защитной реакцией государства и общества на обострение экологической обстановки:

*Эколого-нормативный риск* - риск, обусловленный принятием экологических законов и норм или их постоянным ужесточением;



*Эколого-политический риск* - риск, обусловленный экологическими акциями протеста.

*Экономо-экологические риски* - риски, обусловленные финансово - хозяйственной деятельностью.

### **Оценка экологического риска**

*Оценка экологических рисков* - это выявление и оценка вероятности наступления событий, имеющих неблагоприятные последствия для состояния окружающей среды, здоровья населения, деятельности предприятия и вызванного загрязнением окружающей среды, нарушением экологических требований, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Оценка экологических рисков включает следующие этапы:

- установление, какие аварийные ситуации, связанные с загрязнением окружающей среды, могут возникнуть вследствие проекта
- оценка стоимости работ по полному устранению экологически значимых последствий, вызванных аварийной ситуацией каждого вида
- определение вероятностей аварийных ситуаций каждого вида.

### **Методика расчёта экологического риска и определения индекса вреда от употребления в пищу загрязнённых продуктов**

**Индекс ежедневного потребления заражённой воды** можно рассчитать по формуле:

$$I = \frac{C \times V \times n \times t}{m \times N} \quad (1)$$

где I – индекс ежедневного потребления заражённой воды, мг/кг в день;

C – концентрация загрязняющего вещества;

V – потребление воды в сутки, л;

n – частота потребления, день;

t – продолжительность воздействия, год;

m – масса тела человека, кг;

N – частота воздействия, день.

**Риск ежедневного потребления заражённой воды:**

$$Risk = I \times a \quad (2)$$

где  $a$  – фактор злокачественного новообразования,  $(\text{мг/кг в день})^{-1}$

**Дневная доза хронического воздействия от загрязняющего вещества** ( $\text{мг/кг в день}$ ) рассчитывается по формуле (3)

$$E = \frac{C \times V}{m} \quad (3)$$

**Коэффициент вреда загрязняющего вещества:**

$$HI = \frac{E}{D} \quad (4)$$

где  $HI$  – коэффициент вреда загрязняющего вещества;  
 $D$  – пороговое значение загрязняющего вещества,  $\text{мг/кг}$ .

**Общий индекс вреда загрязняющих веществ:**

$$HI_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n HI \quad (5)$$

Если  $HI < 1$ , то ущерба здоровью нет.

**Индекс вреда от употребления в пищу загрязнённых продуктов** ( $\text{мг/кг}$ ) рассчитывается по формуле 6.

$$Ir = \frac{C \times q \times f}{m} \quad (6)$$

где  $q$  – потребление продукта в пищу,  $\text{г/день}$ ;  
 $C$  – концентрация,  $\text{мг/кг}$ ;  
 $f$  – доля загрязнённого продукта в общем объёме потребления;  
 $m$  – масса тела человека,  $\text{кг}$ .

**Индекс вреда, связанный с хроническим потреблением в пищу загрязнённых продуктов:**

$$IR = \frac{Ir}{D} \quad (7)$$

где  $Ir$  – индекс вреда от употребления в пищу загрязнённых продуктов,  $\text{мг/кг}$ ;  
 $D$  – пороговое значение загрязняющего вещества,  $\text{мг/кг}$ .

### Вариант 1

Рассчитайте вероятность возникновения (риск) злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000875 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,029 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### Вариант 2

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 3,5; 0,0035 и 0,0105 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### Вариант 3

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,107 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,8. Потребление рыбы в пищу составляет 6,5 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 70 кг. Время усреднения составляет 70 лет

при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

#### Вариант 4

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000529 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 55 кг; частота потребления 65 дней в году; продолжительность воздействия 65 лет; ежедневное потребление воды 1 л. Период усреднения равен 65 годам при частоте 360 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,031 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

#### Вариант 5

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 2,9; 0,0075 и 0,0095 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

#### Вариант 6

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,267 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,7. Потребление рыбы в пищу составляет 9,5 г/день при частоте

воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 90 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

#### **Вариант 7**

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000569 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 49 кг; частота потребления 90 дней в году; продолжительность воздействия 90 лет; ежедневное потребление воды 1,5 л. Период усреднения равен 90 годам при частоте 330 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,044 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

#### **Вариант 8**

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 3,1; 0,0195 и 0,0049 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 20 кг; частота потребления 80 дней в году; продолжительность воздействия 80 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 80 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

#### **Вариант 9**

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,164 мг/кг. Доля загрязнённого

продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,3. Потребление рыбы в пищу составляет 10,15 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 50 лет, вес тела человека 64 кг. Время усреднения составляет 50 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

#### Вариант 10

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,00170 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 80 кг; частота потребления 25 дней в году; продолжительность воздействия 25 лет; ежедневное потребление воды 3 л. Период усреднения равен 25 годам при частоте 365 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,049 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

#### Вариант 11

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 2,3; 0,0061 и 0,0074 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 73 кг; частота потребления 60 дней в году; продолжительность воздействия 60 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 60 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### Вариант 12

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,457 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,54. Потребление рыбы в пищу составляет 4,5 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 56 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

### Вариант 13

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,0004689 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 61 кг; частота потребления 45 дней в году; продолжительность воздействия 45 лет; ежедневное потребление воды 1 л. Период усреднения равен 45 годам при частоте 361 день за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,015 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### Вариант 14

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 5,9; 0,0031 и 0,0089 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 68 кг; частота потребления 40 дней в году; продолжительность воздействия 40 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 40 годам при частоте 365 дней

за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### Вариант 15

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,4678 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,59. Потребление рыбы в пищу составляет 9,5 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 90 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

### Вариант 16

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000529 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 85 кг; частота потребления 65 дней в году; продолжительность воздействия 65 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 65 годам при частоте 360 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,034 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### Вариант 17

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 2,9; 0,0075 и 0,0095 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году;



продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### Вариант 18

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,27889 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,8. Потребление рыбы в пищу составляет 10,1 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 90 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

### Вариант 19

Рассчитайте вероятность возникновения (риск) злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000875 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,029 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### Вариант 20

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 3,5; 0,0035 и 0,0105 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### **Вариант 21**

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,107 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,8. Потребление рыбы в пищу составляет 6,5 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 70 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

### **Вариант 22**

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000529 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 55 кг; частота потребления 65 дней в году; продолжительность воздействия 65 лет; ежедневное потребление воды 1 л. Период усреднения равен 65 годам при частоте 360 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,031 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### **Вариант 23**

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в

концентрациях 2,9; 0,0075 и 0,0095 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

#### **Вариант 24**

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,267 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,7. Потребление рыбы в пищу составляет 9,5 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 90 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

#### **Вариант 25**

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000569 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 49 кг; частота потребления 90 дней в году; продолжительность воздействия 90 лет; ежедневное потребление воды 1,5 л. Период усреднения равен 90 годам при частоте 330 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,044 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

#### **Вариант 26**

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для

почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 3,1; 0,0195 и 0,0049 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 20 кг; частота потребления 80 дней в году; продолжительность воздействия 80 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 80 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

#### **Вариант 27**

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,164 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,3. Потребление рыбы в пищу составляет 10,15 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 50 лет, вес тела человека 64 кг. Время усреднения составляет 50 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

#### **Вариант 28**

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,00170 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 80 кг; частота потребления 25 дней в году; продолжительность воздействия 25 лет; ежедневное потребление воды 3 л. Период усреднения равен 25 годам при частоте 365 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,049 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### Вариант 29

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 2,3; 0,0061 и 0,0074 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 73 кг; частота потребления 60 дней в году; продолжительность воздействия 60 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 60 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### Вариант 30

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,457 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,54. Потребление рыбы в пищу составляет 4,5 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 56 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

### Вариант 31

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,0004689 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 61 кг; частота потребления 45 дней в году; продолжительность воздействия 45 лет; ежедневное потребление воды 1 л. Период

усреднения равен 45 годам при частоте 361 день за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,015 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### Вариант 32

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 5,9; 0,0031 и 0,0089 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 68 кг; частота потребления 40 дней в году; продолжительность воздействия 40 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 40 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### Вариант 33

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,4678 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,59. Потребление рыбы в пищу составляет 9,5 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 90 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

### Вариант 34

Рассчитайте вероятность (риск) возникновения злокачественного новообразования у человека при потреблении заражённой бензолом воды из частного колодца (известно, что воздействие бензола может привести к заболеванию лейкемией). Сделайте вывод о том, сколько человек подвергается риску заболевания.

Исходные данные: концентрация бензола в воде колодца 0,000529 мг/л; вес человека, подвергающегося воздействию, 85 кг;

частота потребления 65 дней в году; продолжительность воздействия 65 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 65 годам при частоте 360 дней за год. Фактор злокачественного новообразования  $0,034 \text{ (мг/кг в день)}^{-1}$

### Вариант 35

Рассчитайте индекс вреда от неканцерогенного воздействия загрязнённой воды из колодца, содержащей фенол (опасен для почек и печени), нитробензол (опасен для многих органов и систем) и цианид (влияет на функцию щитовидной железы) в концентрациях 2,9; 0,0075 и 0,0095 мг/л соответственно. Сделайте вывод о том, существует ли ущерб здоровью населения.

Исходные данные: вес человека, подвергающегося воздействию, 70 кг; частота потребления 70 дней в году; продолжительность воздействия 70 лет; ежедневное потребление воды 2 л. Период усреднения равен 70 годам при частоте 365 дней за год. Пороговое значение фенола 0,6 мг/кг в день, нитробензола 0,0005 мг/кг в день, цианида 0,002 мг/кг в день.

### Вариант 36

Рассчитайте индекс вреда, связанный с хроническим употреблением в пищу рыбы, загрязнённой фенолом. Концентрация фенола в рыбе равна 0,27889 мг/кг. Доля загрязнённого продукта в общем объёме потребляемой рыбы равна 0,8. Потребление рыбы в пищу составляет 10,1 г/день при частоте воздействия 365 дней в году. Продолжительность воздействия 70 лет, вес тела человека 90 кг. Время усреднения составляет 70 лет при частоте усреднения 365 дней за год. Пороговое значение фенола равно 0,6 мг/кг в день.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятию «Экологический риск».
2. Абсолютный и относительный риски: сходства, отличия.
3. Правила допустимого экологического риска.
4. Составляющие экологического риска.
5. Классификация экологического риска по причинам возникновения.
6. Оценка экологического риска.

### **Список рекомендуемой литературы**

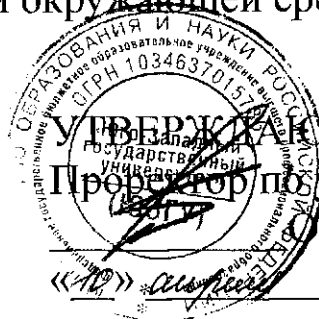
1. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование. -М.: Высш. шк., 2010. - 360.
2. Управление экологическими и экологическими рисками  
Автор: Карлин Л.Н., Абрамов В.М. – М.: РГГМУ, 2006. – 332 с
3. Быков А.А., Соленова Л.Г., Земляная Г.М., Фурман В.Д.  
Методические рекомендации по анализу и управлению риском  
воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей  
среды. - М.: "АНКИЛ", 1999. - 72 с.
4. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и  
природопользование в России. - М.: Финансы и статистика, 1995. - 528 с.



## **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



Проректор по учебной работе

С.Г. Локтионова

2014 г.

# **Порядок определения и расчета производственных показателей и показателей вывоза твёрдых бытовых отходов (ТБО)**

Методические указания к проведению практической работы  
по дисциплинам «Экология», «Оценка воздействия на  
окружающую среду», «Источники загрязнения среды обитания»,  
«Технология основного производства», «Промышленная экология»  
для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2014

УДК 502.5

Составители: Е.А. Преликова, В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

**Порядок определения и расчета производственных показателей и показателей вывоза твёрдых бытовых отходов (ТБО): методические указания к проведению практической работы по дисциплинам «Экология», «Оценка воздействия на окружающую среду», «Источники загрязнения среды обитания», «Технология основного производства», «Промышленная экология» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.А. Преликова, В.В. Протасов. Курск, 2014. 13 с.: табл. 2. Библиогр.: с. 13.**

Представлен порядок определения и расчета производственных показателей и показателей вывоза твердых бытовых отходов (ТБО).

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Экология», «Оценка воздействия на окружающую среду», «Источники загрязнения среды обитания», «Технология основного производства», «Промышленная экология».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 0,76. Уч.-изд.л. 0,68. Тираж 30 экз. Заказ 184. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** ознакомиться с порядком определения и расчёта производственных показателей и показателей вывоза твёрдых бытовых отходов (ТБО).

### Общие положения

Доказано, что для любого населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО) является, в первую очередь, проблемой экологической. При этом важно, чтобы процессы утилизации ТБО не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства и не ухудшали условия жизни населения.

Ранее в регионах отходы складировались в основном на неподготовленных и необустроенных свалках. При такой организации свалок главную роль играли факторы, учитывающие сиюминутную экономию средств при их эксплуатации. Поэтому свалки оказались расположенными в основном на неиспользуемых землях, в отработанных карьерах стройматериалов, вблизи населенных пунктов. Игнорирование роли геологических условий при выборе участков под свалки ТБО и пренебрежение природоохранными мероприятиями привели к тому, что многие свалки стали источниками интенсивного воздействия на природную среду и человека. С каждым годом в регионах усиливается противоречие между городом (основной производитель) и пригородом (куда вывозят отходы на захоронение).

*Вывоз ТБО* - деятельность, связанная с изъятием отходов в течение определенного времени из мест их сбора, включающая в себя комплекс мероприятий, связанных с погрузкой ТБО в транспортное средство, перемещением ТБО от места сбора до места выгрузки и их выгрузкой у конечного пункта для обеспечения последующих работ по обезвреживанию отходов.

*Место сбора* - место перегрузки ТБО из контейнеров в транспортные средства, осуществляющие вывоз ТБО (контейнерная площадка и т.п.).

*Нормы накопления* - количество отходов, образующихся на 1 человека в единицу времени (день, год).

*Обезвреживание ТБО* - специализированная обработка ТБО (захоронении, утилизации, уничтожении перевезенных ТБО).

*Потребители услуг* - население, пользующееся услугами по вывозу ТБО для собственных хозяйственно-бытовых нужд в соответствии с заключенными договорами (далее потребители).

*Расчетный период* - период, на который определяется потребность в финансовых средствах на оказание услуг по вывозу ТБО.

*Рейс* - однократный совокупный цикл движения транспортного средства, начинающийся от гаража или первого места сбора ТБО, включающий объезд территории домовладения до полной загрузки транспортного средства, вывоза ТБО до места их обезвреживания и обратно (до гаража или следующего места сбора).

*Твердые бытовые отходы (ТБО)* - твердые отбросы и другие не утилизируемые в быту вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности людей, в том числе во время ремонта жилых помещений, и крупногабаритные предметы домашнего обихода.

## СОСТАВ И ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫВОЗА ТБО

1. Собственники жилых помещений, управляющая организация, товарищество собственников жилья, жилищный кооператив или иное объединение собственников в зависимости от способа управления многоквартирным домом формируют заказ на вывоз ТБО от объекта до места обезвреживания и выставляют его на конкурс. В конкурсной документации указываются следующие сведения:

- объект;
- местоположение объекта;
- объем вывоза ТБО;
- стартовая стоимость вывоза 1 м<sup>3</sup> и (или) размер средств на оказание услуг по вывозу ТБО от объекта;
- требования к качеству услуг (периодичность вывоза, соответствие санитарным нормам и правилам и пр.);

- другая необходимая для заполнения конкурсная документация.

Объектом может служить город, район, микрорайон, группа : многоквартирных домов или один дом.

2. Вывоз ТБО должен осуществляться в соответствии с установленным графиком. Согласно «Правилам предоставления услуг по вывозу твердых и жидких бытовых отходов» орган местного самоуправления должен определить предельные сроки вывоза бытовых отходов, исходя из необходимости своевременного удаления бытовых отходов, в соответствии с санитарными стандартами.

3. Основными факторами, необходимыми для расчета стоимости 1 м<sup>3</sup> вывоза ТБО и определения финансовых потребностей на вывоз ТБО, являются следующие:

- планируемый объем вывоза ТБО ( $V_{\text{ТБО}}$ );
- средняя по муниципальному образованию производительность транспортных средств (число загруженных контейнеров) ( $P_{\text{сред}}$ );
- планируемое количество мест сбора ТБО;
- среднее расстояние между местами сбора ТБО ( $L^{\text{сб}}$ );
- среднее расстояние транспортировки ТБО до мест его обезвреживания ( $L^{\text{тп}}$ );

3.1. Планируемый объем вывоза ТБО определяется исходя из утвержденных норм накопления ТБО и количества проживающих в жилищном фонде. В случае отсутствия утвержденных норм накопления ТБО - на основании фактических объемов за предыдущий период с учетом прогнозируемых изменений (динамики численности населения, роста потребительских доходов и т.д.).

Норму накопления ТБО рекомендуется устанавливать в куб. м и кг одновременно, с выделением нормы накопления крупногабаритного мусора (КГМ). Норму накопления следует определять на основании результатов технологической экспертизы. Нормы накопления отходов не являются постоянными и изменяются вместе с изменением условий, влияющих на их образование. В связи с этим, рекомендуется ежегодно уточнять нормы накопления ТБО.

Планируемый объем вывоза ТБО ( $V_{\text{ТБО}}$ ) от населения определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{ТБО}} = \mathcal{C}_{\text{нас}} \cdot (H_{\text{ТБО}} + H_{\text{КГМ}}) \quad (1)$$

$\mathcal{C}_{\text{нас}}$  - планируемая на расчетный период численность населения, проживающего в обслуживаемом жилищном фонде, чел.;

$H_{\text{ТБО}}$ ,  $H_{\text{КГМ}}$  - норма накопления ТБО (без учета КГМ) и норма накопления КГМ соответственно, куб.м/чел. на расчетный период.

3.2. Средняя по муниципальному образованию производительность транспортных средств ( $P_{\text{Фед}}^{\text{расч}}$ ) - средневзвешенная величина, которая определяется исходя из отношения однократного суммарного объема вывоза ТБО всеми транспортными средствами\*, оказывающими услуги по вывозу ТБО на объекте, к количеству данных транспортных средств:

$$P_{\text{Фед}}^{\text{расч}} = \frac{\sum_{j=1}^{j-1} P_j}{S} \quad (2)$$

$P_{\text{Фед}}^{\text{расч}}$  - расчетная средняя производительность транспортных средств, куб.м.;

$S$  - количество транспортных средств, ед.;

$P_j$  - средняя производительность  $j$ -го транспортного средства с учетом коэффициента уплотнения (в соответствии с техническими характеристиками, определенными заводом-изготовителем), куб.м.

\**Определяется на основании производительности транспортного средства с учетом коэффициента уплотнения (в соответствии с техническими характеристиками, определенными заводом-изготовителем).*

При определении суммарного объема не учитывается объем транспортных средств, осуществляющих вывоз КГМ. Для транспортных средств, осуществляющих вывоз КГМ, средняя производительность определяется отдельно аналогично указанной выше формуле.

Марка и модель транспортного средства принимается посредством определения наименьшего отклонения полученной

величины средней производительности от производительности имеющихся на рынке транспортных средств.

3.3. Планируемое количество мест сбора ТБО определяется исходя из их фактического значения в предыдущем периоде с учетом планируемого изменения в расчетном периоде. На основании планируемого количества мест сбора и количества контейнеров определяется среднее количество остановок, необходимое для полной загрузки транспортного средства принятой производительности.

3.3.1. Среднее количество остановок ( $O$ ), совершаемое транспортным средством принятой производительности, определяется следующим образом:

$$O = \frac{P_{\text{сред}}}{(V_{\text{конт}} \cdot N_{\text{сред}})} \quad (3)$$

$P_{\text{сред}}$  – средняя производительность принятого в расчетах транспортного средства по вывозу ТБО, куб.м.;

$V_{\text{конт}}$  – объем одного контейнера, куб.м.;

$N_{\text{сред}}$  – среднее количество контейнеров, приходящихся на 1 остановку, ед.

3.3.2. Среднее количество контейнеров, приходящихся на 1 остановку ( $N_{\text{сред}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{сред}} = \frac{N_{\text{конт}}}{(N_{\text{кам}} + N_{\text{площ}})} \quad (4)$$

$N_{\text{конт}}$  – количество контейнеров, подлежащих расстановке, ед.;

$N_{\text{кам}}$  – количество мусороприемных камер, ед.;

$N_{\text{площ}}$  – количество контейнерных площадок, ед.

3.3.3. Количество контейнеров, подлежащих расстановке, для вывоза планируемого объема ТБО ( $N_{\text{конт}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{конт}} = N_{\text{кам}} + N_{\text{площ}} \cdot n_{\text{конт}} \quad (5)$$

$n_{\text{конт}}$  – среднее количество контейнеров на 1 контейнерной площадке, ед.

3.4. Данные о среднем расстоянии между местами сбора ТБО необходимы для расчета пробега транспортного средства для осуществления сбора ТБО ( $L_{сб}$ ), который определяется исходя из количества остановок ( $O$ ), совершаемых транспортным средством и среднего расстояния между местами сбора ( $L_{ост}$ ) и среднего нулевого пробега\*, приходящегося на 1 рейс.

$$L_{сб} = O \cdot L_{ост} + L_0 \quad (6)$$

\*Среднее расстояние от гаража до 1 места сбора за 1 рейс и от полигона до гаража в конце рабочей смены, км.

3.5. Годовое число часов работы транспортного средства ( $\Gamma_{ч}$ ) определяется произведением количества календарных дней в году, продолжительности смены и коэффициента использования транспортных средств:

$$\Gamma_{ч} = D_{к} \cdot П \cdot K_{исп} \quad (7)$$

$D_{к}$  - число календарных дней в году, дней;

$П$  - продолжительность смены (принимается равной 8 часам), час;

$K_{исп}$  - коэффициент использования, который равен отношению количества машино-дней в работе к количеству дней в году, в течение которых оказывается услуга по вывозу ТБО (принимается равным 0,7).

### **Задание**

Рассчитать производственные показатели и показатели вывоза твердых бытовых отходов от населения в соответствии с вариантом.

### Пример расчета производственных показателей и показателей вывоза ТБО

*Исходные данные, необходимые для определения производственных показателей и показателей вывоза ТБО:*

- муниципальное образование расположено в Московской области;

- численность населения, проживающего в многоквартирных жилых домах ( $Ч_{нас}$ )- 50 000 чел.;



- установленная норма накопления ТБО ( $H_{\text{ТБО}}$ ) - 1,5 куб.м./чел. в год;
- количество контейнерных площадок ( $N_{\text{площ}}$ ) - 25 ед.;
- количество мусороприемных камер ( $N_{\text{кам}}$ ) - 486 ед.;
- периодичность вывоза ТБО - ежедневно;
- количество транспортных средств, осуществляющих вывоз ТБО в данном муниципальном образовании ( $S$ ) - 12 ед.;
- средняя производительность транспортных средств, осуществляющих вывоз ТБО в данном муниципальном образовании, с учетом коэффициента уплотнения –  $P_1$  - 22 куб.м (4 ед.);  $P_2$  - 13,5 куб.м (4 ед.);  $P_3$  - 17 куб.м (2 ед.);  $P_4$  - 40 куб.м (2 ед.);
- среднее расстояние между местами сбора ТБО ( $L^{\text{сб}}$ ) - 400 м;
- объем 1 контейнера ( $V_{\text{конт}}$ ) - 0,75 куб.м.;
- среднее количество контейнеров на площадке ( $n_{\text{конт}}$ ) - 4 ед.;

1.1. Планируемый объем вывоза ТБО ( $V_{\text{ТБО}}$ ) от населения определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{ТБО}} = \text{Ч}_{\text{нас}} \cdot H_{\text{ТБО}} = 50000 \cdot 1,5 = 75000 \text{ м}^3$$

1.2. Определение средней производительности транспортных средств ( $P_{\text{сред}}^{\text{расч}}$ ):

$$P_{\text{сред}}^{\text{расч}} = \frac{\sum_{j=1}^{j=4} P_j}{S} = \frac{22 \cdot 4 + 13,5 \cdot 4 + 17 \cdot 2 + 40 \cdot 2}{12} = 21,3$$

где  $P_{\text{сред}}^{\text{расч}}$  - расчетная средняя производительность транспортных средств,  $\text{м}^3$ .

1.3. Количество контейнеров, подлежащих расстановке, для вывоза планируемого объема ТБО ( $N_{\text{конт}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{конт}} = N_{\text{кам}} \times n_{\text{конт}} + N_{\text{площ}} = 25 \times 4 + 486 = 586 \text{ ед.}$$

1.4. Среднее количество контейнеров, приходящихся на 1 остановку ( $N_{\text{сред}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{сред}} = \frac{N_{\text{конт}}}{(N_{\text{кам}} + N_{\text{площ}})} = \frac{586}{25 + 486} = 1,1$$

1.5. Среднее количество остановок ( $O$ ), совершаемое транспортным средством принятой производительности, определяется следующим образом:

$$O = P_{\text{сред}} / N_{\text{сред}} \times V_{\text{конт}} = 21,3 / 0,75 \times 1,1 = 26 \text{ ост}$$

1.6. Пробег транспортного средства для осуществления сбора ТБО ( $L_{сб}$ ). Нулевой пробег за 1 рейс принят в размере 4 км.

$$L_{сб} = O \cdot L_{ост} + L_0 = 26 \cdot 0,4 + 4,0 = 14,40 \text{ км}$$

1.7. Годовое число часов работы транспортного средства ( $\Gamma_{ч}$ )

$$\Gamma_{ч} = D_{к} \cdot П \cdot K_{исп} = 365 \cdot 8 \cdot 0,7 = 2044 \text{ маш.-часа}$$

Таблица 1

Норматив общеэксплуатационных расходов в зависимости от объема вывоза ТБО

Объем вывоза ТБО, тыс. куб.м	Рекомендуемый норматив общеэксплуатационных расходов, в процентах от фонда оплаты труда рабочих, %
свыше 250	60-64
250-101	65-69
100-51	70-79
50-10	80-90
менее 10	91-100

Таблица 2

Исходные данные для определения производственных показателей и показателей вывоза ТБО от населения

№ вар	Географическое положение муниципального образования	Численность населения, чел. $Ч_{нас}$	Норма накопления ТБО, $м^3/чел$ в год $Н_{ТБО}$	Кол-во контейнерных площадок, ед. $N_{плоч}$	Кол-во мусороприемных камер, шт. $N_{кам}$	Средняя производ-ть ТС, $м^3$ $P_1, P_2, P_3, P_4$ , (ед.)				Среднее расстояние между местами сбора, м $L_{ост}$	Среднее расстояние транспортировки ТБО до места обезвреживания, км $L^{тр}$	Объем 1 контейнера, $м^3$ $V_{конт}$	Среднее кол-во контейнеров на площадке, ед. $n_{конт}$	Кол-во ТС, осуществляющих вывоз ТБО, ед. $S$
						$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$					
1	Ивановская область	40	1,3	27	470	20	10	15	40	380	13	0,75	3	11
2	Курская область	47	1,4	20	480	22	11	14	41	360	12	0,75	4	12
3	Воронежская область	50	1,36	30	498	23	12	17	42	400	15	0,75	3	13
4	Липецкая область	49	1,47	14	485	24	11	18	43	410	10	0,75	4	10
5	Орловская область	61	1,46	16	460	21	13	18	44	360	17	0,75	4	11
6	Белгородская область	55	1,45	28	470	22	14	19	45	460	14	0,75	3	13
7	Брянская область	48	1,4	25	430	24	10	17	42	480	16	0,75	4	12
8	Тамбовская	40	1,32	30	460	23	12	16	43	500	10	0,75	3	12

	область													
9	Рязанская область	57	1,37	25	465	25	13	15	43	380	11	0,75	3	11
10	Самарская область	51	1,4	27	450	26	14	18	42	410	12	0,75	2	12
11	Московская область	66	1,5	26	470	23	12	16	41	420	13	0,75	4	13
12	Тульская область	42	1,47	24	450	22	11	17	40	370	14	0,75	4	12
13	Саратовская область	52	1,5	21	480	24	10	13	44	350	15	0,75	3	13
14	Костромская область	39	1,4	20	465	25	13	15	43	500	10	0,75	2	11
15	Мурманская область	44	1,32	21	485	23	14	16	44	430	12	0,75	3	12
16	Новгородская область	53	1,39	17	460	27	15	18	42	410	15	0,75	4	10
17	Псковская область	48	1,4	19	480	25	12	18	41	440	14	0,75	4	11
18	Смоленская область	46	1,41	22	450	22	13	17	40	460	17	0,75	3	13
19	Пензенская область	33	1,39	18	430	23	14	19	39	450	11	0,75	2	12
20	Кировская область	26	1,49	24	440	21	12	16	46	420	16	0,75	4	11

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятия «Твердые бытовые отходы (ТБО)», «Нормы накопления», «Потребители услуг», «Рейс», «Расчетный период».
2. Как осуществляется вывоз твердых бытовых отходов?
3. Что представляет собой обезвреживание ТБО?
4. Какие сведения должны быть отражены в документации по вывозу и обезвреживанию ТБО?
5. Норматив общеэксплуатационных расходов в зависимости от объема вывоза ТБО.
6. Порядок и расчет производственных показателей и показателей вывоза ТБО.

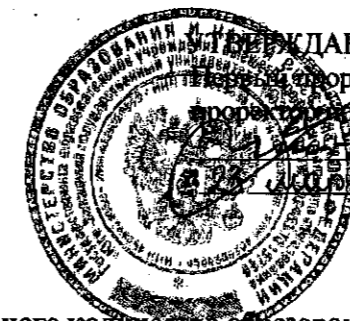
## Список рекомендуемой литературы

1. Матросов А.С. Управление отходами. – М.: Стройиздат, 2010.
2. Хомич В.А. Экология городской среды: уч. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2006.
3. Ерофеев Б.В. Экологическое право. – М.: ИМПИЭ, 1995
4. Об отходах производства и потребления: федер. закон от 24.06.98.
5. Кононович Ю.В. Основы экологического планирования градостроительной деятельности: уч. пособие. – М.: МГСУ, 2009.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Юго – Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



профессор – директор –  
учебной работе  
Е.А. Кудряшов  
2011 г.

**Расчет нормативного количества образования отходов от  
автотранспортных предприятий**

Методические указания к проведению практической работы  
студентов специальностей 280101 «Безопасность жизнедеятельности  
в техносфере», 280202 «Инженерная защита окружающей среды»

-КУРСК 2011

УДК 78.147:355.58 (075.8)

Составители: Г.П. Тимофеев, В.В. Юшин, П.Н. Северенчук

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент В.В. Протасов

**Расчет нормативного количества образования отходов от автотранспортных предприятий: методические указания к проведению практической работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Г.П. Тимофеев, В.В. Юшин, П.Н. Северенчук. Курск, 2011. 24 с.: табл. 7, Библиогр.: с. 24.**

Представлены методики расчетов по определению нормативного количества образования отходов автотранспортных предприятий.

Предназначены для студентов специальностей 280202 «Инженерная защита окружающей среды» и 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 21.03.11 Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 30 экз. Заказ 245. Бесплатно.

Юго – Западный государственный университет,  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

*Цель работы:* изучить методики расчета нормативного количества образования отходов на автотранспортных предприятиях.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### Проблемы обращения с отходами на автотранспортных предприятиях

Действующее законодательство Российской Федерации, нормативная документация федерального уровня определяют правовые основы обращения с отходами производства и потребления и устанавливают для всех физических и юридических лиц обязанности в вопросах природопользования, соблюдения санитарных норм и правил.

Федеральный закон «Об отходах производства и потребления»; «Временные правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления» распространяются на предприятия, объединения, организации, учреждения независимо от форм собственности и ведомственной подчиненности, физических лиц, а также иностранных юридических лиц (далее именуются природопользователи), осуществляющих любые виды деятельности на территории Российской Федерации, в результате которой образуются, используются, обезвреживаются, складываются и захораниваются отходы производства и потребления, за исключением радиоактивных отходов.

Согласно Федеральному закону «Об отходах производства и потребления», индивидуальные предприниматели и юридические лица при эксплуатации предприятий, зданий, строений, сооружений и иных объектов, связанной с обращением с отходами, обязаны:

- соблюдать экологические, санитарные и иные требования, установленные законодательством Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды и здоровья человека;
- разрабатывать проекты нормативов образования отходов и лимитов на размещение отходов в целях уменьшения количества их образования.

Разрабатываемые проекты содержат информацию, являющуюся основой для установления нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, которые должны быть установлены для

каждого природопользования в соответствии с новым Федеральным законом «Об охране окружающей среды». Полученные нормативы служат основой для платы за негативное воздействие на окружающую среду, которую необходимо осуществлять в соответствии со ст. 16 Федерального закона «Об охране окружающей среды».

Предприятия обязаны своевременно осуществлять вывоз образующихся отходов, так как длительное хранение отходов на своей территории приводит к ухудшению качества земель и загрязнению природных сред.

Эти требования декларируются в новом Федеральном законе «Об охране окружающей среды», согласно которому отходы производства и потребления подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия и способы которых должны быть безопасны для окружающей среды (ст. 51). В соответствии с этой же статьей закона определены запрещающие условия при обращении с отходами.

На автотранспортных предприятиях, а также предприятиях, имеющих на балансе значительное количество автотранспорта и самостоятельно осуществляющих техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств, проблема обращения с отходами особенно актуальна, так как в процессе их работы образуется более 15 видов отходов производства, в том числе II и III класса опасности.

Отходы производства на рассматриваемых предприятиях образуются при ремонте и техническом обслуживании автотранспорта. Как правило, на предприятиях производятся работы по ремонту двигателей, устранение неисправностей в агрегатах автомобилей, изготовление и ремонт деталей и узлов автомашин. Производятся контрольно-диагностические, крепежные, регулировочные и другие работы, замена масла в маслосистемах автомобилей.

В таблице 1 представлен перечень отходов производства, образующихся на автотранспортном предприятии. Остановимся более подробно на анализе отходов, перечисленных в таблице.

При ремонте и техническом обслуживании автотранспорта производится замена отдельных деталей и узлов автомобилей, отслуживших свой срок. При этом в качестве отходов образуются

лом черных металлов (отработанные металлические детали автомобилей), мусор промышленный (отработанные неметаллические детали автомобилей), фильтры, загрязненные нефтепродуктами (топливные и масляные фильтры), фильтр картонный (воздушные фильтры), отработанные накладки тормозных колодок, шины с металлокордом, шины с тканевым кордом.

Отработанные аккумуляторы могут сдаваться на переработку в собранном или разобранном состоянии. В зависимости от этого, на предприятии могут образовываться разные виды отходов. В случае, если отработанные аккумуляторные батареи разбираются, то образуются следующие виды отходов: лом цветных металлов (в зависимости от типа аккумулятора), отходы полимерные (пластмассовый корпус батареи), отработанный электролит аккумуляторных батарей после его нейтрализации или осадок от нейтрализации электролита. Если нейтрализации электролита на предприятии не производится, в качестве отходов образуются отработанные аккумуляторы.

При замене отработанных масел образуются следующие виды отходов: отработанное моторное масло, отработанное трансмиссионное масло. При замене масла в гидравлических системах экскаваторов образуется отработанное гидравлическое масло.

Для ликвидации проливов масла в гаражах могут использоваться древесные опилки и песок, в результате чего в качестве отходов образуются древесные опилки, загрязненные нефтепродуктами, либо грунт, содержащий нефтепродукты.

В процессе технического обслуживания автотранспорта для протирки замасленных поверхностей используется ветошь. Промасленная ветошь, образующаяся при этом, направляется в отходы.

Кроме вышеперечисленных отходов производства, на автотранспортных предприятиях, как и на других, образуются отходы потребления - бытовые отходы, отработанные люминесцентные лампы трубчатые, отработанные ртутные лампы для наружного освещения (в случае использования ртутных ламп для освещения территории и помещений предприятия), смет с



территории, канализационные отходы, не содержащие токсичных металлов.

Расчет образования производственных отходов производится, исходя из нормативных сроков работы соответствующих деталей автомашин, принятых в автомобильной промышленности.

Расчет отработанных аккумуляторов производится исходя из количества аккумуляторов каждого типа, установленных на автотранспортных средствах, веса аккумуляторов вместе с электролитом, эксплуатационного срока службы аккумуляторов. Суммирование производится по всем маркам аккумуляторов. Эксплуатационный срок службы аккумуляторов и вес аккумуляторов по маркам указан в справочной литературе [4].

В случае, если отработанный электролит сливается из аккумуляторов, вес аккумулятора берется без электролита; а расчет отработанного электролита аккумуляторных батарей ведется отдельно с использованием справочных данных, приведенных в справочной литературе [4].

Расчет отработанных масляных, топливных и воздушных фильтров производится исходя из количества автотранспортных средств, находящихся на балансе предприятия, количества фильтров, установленных на каждой автомашине, веса фильтров, среднегодового пробега автотранспорта и нормы пробега подвижного состава каждой марки до замены фильтровальных элементов. Норма пробега подвижного состава до замены фильтров берется по справочным данным [5].

Расчет количества лома черных металлов, образующегося при ремонте автотранспортных средств производится исходя из среднегодового пробега каждого автомобиля, нормы пробега подвижного состава до ремонта, удельного норматива замены деталей из черных металлов при ремонте. Норма пробега подвижного состава до ремонта указана в справочной литературе [5]. Удельный норматив замены деталей из черных металлов, как правило, составляет 1 - 10 % и определяется по данным инвентаризации.

Нормативное количество отработанных накладок тормозных колодок определяется исходя из количества автомашин, количества тормозных накладок, установленных на одной автомашине, массы

одной накладки, среднегодового пробега автомобилей каждой марки, нормы пробега подвижного состава до замены накладок тормозных колодок, которая определяется по справочным данным [5].

Расчет нормативного количества отработанных автомобильных шин - шин с тканевым кордом и шин с металлокордом производится исходя из количества автомашин, находящихся на балансе предприятия, количества шин, установленных на автомашине каждой марки, веса одной изношенной шины каждой марки, среднегодового пробега автомобиля каждой марки, нормы пробега подвижного состава каждой марки до замены шин. Рекомендуемые типы шин для автомашин различных марок, а также количество автомашин, установленных на автомобилях различных марок и вес шин приведены в справочной литературе [4,7] или в технической документации, прилагаемой к поставляемым шинам.

Расчет отработанного моторного масла и отработанного трансмиссионного масла может быть произведен двумя способами. В первом случае расчет производится через расход топлива. Исходными данными для расчета являются норма расхода топлива на 100 км пробега, среднегодовой пробег автомобилей, нормы расхода масла на 100 л топлива, норма сбора отработанных нефтепродуктов. Норма расхода топлива и норма расхода масла по маркам автомобилей определяется по справочным данным [11], либо по технической документации на автотранспорт. Норма сбора отработанных нефтепродуктов составляет, согласно [8,9] 0,9. Расчет производится отдельно по каждому виду масла.

При расчете отработанного моторного и трансмиссионного масла через объем системы смазки исходными данными для расчета являются объем масла, заливаемого в автомашины каждой марки при ТО [4], среднегодовой пробег каждого автомобиля, нормы пробега подвижного состава до замены масла.

Количество осадка очистных сооружений мойки автотранспорта и всплывающих нефтепродуктов нефтеловушек (при отсутствии реагентной обработки) рассчитывается исходя из годового расхода сточных вод, концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов до очистных сооружений, концентрации взвешенных веществ после очистных сооружений, влажности осадка. При использовании для

очистки реагентов необходимо учесть количество осадка, образующегося от применяемого количества реагентов.

Годовой расход сточных вод определяется с учетом нормативного расхода воды на мойку одного автомобиля и количества моек автомобилей в год. Нормативный расход воды на мойку одного автомобиля указан справочной литературе [6].

Концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов до и после очистных сооружений указаны в технической документации на очистные сооружения или определяются по результатам анализов контроля сточных вод.

В случае отсутствия технической документации на очистные сооружения, мойки автотранспорта и результатов анализов контроля сточных вод, концентрации нефтепродуктов и взвешенных веществ в сточных водах для автотранспортных предприятий, принимаются в соответствии со справочными нормативными данными [6].

Если в составе очистных сооружений мойки автотранспорта имеются фильтры для очистки от нефтепродуктов, то при их замене в качестве отхода образуются фильтры, загрязненные нефтепродуктами. Их расчет производится исходя из веса отработанного фильтра, их количества и периодичности замены по паспортным данным на очистные сооружения.

По целому ряду отходов (мусор промышленный, древесные опилки, загрязненные нефтепродуктами, грунт, содержащий нефтепродукты) нормативное количество отходов определяется по среднефактическим данным предприятия за последние 2 года.

Временное хранение отходов, образующихся при ремонте и эксплуатации автотранспорта, должно осуществляться в специально отведенных оборудованных для этого местах. При хранении отходов должно быть исключено их воздействие на почву, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух.

Большая часть отходов, образующихся на автотранспортных предприятиях, подлежит утилизации на специализированных предприятиях по переработке отходов (шины с металлокордом и тканевым кордом, грунт, содержащий нефтепродукты, отработанные масла, всплывающие нефтепродукты нефтеловушек, осадки очистных сооружений мойки автотранспорта, отработанные

аккумуляторы, отработанный электролит аккумуляторных батарей, а также отработанные люминесцентные лампы).

Отработанные люминесцентные и ртутные лампы утилизируются на специализированных предприятиях. (МУП «Курские городские коммунальные сети»).

Отходы от эксплуатации автотранспорта, не подлежащие вторичной переработке (ветошь промасленная, мусор промышленных, отработанные накладки тормозных колодок, фильтры, загрязненные нефтепродуктами, фильтры картонные) вывозятся на заводы МПБО с целью их захоронения с учетом соблюдения требований охраны окружающей среды.

Перечень отходов, образующихся при эксплуатации автотранспорта

Таблица 1.

№ п/п	Класс опасности	Код отхода	Куда направляются	Наименование отходов
1	II - III	012.02	захоронение/переработка	Всплывающие нефтепродукты нефтеловушек
2	II - III	012.12	захоронение/переработка	Отработанное моторное масло
3	II - III	012.20	захоронение/переработка	Отработанное трансмиссионное масло
4	IV	013.01	захоронение/переработка	Осадки ОС мойки автотранспорта
5	III - IV	013.06	захоронение	Древесные опилки, загрязненные нефтепродуктами
6	III - IV	013.07	захоронение	Ветошь промасленная
7	III - IV	013.09	захоронение/переработка	Грунт, содержащий нефтепродукты
8	III - IV	013.13	захоронение	Фильтры, загрязненные нефтепродуктами
9	I - III	043.01	захоронение	Отработанные

№ п/п	Класс опасности	Код отхода	Куда направляются	Наименование отходов
				электролиты аккумуляторных батарей
10	II - IV	043.04	захоронение/очистные сооружения	Отработанный электролит аккумуляторных батарей после его нейтрализации
11	IV	052.01	захоронение	Отработанные накладки тормозных колодок
12	IV	150.01	переработка	Лом черных металлов
13	IV	150.07	переработка	Огарки сварочных электродов
14	IV	200.02	переработка	Шины металлокордом
15	IV	200.03	переработка	Шины с тканевым кордом
16	II - IV	215.01	переработка	Отработанные аккумуляторы
17	IV	059.01	захоронение	Мусор промышленный
18	II - III	012.13	захоронение/переработка	Отработанное гидравлическое масло

**ВЫЧИСЛЕНИЕ НОРМАТИВНОГО КОЛИЧЕСТВА  
ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Расчет нормативного количества образования отработанных аккумуляторов (таблица 2).**

Расчет нормативного образования отработанных аккумуляторов выполнен, исходя из количества установленных аккумуляторов (по

данным предприятия), сроков их эксплуатации и весе аккумулятора. Расчет проводится по формуле:

$$N = \sum N_{\text{авт.}i} \times n_i / T_i, \text{ шт./год}, \quad (1)$$

где -  $N_{\text{авт.}i}$  - кол-во автомашин, снабженных аккумуляторами  $i$ -го типа;

$n_i$  - количество аккумуляторов в автомашине, шт.;

$T_i$  - эксплуатационный срок службы аккумуляторов  $i$ -й марки, год.

Вес образующихся отработанных аккумуляторов равен:

$$M = \sum N_i \times m_i \times 10^{-3}, \text{ (т/год)}, \quad (2)$$

где:  $N_i$  - количество отработанных аккумуляторов  $i$ -й марки, шт./год;

$m_i$  - вес аккумуляторной батареи  $i$ -го типа без электролита.

**Расчет нормативного количества образования отработанного электролита аккумуляторных батарей (таблица 2).**

Расчет отработанного электролита произведен по формуле:

$$M = \sum N_i \times m_i, \text{ л}, \quad (3)$$

где:  $N_i$  - количество отработанных аккумуляторов  $i$ -й марки, шт./год;

$m_i$  - вес электролита в аккумуляторе  $i$ -й марки, л.

Плотность отработанного электролита составляет 1,27 кг /л.

**Расчет нормативного количества образования отработанного электролита аккумуляторных батарей после его нейтрализации (таблица 2).**

Расчет отработанного электролита произведен по формуле:

$$M = \sum N_i \times m_i, \text{ л}, \quad (4)$$

где:  $N_i$  - количество отработанных аккумуляторов  $i$ -й марки, шт./год;

$m_i$  - вес электролита в аккумуляторе  $i$ -й марки, л.

Количество осадка, образующегося при нейтрализации электролита, определяется по формуле:

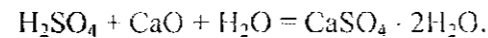
$$M_{\text{ос.эл.}} = M + M_{\text{пр.}} + M_{\text{вода}}, \quad (5)$$

где  $M$  - количество осадка, образующегося в соответствии с уравнением реакции;

$M_{\text{пр.}}$  - количество примесей извести, перешедшее в осадок;

$M_{\text{вода}}$  - содержание воды в осадке.

Нейтрализация электролита негашеной известью проходит по следующему уравнению:



Количество образующегося осадка  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в соответствии с уравнением реакции равно:

$$M = 172 \times M_3 \times C / 98, \text{ т/год}, \quad (6)$$

где:  $M_3$  - количество отработанного электролита, т;

$C$  - массовая доля серной кислоты в электролите,  $C = 0,35$ ;

172 - молекулярный вес кристаллогидрата сульфата кальция;

98 - молекулярный вес серной кислоты.

Количество извести ( $M_{\text{из}}$ ), необходимое для нейтрализации электролита, рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{из}} = (56 \times M_3 \times C) / (98 \times P), \quad (7)$$

где: 56 - молекулярный вес оксида кальция;

$P$  - массовая доля активной части в извести,  $P = 0,6$ .

Количество примесей извести ( $M_{\text{пр.}}$ ), перешедшее в осадок, составляет:

$$M_{\text{пр.}} = M_{\text{из}} \cdot (1 - P), \quad (8)$$

Содержание воды в осадке рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{вода}} = M_3 \times (1 - C) - M_3 \times C \times 18/98 = M_3 (1 - 1,18C), \quad (9)$$

Количество образующегося влажного осадка с учетом примесей в извести равно:

$$M_{\text{ос.вл.}} = M + M_{\text{пр.}} + M_{\text{вода}}, \quad (10)$$

#### Расчет нормативного количества образования фильтров, загрязненные нефтепродуктами (таблица 3).

Расчет норматива образования отработанных фильтров, образующихся при эксплуатации автотранспорта, производится по формуле:

$$M = \sum N_i \times n_i \times m_i \times L_i / L_{\text{нi}} \times 10^{-3}, \text{ (т/год)}, \quad (11)$$

где  $N_i$  - количество автомашин  $i$ -й марки, шт.;

$n_i$  - количество фильтров, установленных на автомашине  $i$ -ой марки, шт.;

$m_i$  - вес одного фильтра на автомашине  $i$ -ой марки, кг;

$L_i$  - средний годовой пробег автомобиля  $i$ -ой марки, тыс. км / год;

$L_{\text{нi}}$  - норма пробега подвижного состава  $i$ -ой марки до замены фильтровальных элементов, тыс. км.

\* замена воздушных фильтров производится через 20 тыс. км пробега или 200 мт × час;

\*\* замена масляных и топливных фильтров производится через 10 тыс. км пробега или 100 мт × час.

#### Расчет нормативного количества образования отработанных накладок тормозных колодок (таблица 4).

Расчет количества отработанных накладок тормозных колодок производится по формуле:

$$M = \sum N_i \times n_i \times m_i \times L_i / L_{\text{нi}} \times 10^{-3}, \text{ (т/год)}, \quad (12)$$

где  $N_i$  - количество автомашин  $i$ -й марки, шт.;

$n_i$  - количество накладок тормозных колодок на автомашине  $i$ -ой марки, шт.;

$m_i$  - вес одной накладки тормозной колодки на автомашине  $i$ -й марки, кг;

$L_i$  - средний годовой пробег автомобиля  $i$ -й марки, тыс. км/год;

$L_{\text{нi}}$  - норма пробега подвижного состава  $i$ -ой марки до замены накладок тормозных колодок, тыс. км.

Норма пробега подвижного состава до замены накладок тормозных колодок составляет для легковых и грузовых автомобилей 10 тыс. км, для тракторов и погрузчиков - 1000 моточасов.

**Расчет нормативного количества образования отработанного моторного масла (таблица 5).**

Расчет количества отработанного моторного и трансмиссионного масла производится по формуле:

$$M = \sum N_i \times q_i \times n_i \times L_i \times H \times \rho 10^{-4}, \quad (13)$$

где:  $N_i$  - количество автомашин  $i$ -й марки, шт.;  
 $q_i$  - норма расхода топлива на 100 км пробега, л/100 км.;  
 $L_i$  - средний годичный пробег автомобиля  $i$ -й марки, тыс. км/год;  
 $n_i$  - норма расхода масла на 100 л топлива, л/100 л;  
 норма расхода моторного масла для карбюраторного двигателя  
 $n_{mk} = 2,4$  л/100 л;  
 норма расхода моторного масла для дизельного двигателя  
 $n_{md} = 3,2$  л/100 л;  
 норма расхода трансмиссионного масла для карбюраторного двигателя  
 $n_{тк} = 0,3$  л/100 л;  
 норма расхода трансмиссионного масла для дизельного двигателя  
 $n_{тд} = 0,4$  л/100 л.  
 $H$  - норма сбора отработанных нефтепродуктов, доли от 1;  
 $H = 0,13$   
 $\rho$  - плотность отработанного масла, кг/л,  $\rho = 0,9$  кг/л.

**Расчет нормативного количества образования шин (таблица 6).**

Расчет количества отработанных шин с металлокордом и с тканевым кордом производится по формуле:

$$M = \sum (N_i \times n_i \times m_i \times L_i) / (L_{ш} \times 10^{-3}), \quad (14)$$

где  $N_i$  - количество автомашин  $i$ -й марки, шт.;  
 $n_i$  - количество шин, установленных на автомашине  $i$ -ой марки, шт.;  
 $m_i$  - вес одной изношенной шины данного вида, кг;  
 $L_i$  - средний годовой пробег автомобиля  $i$ -й марки, тыс. км/год;  
 $L_{ш}$  - норма пробега подвижного состава  $i$ -ой марки до замены шин, тыс. км.

**Расчет нормативного количества отработанного гидравлического масла (таблица 7).**

Расчет отработанного гидравлического масла, образующегося при одной замене масла в картерах гидравлических систем экскаваторов определяется по формуле:

$$M = \sum N_i \times V \times k_c \times \rho 10^{-3}, \quad (15)$$

где:  $N_i$  - количество единиц экскаваторов  $i$ -й марки, шт.;  
 $V$  - объем масляного картера экскаваторов  $i$ -й марки, л;  
 $k_c$  - коэффициент сбора отработанного масла,  $k_c = 0,9$ ;  
 $\rho$  - плотность отработанного масла, кг/л,  $\rho = 0,9$  кг/л.

**Варианты заданий.**

По состоянию на 1.01.2011 г. на балансе предприятия стоит следующая автотранспортная техника:

**Вариант 1.**

Автомобили ЗИЛ 433360 – 3 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 35000 км; ГАЗ 33021 – 2 шт. 1998 г. выпуска, среднегодовой пробег 28000 км.; ГАЗ 3110 – 1 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 24000 км.; УАЗ 3741 – 1 шт. 1995 г. выпуска, среднегодовой пробег 18000 км.; трактор МТЗ 80 – 1 шт. 1993 г. выпуска, моторесурс 18000 час.; экскаватор ЭО 2621 – 2 шт. 1993 г. выпуска, моторесурс 22000 час.

**Вариант 2.**

Автомобили ЗИЛ 433360 – 2 шт. 1998 г. выпуска, среднегодовой пробег 33000 км.; ГАЗ 33021 – 3 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 23000 км.; ГАЗ 3110 – 1 шт. 1997 г. выпуска, среднегодовой пробег 24000 км.; УАЗ 3741 – 1 шт. 1995 г. выпуска, среднегодовой пробег 16000 км.; трактор МТЗ 80 – 2 шт. 1995 г. выпуска, моторесурс 18000 час.; экскаватор ЭО 3323 – 2 шт. 1993 г. выпуска, моторесурс 22000 час.

## Вариант 3.

Автомобили ЗИЛ 431610 – 2 шт. 1997 г. выпуска, среднегодовой пробег 30000 км.; ГАЗ 33021 – 4 шт. 1996 г. выпуска, среднегодовой пробег 20000 км.; ГАЗ 3110 – 1 шт. 1997 г. выпуска, среднегодовой пробег 24000 км.; УАЗ 3741 – 1 шт. 1995 г. выпуска, среднегодовой пробег 16000 км.; трактор МТЗ 80 – 4 шт. 1996 г. выпуска, моторесурс 18000 час.; экскаватор ЭО-3323 – 2 шт. 1995 г. выпуска, моторесурс 20000 час.

## Вариант 4.

Автомобили ГАЗ 322132 – 15 шт.; 5 машин 2003 г. выпуска; среднегодовой пробег 40000 км.; 5 машин 2005 г. выпуска; среднегодовой пробег 44000 км.; 5 машин 2007 г. выпуска, среднегодовой пробег 50000 км.; ГАЗ 3110 – 1 шт. 2000 г. выпуска, среднегодовой пробег 24000 км.; экскаватор ЭТЦ 165 – 1 шт. 1998 г. выпуска, моторесурс 20000 час.; автопогрузчик 4014 – 1 шт., 1995 г. выпуска, моторесурс 18000 час.

## Вариант 5.

Автомобили ГАЗ 322132 – 25 шт.; 10 машин 2005 г. выпуска; среднегодовой пробег 50000 км.; 10 машин 2007 г. выпуска; среднегодовой пробег 60000 км.; 5 машин 2009 г. выпуска, среднегодовой пробег 70000 км.; ГАЗ 3110 – 1 шт. 2002 г. выпуска, среднегодовой пробег 25000 км.; экскаватор ЭТЦ 165 – 1 шт. 1995 г. выпуска, моторесурс 24000 час.; автопогрузчик 4014 – 1 шт., 1994 г. выпуска, моторесурс 28000 час.

## Вариант 6.

Автомобили ГАЗ 3110 – 10 шт. 2003 г. выпуска, среднегодовой пробег 35000 км.; «Тайота» - 5 шт. 2006 г. выпуска, среднегодовой пробег 40000 км. экскаватор ЭТЦ 165 – 1 шт. 1998 г. выпуска, моторесурс 20000 час.; автопогрузчик 4014 – 1 шт., 1996 г. выпуска, моторесурс 26000 час. УАЗ 3741 – 1 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 16000 км.; трактор МТЗ 80 – 2 шт. 1996 г. выпуска, моторесурс 28000 час.

## Вариант 7.

Автомобили ЗИЛ 433360 – 10 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 35000 км.; ГАЗ 33021 – 5 шт. 1998 г. выпуска, среднегодовой пробег 30000 км.; ГАЗ 3110 – 2 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 25000 км.; УАЗ 3741 – 1 шт. 1995 г. выпуска, экскаватор ЭТЦ 165 – 4 шт. 1998 г. выпуска, моторесурс 20000 час.; автопогрузчик 4014 – 6 шт., 1996 г. выпуска, моторесурс 15000 час.

## Вариант 8.

Автомобили ЗИЛ 433360 – 20 шт. 1997 г. выпуска, среднегодовой пробег 30000 км.; ГАЗ 33021 – 15 шт. 2001 г. выпуска, среднегодовой пробег 25000 км.; ГАЗ 3110 – 2 шт. 2001 г. выпуска, среднегодовой пробег 25000 км.; УАЗ 3741 – 1 шт. 1995 г. выпуска, экскаватор ЭТЦ 165 – 6 шт. 1998 г. выпуска, моторесурс 20000 час.; автопогрузчик 4014 – 12 шт., 1996 г. выпуска, моторесурс 15000 час.

## Вариант 9.

Автомобили ГАЗ 3110 – 5 шт. 2003 г. выпуска, среднегодовой пробег 30000 км.; «Тайота» - 5 шт. 2006 г. выпуска, среднегодовой пробег 40000 км. экскаватор ЭТЦ 165 – 1 шт. 1998 г. выпуска, моторесурс 20000 час.; автопогрузчик 4014 – 1 шт., 1996 г. выпуска, моторесурс 26000 час. УАЗ 3741 – 1 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 16000 км.; автомобиль М 2142 – 10 шт. 2003 г. выпуска, среднегодовой пробег 24000 км.

## Вариант 10.

Автомобили ЗИЛ 433360 – 5 шт. 2001 г. выпуска, среднегодовой пробег 40000 км.; ГАЗ 33021 – 8 шт. 2003 г. выпуска, среднегодовой пробег 28000 км.; ГАЗ 3110 – 1 шт. 2003 г. выпуска, среднегодовой пробег 24000 км.; УАЗ 3741 – 5 шт. 1999 г. выпуска, среднегодовой пробег 18000 км.; трактор МТЗ 80 – 3 шт. 1998 г. выпуска, моторесурс 18000 час.; экскаватор ЭО 2621 – 2 шт. 1993 г. выпуска, моторесурс 22000 час., экскаватор ЭТЦ 165 – 2 шт. 1999 г. выпуска, моторесурс 24000 час.

Результаты расчетов представить в виде таблиц 2,3,4,5,6,7.

## Исходные данные и результаты расчета нормативного количества образования отходов.

Таблица 2

Марка аккумулятора	Масса аккумулятора с электролитом, кг.	Кол-во электролита в одной батарее, л	Кол-во отработанных аккумуляторов, шт.	Вес аккумулятора, кг	Кол-во отработанного электролита, л	Кол-во отработанного электролита после нейтрализации, л	Масса* отработанных аккумуляторов, т/год
6СТ-55	22	3.8		17,3			
6СТ-60	25	4.2		19,5			
6СТ-75	31	5.1		23,8			
6СТ-90	36	6.0		28,5			
6СТ-190	60	12.0		58,0			
<b>Итого:</b>							

\*Нормативный срок службы аккумуляторов 3 года.

Таблица 3

Марка автомашин	Кол-во машин шт.	Вес воздушн. фильтра, кг	Вес топливн. фильтра, кг	Вес маслян. фильтра, кг	Среднегодовой пробег, тыс.км.	Вес отработ. возд. фильтров, кг	Вес отработ. топливн. фильтров, кг**	Вес отработ. маслян. фильтров, кг**
ЗИЛ 433360		0,5	0,1	1,5				
ЗИЛ 431610		0,5	0,1	1,5				
ГАЗ 33021		0,4	0,06	1,3				
ГАЗ 3110		0,13	0,03	1,2				
УАЗ 3741		0,15	0,03	1,2				
ГАЗ 322132		0,13	0,03	0,6				
Автопогрузчик 4014		0,13	0,03	0,6				
МТЗ 80		0,5	0,1	1,5				
М2142		0,1	0,03	1,1				
«Тайота»		0,2	0,08	1,4				
<b>Итого:</b>								

\* замена воздушных фильтров производится через 20 тыс. км пробега или 200 мт × час;

\*\* замена масляных и топливных фильтров производится через 10 тыс. км пробега или 100 мт × час.

Таблица 4

Марка автомашин	Кол-во машин, шт.	Кол-во накладок тормозных колодок, устан. на 1 а/м	Вес накладки тормозной колодки, кг	Среднегодовой пробег, тыс. км	Вес отработанных накладок тормозных колодок, кг
ЗИЛ 433360		8	0,53		
ЗИЛ 431610		8	0,53		
ГАЗ 33021		8	0,4		
ГАЗ 3110		8	0,4		
УАЗ 3741		8	0,4		
ГАЗ 322132		8	0,3		
Автопогрузчик 4014		8	0,3		
М2141		8	0,2		
«Тойота»		8	0,3		
МТЗ-80		8	0,53		
<b>Итого:</b>					

Таблица 5

Марка автомашины	Кол-во	Норма расхода топлива на 100 км пробега	Средний годовой пробег автомобиля, тыс. км/год	Тип двигателя	Кол-во отработанных масел	
					моторн.	трансм.
Тойота		18,0		бенз.		
ГАЗ-3110		15,4		бенз.		
ГАЗ-33021		15,4		бенз.		
ЗИЛ 433360		33,6		диз.		
УАЗ-3741		19,2		бенз.		
ЗИЛ 431610		19,0		диз.		
ГАЗ 322132		21,0		бенз.		
Автопогрузчик 4014		10,3		диз.		
М 2141		12,0		бенз.		
МТЗ 80		16,0		диз.		
				<b>Итого:</b>		



Таблица 6

Марка автомашины	Кол-во а/м шт.	Кол-во шин на а/м, шт.	Марка автошин	Тип корда	Среднегодовой пробег, тыс. км	Норма пробега а/м до замены шин, тыс. км	Вес отработанной шины, кг	Кол-во отработанных шин, шт.	Масса отработанных шин, т
Тайота		4	205/70R14	Ткань		40	12		
ГАЗ 3110		4	195/65R15	»		33	8,9		
ГАЗ 33021		4	175/80R16	»		33	12		
ГАЗ 322132		6	175/80R16	»		33	12		
М2141		4	175/70R14	»		33	8		
УАЗ 3741		4	215/90R15	Металл		70	20		
ЗИЛ 433360		6	260R508	»		36	42,1		
ЗИЛ 431610		6	260/R508	»		57	42,1		
Автопогрузчик 4014		6	260/K508	»		90	42,1		
						<b>Итого:</b>			

Сведения по транспортным средствам, имеющим гидравлические системы, представлены в таблице 7.

Таблица 7

Марка автотранспортного средства	Кол-во	Объем картера	Количество отработанного масла, т
Экскаватор ЭО-2621		90 л	
Экскаватор ЭО-3323		120 л	
Экскаватор ЭТЦ-165		23 л	

Время работы каждого экскаватора - 1500 моточасов в год. Согласно паспортным данным на экскаваторы, замена масла производится через 960 часов работы, т.е. 1,5 раза в год. В 2005, 2007, 2009 гг. планируется по 2 замены индустриального масла, в 2006, 2008 гг. - 1 замена.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы обязанности индивидуальных предпринимателей и юридических лиц при эксплуатации предприятий.
2. Какие требования предъявляются к отходам производства, согласно ст.51 Федерального закона «Об охране окружающей среды».
3. Какие отходы образуются на автотранспортном предприятии.
4. Что собой представляют отходы 2-го, 3-го и 4-го класса опасности.
5. Дайте определение методике расчета нормативного количества образования отходов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ от 24 июня 1998 г.
2. «Временные правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации», утвержденные Минприродой России 15 июля 1994 г.
3. Федеральный Закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10 января 2002 г.
4. Краткий автомобильный справочник. М., Транспорт, 1985.
5. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М., Транспорт, 1986.
6. Завьялов С.Н. Мойка автомобилей. (Технология и оборудование) М., Транспорт, 1984.
7. Вторичные материальные ресурсы номенклатуры Госнаба (образование и использование). Справочник. М., Экономика, 1987 г.
8. ГОСТ «Покрышки и камеры изношенные» ТУ, ГОСТ 8407-84
9. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. ОНТП – 01-91. Минавтотранс РСФСР. М., 1991 г.
10. Методические указания по нормированию сбора отработанных масел и автотранспортных предприятиях Министерства автомобильного транспорта РСФСР МУ-200-РСФСР-12-0207-83. М., 1984 г.
11. Нормы расхода топлива и ГСМ. М., «Приор», 1996.
12. Геевик Д.Г. Справочник смазчика. М., Машиностроение 1990.
13. Сборник методик по расчету объемов образования отходов. Санкт-Петербург, 2000 г.
14. Методические указания по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение. М., 2007 г.