



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автомобильные дороги»

## **Методические указания**

к выполнению практических занятий  
для магистров очной и заочной форм обучения  
по дисциплине

# **«Современные технологии и оборудование, применяемые при производстве дорожно- строительных материалов»**

Автор  
Саенко С.С.

Ростов-на-Дону, 2018



## Аннотация

Методические указания предназначены для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 08.04.01 «Строительство».

## Автор

К.Т.Н.,                    доцент                    кафедры  
«Автомобильные дороги» Саенко С.С.





## Оглавление

<b>Практическая работа № 1. Тепловой расчет оборудования</b>	<b>4</b>
<b>Практическая работа № 2. Расчет потребности завода в электричестве и воде</b>	<b>11</b>
<b>Практическая работа № 3. Расчет валовых выбросов пыли</b>	<b>13</b>
Расчет валовых выбросов твердых частиц при сжигании топлива	18
Расчет валовых выбросов ангидрида сернистого (серы диоксид)	18
Расчет валовых выбросов оксидов азота	20
Расчет валовых выбросов оксида углерода	21
Расчет валовых выбросов мазутной золы	22
<b>Рекомендуемая литература</b>	<b>23</b>

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ

Тепловой расчёт битумохранилища ямного типа

Разогрев битума в хранилище производят в два этапа:

*1-й* – разогрев битума донными нагревателями, уложенными на дне хранилища до температуры текучести битума, равной 60 °С.

Так как дно имеет уклон, битум подтекает к приямку.

*2-й* – разогрев битума в приямке до температуры, при которой возможна его перекачка насосом – 90 °С.

Далее нагретый битум насосом перекачивается по трубопроводам в битумоплавильные котлы.

Количество тепла, необходимое для нагрева битума в хранилище (*1-й этап*), ккал/ч:

$$Q^{хран} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (1)$$

где  $Q_1$  – количество тепла, затрачиваемое на плавление битума, ккал/ч;

$Q_2$  – количество тепла, затрачиваемое на подогрев битума в хранилище, ккал/ч;

$Q_3$  – потери тепла в окружающую среду, ккал/ч.

$$Q_1 = \mu G, \quad (2)$$

где  $\mu$  – скрытая теплота плавления битума, ккал/ч;  $\mu = 30$  ккал/кг.

$$Q_2 = G c_{\sigma} (t_2^{хран} - t_1^{хран}), \quad (3)$$

где  $c_{\sigma}$  – теплоёмкость битума, ккал/кг·°С, зависящая от его температуры;

Температура битума, °С	Теплоёмкость битума, ккал/кг·°С
30 – 50	0,30 – 0,35
70 – 80	0,35 – 0,40
110 – 130	0,40 – 0,50

$t_1$  и  $t_2$  – температура битума в начале и конце подогрева, °С.

	$t_1$	$t_2$
Для хранилища	10	60
Для приемки	60	90

Потери тепла при разогреве битума в битумохранилищах происходят от битума через дно и стенки, а также от зеркала битума.

$$Q_3 = \alpha_{\text{дн}}^{\text{хран}} \cdot F_{\text{дн}}^{\text{хран}} (t_{\text{ср}}^{\text{хран}} - t_{\text{окр.ср}}) + \alpha_{\text{зеркало}} \cdot F_{\text{зеркало}} (t_{\text{ср}}^{\text{хран}} - t_{\text{возд}}), \quad (4)$$

где  $\alpha_{\text{дн+стен}}^{\text{хран}}$ ,  $\alpha_{\text{зеркало}}$  – коэффициент теплоотдачи от битума к дну и стенкам хранилища и от зеркала битума к воздуху соответственно, ккал/м<sup>2</sup>ч°С, ккал/м<sup>2</sup>ч°С. Принимаются равны-

ми  $\alpha_{\text{дн+стен}}^{\text{хран}} = 0,4$  ккал/м<sup>2</sup>ч°С,  $\alpha_{\text{зеркало}} = 0,13$  ккал/м<sup>2</sup>ч°С;

$F_{\text{дн}}^{\text{хран}}$  – площадь днища битумохранилища, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{ср}}^{\text{хран}}$  – средняя температура битума в хранилище, °С.

$$t_{\text{ср}}^{\text{хран}} = \frac{(t_1^{\text{хран}} + t_2^{\text{хран}})}{2};$$

$t_{\text{окр.ср}}$  – температура окружающей среды, °С. Принимается равной 10 °С;

$F_{\text{зеркало}}$  – площадь зеркала битума в хранилище, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{возд}}$  – температура воздуха, °С. Принимается равной 25 °С.  
Количество тепла, необходимое для нагрева битума в при-

ямке (2-й этап), ккал/ч:

$$Q^{\text{прямк}} = Q_4 + Q_5, \quad (5)$$

где  $Q_4$  – количество тепла, затрачиваемое на догрев битума в  
прямке, ккал/ч;

$Q_5$  – потери тепла в окружающую среду, ккал/ч.

$$Q_4 = Gc_{\bar{o}}(t_2^{\text{прямк}} - t_1^{\text{прямк}}), \quad (6)$$

$$Q_5 = \alpha_{\text{дн+стен}}^{\text{прямк}} F_{\text{дн+стен}}^{\text{прямк}} (t_{\text{ср}}^{\text{прямк}} - t_{\text{окр.ср}}) + \\ + \alpha_{\text{зеркало}} F_{\text{зеркало}} (t_{\text{ср}}^{\text{прямк}} - t_{\text{возд}}), \quad (7)$$

где  $\alpha_{\text{дн+стен}}^{\text{прямк}}$  – коэффициент теплоотдачи от битума к дну и  
стенкам прямка, ккал/м<sup>2</sup>ч°С. Принимается равным  
0,4 ккал/м<sup>2</sup>ч°С;

$F_{\text{дн+стен}}^{\text{прямк}}$  – площадь днища и стенок прямка (для торцевых  
прямок учитываются только стенки, контактирующие с  
окружающей средой; для внутреннего прямка учитывается  
только площадь днища), м<sup>2</sup>;

$t_{\text{ср}}^{\text{прямк}}$  – средняя температура битума в прямке, °С.

$$t_{\text{ср}}^{\text{прямк}} = \frac{(t_1^{\text{прямк}} + t_2^{\text{прямк}})}{2};$$

$F_{\text{зеркало}}$  – площадь зеркала битума в прямке, м<sup>2</sup>.

Расчет паровой системы нагрева

Расход пара на подогрев битума в битумохранилище и в  
прямке, кг:

$$N^{\text{хран}} = \frac{Q^{\text{хран}}}{q}, \quad N^{\text{прямк}} = \frac{Q^{\text{прямк}}}{q}, \quad (8)$$

где  $q$  – теплосодержание пара, ккал/кг,  $q=662,3$  ккал/кг.

Поверхность нагрева паровых труб (змеевиков) для нагрева днища битумохранилища и битума в приемке, м<sup>2</sup>:

$$F_n^{хран} = \frac{Q^{хран}}{k \left( \frac{T_n + T_o}{2} - \frac{t_1^{хран} + t_2^{хран}}{2} \right)};$$

$$F_n^{прямк} = \frac{Q^{прямк}}{k \left( \frac{T_n + T_o}{2} - \frac{t_1^{прямк} + t_2^{прямк}}{2} \right)}, \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи через стенки стальных труб регистров. Принимается равным 40 ккал/(м<sup>2</sup> ч °С);  
 $T_n$  – температура насыщенного пара при давлении  $P = 0,8$  МПа,  $T_n = 169,6$  °С;  
 $T_o$  – температура конденсата при давлении  $P = 0,2$  МПа,  $T_o = 119,6$  °С.

Расчёт электрической системы нагрева

При электрической системе нагрева разогрев битума в битумохранилище осуществляют спиральными нагревательными элементами из стальной проволоки диаметром 5 мм, навитой на асбестоцементные трубы (шпалы), которые укладываются секциями на полу битумохранилища, либо нагревателями заводского производства – нагревателями погружными пластиковыми (НПП) или герметичными оребренными ТЭНами.

Необходимая мощность нагревательных секций, кВт:

$$P^{хран} = \frac{Q^{хран}}{860} \quad (\text{в хранилище});$$

$$P^{прямк} = \frac{Q^{прямк}}{860} \quad (\text{в приемке}).$$

Расчёт масляной системы нагрева

При масляном нагреве часовой расход масла, кг/ч

$$P_M = \frac{Q^{хран} + Q^{прямк}}{c_M (t_{м.вх} - t_{м.вых})}, \quad (10)$$

где  $c_M$  – удельная теплоёмкость масла, ккал/(кг·°С).  $c_M = 0,43$ -

Современные технологии и оборудование, применяемые при  
 производстве дорожно-строительных материалов

0,5 ккал/(кг·°C);

$t_{м.вх}$  – температура масла на входе в змеевики битумохранилища, °C.  $t_{м.вх} = 250-270$  °C;

$t_{м.вых}$  – температура масла на выходе из змеевиков битумохранилища, °C.  $t_{м.вых} = 60-80$  °C.

После разогрева битума в приемке битумохранилища до 80-90 °C вязущее при помощи битумного насоса перекачивают в битумоплавильную установку (битумные ёмкости, оборудованные различными системами нагрева), где осуществляется обезвоживание битума (при необходимости) и нагрев до рабочей температуры.

## Расчет битумоплавильных котлов

Определение часовой производительности котла, т/ч:

$$\Pi_K = \frac{V_k k_g k_n}{t_3 + t_H + t_B}, \quad (11)$$

где  $V_k$  – рабочая ёмкость котла, т. Принимается равной 12, 15 или 30 т;

$k_g$  – коэффициент использования котла по времени,

$k_g = 0,85-0,9$ ;

$k_n$  – коэффициент наполнения котла,  $k_n = 0,75-0,8$ ;

$t_3$  – время заполнения котла, ч,  $t_3 = \frac{V_k k_n}{\Pi_n}$ ,

$t_g$  – время выгрузки битума, ч,  $t_g = \frac{V_k k_n}{\Pi_n}$ ,

$\Pi_n$  – производительность насоса, т/ч. Принимается равной 30 т/ч;

$t_H$  – время выпаривания и нагрева битума до рабочей температуры, ч.  $t_H = \frac{860 P^{котёл}}{Q^{котёл}}$ ;

$P^{котёл}$  – мощность нагревательных элементов в котле, кВт. Принимается 42 кВт для котла вместимостью 12 т, 51 кВт

Современные технологии и оборудование, применяемые при  
 производстве дорожно-строительных материалов

для котла вместимостью 15 т, 69 кВт для котла вместимостью 30т;

$Q_{котёл}$  – количество тепла, необходимое для обезвоживания и нагрева битума в котле, ккал/ч,

$$Q^{котёл} = Q_6 + Q_7 + Q_8, \quad (12)$$

где  $Q_6$  – количество тепла, необходимое для нагрева битума от начальной температуры  $t_1^{котёл} = 90^\circ C$  до рабочей температуры  $t_2^{котёл} = 150^\circ C$ , ккал/ч;

$Q_7$  – количество тепла, необходимое для выпаривания влаги из битума, ккал/ч;

$Q_8$  – потери тепла в окружающую среду, ккал/ч.

$$Q_6 = G \cdot c_b (t_2^{котёл} - t_1^{котёл}); \quad (13)$$

$$Q_7 = G \cdot W \cdot c_B (t_{кипения} - t_1^{котёл}), \quad (14)$$

где  $W$  – содержание воды в битуме(принимается по заданию), доли единиц;

$c_B$  – теплоёмкость воды, ккал/кг·°С.  $c_B = 1$  ккал/кг·°С;

$t_{кипения}$  – температура кипения воды, °С.

$$Q_8 = \alpha_{поверх}^{котёл} F_{поверх}^{котёл} (t_{ср}^{котёл} - t_{окр.ср}^1), \quad (15)$$

где  $\alpha_{поверх}^{котёл}$  – коэффициент теплоотдачи от поверхности котла в окружающую среду, ккал/м<sup>2</sup>ч·°С. Принимается равным 21,9 ккал/м<sup>2</sup>ч·°С;

$F_{поверх}^{котёл}$  – площадь поверхности котла, м<sup>2</sup>. Для котла, вместимостью 12 т – 30 м<sup>2</sup>, 15 т – 36 м<sup>2</sup>, 30 т – 50 м<sup>2</sup>;

$t_{ср}^{котёл}$  – средняя температура битума в котле, °С.

$$t_{ср}^{котёл} = \frac{(t_1^{котёл} + t_2^{котёл})}{2};$$

$t_{окр.ср}^1$  – температура окружающей среды, °С. Принимается  
равной 30 °С.

Определение необходимого количества котлов

$$i_k = \frac{Gk_n}{П_k} + 1, \quad (16)$$

где  $k_n$  – коэффициент неравномерного потребления битума,  
 $k_n = 1,0-1,2$ .

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ ЗАВОДА В ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И ВОДЕ

Потребное количество электроэнергии, кВт,

$$N_{э} = 1,1k_c \left( \frac{\sum P_c}{\cos \varphi} + \sum P_{\text{в}} + \sum P_{\text{н}} \right), \quad (1)$$

где  $k_c$  – коэффициент, учитывающий потери мощности,

$$k_c = 1,25-1,60;$$

$P_c$  – суммарная мощность всех силовых установок, кВт,

$$P = 250 \text{ кВт};$$

$P_{\text{в}}$  – суммарная мощность внутреннего освещения, кВт,

(табл. 1);

$P_{\text{н}}$  – суммарная мощность наружного освещения, кВт,

(табл. 1);

$$\cos \varphi = 0,9.$$

**Таблица 1**

### Нормы расхода электроэнергии

Наименование	Норма освещённости, Вт/м <sup>2</sup>
<b>Наружное освещение:</b>	
Склад щебня, песка	1
Проходы и проезды	3
Площадка для стоянки автомашин	3
Площадка около сушильного и смесительного агрегатов	5
<b>Внутреннее освещение:</b>	
Битумохранилище	5
Мастерские и бытовые помещения	15
Санитарно-бытовые помещения	9
Контора и столовая	20

Общий расход воды, м<sup>3</sup>/ч,

$$B = (B_n + B_{\sigma}) \frac{K_y}{K_m}, \quad (2)$$

где  $K_y = 1,1$ ;

$K_m = 1,6$ ;

$B_n$  – расход воды на производственные нужды,  $B_n = 10-30$   
м<sup>3</sup>/ч;

$B_{\sigma}$  – расход воды на бытовые нужды, потребление,

$B_{\sigma} = 0,15-0,45$  м<sup>3</sup>/ч.

Расход воды на восстановление запаса в пожарном резер-  
вуаре, м<sup>3</sup>/ч,

$$B_{\text{пож}} = \frac{8 \cdot 3,6 q_{\text{пож}}}{T}, \quad (3)$$

где  $q_{\text{пож}}$  – расчётный расход воды на тушение пожара,

$q_{\text{пож}} = 5-10$  л/с;

$T$  – время заполнения резервуара,  $T = 24$  ч.

Диаметр трубы водопроводной сети, м,

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4(B + B_{\text{пож}})}{3600\pi V}}, \quad (4)$$

где  $V$  – скорость движения воды,  $V = 1,0-1,5$  м/с.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ПЫЛИ

Валовый выброс пыли, отходящей от сушильного, смесительного и помольного агрегатов, рассчитывают по формуле

$$M_n = 3600 \times 10^{-6} \times t \times V \times C, \text{ т/год} \quad (1)$$

где:  $t$  – время работы технологического оборудования в год, ч;  
 $V$  – объем отходящих газов, м<sup>3</sup>/с (табл. 2.4);  
 $C$  – концентрация пыли, поступающей на очистку, г/м<sup>3</sup> (табл. 1).

Максимально разовый выброс рассчитывают по формуле:

$$G = V \times C, \text{ г/с} \quad (2)$$

Концентрацию пыли в отходящих газах после их очистки рассчитывают по формуле:

$$C_1 = C(100 - h) \times 10^{-2}, \text{ г/м}^3 \quad (3)$$

где:  $h$  – коэффициент очистки пылегазовой смеси, % (табл. 1).

При транспортировании минерального материала (песок, щебень) ленточным транспортером выброс пыли с 1 м транспортера (максимально разовый выброс) рассчитывают по формуле.

$$G_T = W_c \times l \times g \times 10^3, \text{ г/с} \quad (4)$$

где:  $W_c$  – удельная сдуваемость пыли ( $W_c = 3 \times 10^{-5}$  кг/(м<sup>2</sup> × с);  
 $l$  – ширина конвейерной ленты м;  
 $g$  – показатель измельчения горной массы (для ленточных транспортеров  $g = 0,1$  м).

Валовый выброс пыли рассчитывают по формуле:

$$M_n = 3600 \times 10^{-6} \times t_1 \times G_T, \text{ т/год} \quad (5)$$

где:  $t_1$  – время работы транспортера в год, ч.

**Таблица 1**
**Техническая характеристика источников выделения**

№№ п/ п	Параметры	Значение параметров асфальтосмесительных установок											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Тип асфальто-смесительных установок	ДС-168	ДС-1683	ДС-185 (ДС-1852, ДС-1854, ДС-1859)	Д-597 (типа)	Д-597-А (Д-508-2А)	ДС-117-2К (ДС-117-2Е)	Д-617	Д-617-2	Д-645-2	Тельтомат 100 МА 5/3-5	ДС-158	Сушильный барабан СМ - 168 в комплекте с шаровой мельницей ОМ-136
2	Производительность номинальная, т/ч	130-160	130-160	42-48	25	25	32-42 (25-30)	50	50	100	100	50	
3	Характеристика газоочистного оборудования (тип, ступень)	Предварительная ступень – прямоточный осевой циклон диаметром 1256 мм	I ступень – прямоточный осевой циклон, диаметром 1256 мм	I ступень – прямоточный осевой циклон диаметром 700 мм	I ступень – 4 циклона ЦН-15, диаметром 500 мм	I ступень – 4 циклона СДК ЦН-33, диаметром 800 мм	I ступень – 4 циклона СДК ЦН-33, диаметром 800 мм	I ступень – 8 циклонов ЦН-15, диаметром 650 мм	I ступень – 8 циклонов ЦН-15, диаметром 650 мм	I ступень – 12 циклонов ЦН-15, диаметром 650 мм	Пылеулавливающая установка Е6 А-5- S , 4 циклонные батареи	I ступень – 8 циклонов ЦН-15, диаметром 650 мм	I ступень – 2 циклона ЦН-15, диаметром 450 мм
		I ступень очистки – 10 циклонов СЦН-40 диаметром 1000 мм	II ступень – 10 циклонов СЦН-40, диаметром 1000 мм	II ступень – 4 циклона СЦН-40 диаметром 1000 мм	II ступень – барботажный пылеуловитель "Светлана"	II ступень -циклон промыватель СИОТ	II ступень – ротоклон	II ступень – циклон – промыватель СИОТ	II ступень – ротоклон	II ступень – ротоклон	-	II ступень – ротоклон	II ступень – циклон-промыватель СИОТ
		II ступень очистки – мокрый пылеуловитель ударно-инерционного действия типа ПВМ	III ступень – труба "Вентури"	III ступень – труба "Вентури"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Общая средняя эффективность системы пылеулавливания, %	99,80	99,93	99,80	82,00	75,00	90,00	75,00	85,00	85,00	95,00	99,20	85,00



5	Характеристика источника выброса: высота дымовой трубы, м	18,900	18,900	17,610	18,000	18,000	19,000	18,500	18,500	18,500	30,000	18,00	10,000
	диаметр устья, м	1,655	1,655	0,793	0,500	0,500	1,000	1,000	1,000	1,200	1,000	1,000	0,600
6	Параметры газовой смеси на выходе из источника выбросов: - скорость, м/с	5,63	4,50	8,30	16,80	22,40	7,00	10,50	7,00	11,00	17,80	7,50	13,80
	- объем, м <sup>3</sup> /с	12,10	9,60	4,17	3,30	4,00	5,60	8,30	5,50	12,50	14,00	6,00	3,90
	температура, °С	60	60	50	60	75	75	75	75	70	150	75	80
7	Концентрация пыли, поступающей на очистку, г/м <sup>3</sup> (С)	310-330	320-340	190-210	27	30	30	46	16	13	11	46	37

## Современные технологии и оборудование, применяемые при производстве дорожно-строительных материалов

Выброс пыли при погрузке, разгрузке и складировании минерального материала можно ориентировочно рассчитать по формуле:

$$M_c = b \times \Pi \times Q \times K_{1w} \times K_{2x} \times 10^{-2}, \text{ т/год} \quad (6)$$

где:  $b$  – коэффициент, учитывающий убыль материалов в виде пыли, долях единицы,  $b_{\text{щебня}} = 0,03$ ;  $b_{\text{песка}} = 0,05$ ;  
 $\Pi$  – убыль материала, % (назначается по табл. 2);  
 $Q$  – масса строительного материала, т/год;  
 $K_{1w}$  – коэффициент, учитывающий влажность материала (назначается по табл. 3);  
 $K_{2x}$  – коэффициент, учитывающий условия хранения (табл. 4).

Максимально разовый выброс рассчитывают по формуле:

$$G_c = \frac{M_c \cdot 10^6}{3600 \cdot n \cdot t_2}, \text{ г/с} \quad (7)$$

где:  $n$  – количество дней работы АБЗ в году;  
 $t_2$  – время работы в день, ч.

**Таблица 2**
**Нормативы естественной убыли (потерь) дорожно-строительных материалов, % (  $\Pi$  )**

Материал	Вид хранения и укладка	При складском хранении	При погрузке	При разгрузке
1	2	3	4	5
Щебень, в т.ч. черный	Открытый склад в штабелях	0,5	0,4	0,4
гравий, <a href="#">песок</a>	При механизированном складировании	1,6	0,4	0,4
Цемент, минеральный порошок, известь	Закрытые склады: - силосного типа	0,1	0,25	0,25
комковатая	- бункерного типа и амбарные	1,2	0,5	0,6

Холодный асфальт	Открытый склад (в штабелях или под навесом)	0,7	0,25	0,25
Битум, деготь, эмульсия, смазочные материалы и т.п.	Ямные хранилища закрытого типа или резервуары Хранилища, открытые с боков	0,5 0,5	0,1 0,1	до 0,2 0,1

**Таблица 3**  
**Зависимость  $K_{1w}$  от влажности материала**

Влажность материала, %	$K_{1w}$
0-0,5	1
свыше 0,5 до 1,0	0,9
свыше 1,0 до 3,0	0,8
свыше 3,0 до 5,0	0,7
свыше 5,0 до 7,0	0,6
свыше 7,0 до 8,0	0,4
свыше 8,0 до 9,0	0,2
свыше 9,0 до 10	0,1
свыше 10	0,01

**Таблица 4**  
**Зависимость  $K_{2x}$  от местных условий**

Местные условия	$K_{2x}$
Склады, хранилища открытые:	
- с 4-х сторон	1,0
- с 3-х сторон	0,5
- с 2-х сторон	0,2
- с 1-й стороны	0,1
- загрузочный <a href="#">рукав</a>	0,01
- закрытые с 4-х сторон	0,005

Общий валовый выброс пыли определяют путем суммирования валовых выбросов от всех источников пыли на АБЗ.

### Расчет валовых выбросов твердых частиц при сжигании топлива

Валовый выброс твердых частиц (мазутной золы) рассчитывают по формуле:

$$M_{ms} = g_T \cdot m \cdot \chi \cdot \left( 1 - \frac{\eta_T}{100} \right) \text{ т/год} \quad (8)$$

где  $g_T$  – зольность топлива в % (мазута – 0,1 %);  
 $m$  – количество израсходованного топлива, т/год;  
 $\chi$  – безразмерный коэффициент (мазута-0.01);  
 $\eta_T$  – эффективность золоуловителей по паспортным данным установки, %.  
 Максимально разовый выброс рассчитывают по формуле:

$$G_{ms} = \frac{M_{ms} \cdot 10^6}{3600 \cdot n \cdot t_3} \text{ , г/с} \quad (9)$$

где:  $t_3$  – время работы оборудования в день, ч.

### Расчет валовых выбросов ангидрида сернистого (серы диоксид)

Валовый выброс ангидрида сернистого в пересчете на SO<sub>2</sub> рассчитывают по формуле:

$$M_{so_2} = 0,02BS^p(1 - h\phi_{so_2}) \times (1 - h\phi\phi_{so_2}), \times \text{ т / год} \quad (10)$$

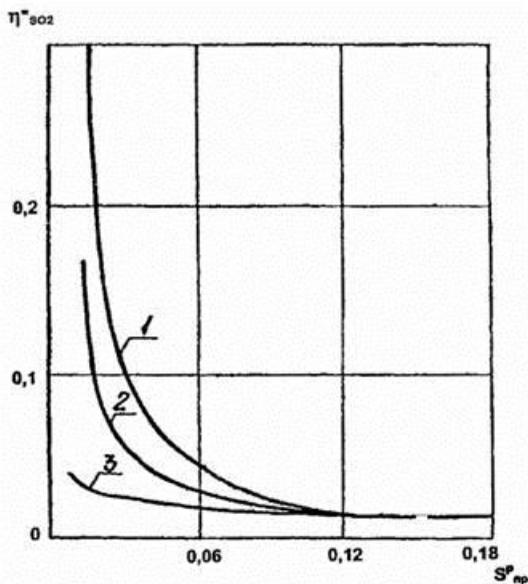
где:  $B$  – расход жидкого топлива, т/год;  
 $S^p$  – содержание серы в топливе, % (табл. 3.4);  
 $h\phi_{so_2}$  – доля ангидрида сернистого, связываемого летучей золой топлива (при сжигании мазута  $h\phi_{so_2} = 0,02$ );  
 $h\phi\phi_{so_2}$  – доля ангидрида сернистого, улавливаемого в золоуловителе. Для сухих золоуловителей принимается равной нулю. а для мокрых – по графику (рис. 1) в зависимости от щелочности орошающей воды и приведенной сернистости топлива  $S^p_{пр}$ .

$$S^p_{np} = S^p / Q^p_n, \% \text{ кг/МДж} \quad (11)$$

где  $Q^p_n$  – теплота сгорания натурального топлива, Мдж/кг, м<sup>3</sup> (табл. 5).

Максимально разовый выброс определяется по формуле:

$$G_{SO_2} = \frac{M_{SO_2} \cdot 10^6}{3600 \cdot n \cdot t_1}, \text{ г/с} \quad (12)$$



1 – 10 мг-экв/дм<sup>3</sup>;

2 – 5 мг-экв/дм<sup>3</sup>;

3 – 0 мг-экв/дм<sup>3</sup>;

$S^p_{np}$  – приведенная сернистость топлива, (% кг)/ МДж.

**Рис. 1** Степень улавливания оксидов серы в мокрых золоуловителях  $\eta^*_{SO_2}$  при щелочности орошающей воды

**Таблица 5**
**Характеристика топлива**

Вид топлива	$S^p$ , %	$Q^p_n$ , Мдж/кг, м <sup>3</sup>
1	2	3
Мазут:		
Малосернистый	0,5	10,21
Сернистый	1,9	39,66
Высокосернистый	4,1	38,70
Природный газ из газопроводов:		
Саратов-Москва		35,80
Саратов-Горький	-	36,13
Ставрополь-Москва	-	36,00
Серпухов-Ленинград	-	37,43
Брянск-Москва	-	37,30
Промысловка-Астрахань	-	35,04
Ставрополь-Невинномыск-Грозный		41,75

**Расчет валовых выбросов оксидов азота**

Валовый выброс оксидов азота (в пересчете на  $NO_2$ ), выбрасываемых в атмосферу, рассчитывают по формуле:

$$M_{NO_2} = 0,001 \times B \times Q_n^p \times K_{NO_2} \times (1-b), \text{ т/год} \quad (13)$$

где:  $B$  – [расход топлива](#), т/год.  
 Для газообразного топлива:

$$B = V \times r, \text{ т/год} \quad (14)$$

где:  $V$  – расход природного газа, тыс. м<sup>3</sup>/год;  
 $r$  – [плотность природного газа](#), кг/м<sup>3</sup> ( $r = 0,76-0,85$ );  
 $K_{NO_2}$  – параметр, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ ГДж (табл. 6);  
 $b$  – коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов оксидов азота в результате применения технических решений.

При отсутствии технических решений  $b = 0$ ;

$Q_n^p$  – теплота сгорания топлива, МДж/кг (табл. 6).

**Таблица 6**

**Значение параметра  $K_{NO_2}$ , кг/ ГДж**

Производительность асфальтосмесительных установок, т/ч	Тепловая мощность асфальтосмесительных установок, кВт	$K_{NO_2}$
25	3500	0,075
50	6100	0,080
100	13700	0,085

Максимально разовый выброс рассчитывают по формуле:

$$G_{NO_2} = \frac{M_{NO_2} \cdot 10^6}{3600 \cdot n \cdot t_1}, \text{ г/с} \quad (15)$$

**Расчет валовых выбросов оксида углерода**

Валовый выброс оксида углерода рассчитывают по формуле:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C_{CO} \cdot B \cdot \left( 1 - \frac{g_4}{100} \right), \text{ т/год (тыс. м}^3\text{/год)} \quad (16)$$

где:  $C_{CO}$  – выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т жидкого топлива или кг/тыс. м<sup>3</sup> природного газа, рассчитывается по формуле:

$$C_{CO} = g_3 \times R \times Q_n^p, \text{ кг/т или кг/тыс. м}^3, \quad (17)$$

где:  $g_3$  – потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, % (ориентировочно для мазута и природного газа  $g_3 = 0,5$  %);

$R$  – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленный наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода (для природного газа –  $R = 0,5$ , для мазута –  $R = 0,65$ );

Современные технологии и оборудование, применяемые при  
 производстве дорожно-строительных материалов

$G_4$  – потери теплоты вследствие механической неполноты сгорания топлива, % (ориентировочно для мазута и газа  $G_4 = 0$  %).

Максимально разовый выброс определяется по формуле:

$$G_{CO} = \frac{M_{CO} \cdot 10^6}{3600 \cdot n \cdot t_1}, \text{ г/с} \quad (18)$$

### Расчет валовых выбросов мазутной золы<sup>1</sup>

Валовый выброс мазутной золы в пересчете на ванадий, выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами котлов в ед. времени, рассчитывают по формуле:

$$M_{v205} = 10^{-6} \times C_v \times B \times (1 - h_{oc}), \text{ т/год} \quad (19)$$

где:  $C_v$  – количество ванадия, находящегося в 1 т мазута, г/т;

$$G_v = \frac{4000 \cdot g_T}{1,8}, \text{ г/т} \quad (20)$$

где  $g_T$  – содержание золы в мазуте на рабочую массу (мазут – 0,1 %);

$B$  – расход топлива за рассматриваемый период, т/год;

$h_{oc}$  – доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхностях нагрева мазутных котлов (в долях единицы);

0,07 – для котлов с промпароперегревателями, очистка поверхности нагрева которых проводится в остановленном состоянии;

0,05 – для котлов без промпароперегревателей при тех же условиях очистки;

0 – для остальных случаев.

Максимально разовый выброс рассчитывают по формуле:

$$G_v = \frac{M_v \cdot 10^6}{3600 \cdot n \cdot t_1}, \text{ г/с} \quad (21)$$

<sup>1</sup> для котлов, сжигающих жидкое топливо.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А., Манakov Н.А., Понкратов А.В. Строительная, дорожная и коммунальная техника. Машины и запасные части: краткий справочник. – М.: ЗАО «Бизнес-арсенал», 2007. – 688 с.
2. Калашникова Т.Н., Сокольская М.Б. Строительство и ремонт асфальтобетонных покрытия: учебное пособие. – М.: Экон-Информ, 2010. – 344 с.
3. Силкин В.В., Лупанов А.П. Асфальтобетонные заводы: учебное пособие. – М.: Экон-Информ, 2008. – 266 с.
4. Строительство и ремонт дорожных асфальтобетонных покрытий: учебное пособие / Мелик-Багдасаров М.С., Гюев К.А., Мелик-Багдасарова Н.А. / ЗАО «Асфальттехмаш», МАДИ (ГТУ). – Белгород: КОНСТАНТА, 2007. – 159 с.
5. Дорожные машины. В 2-х частях. Ч. II. Машины для устройства дорожных покрытий: учебник для вузов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование» / К.А. Артемьев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 396 с.