

Определение значений NO_x для горелок Weishaupt



Эти рабочие листы содержат все данные для определения значений NO_x. Все параметры приводятся для различных горелок и их исполнений в зависимости от:

- вида топлива (EL, природный газ)
- тепловой мощности сжигания
- системы сжигания
- объёмной нагрузки в камере сгорания
- температуры теплоносителя
- температуры воздуха сжигания (для горелок, работающих с подогретым воздухом).

Обозначения:

ZZF = трехходовая камера сгорания
UKF = реверсивная камера сгорания

Нижеприведённые таблицы содержат данные по NO_x по:

1. трехходовым и реверсивным котлам со **стандартными** жидкотопливными, газовыми и комбинированными горелками Weishaupt;
2. трехходовым и реверсивным котлам с газовыми горелками Weishaupt исполнения **LN**;
3. трехходовым и реверсивным котлам с газовыми и комбинированными горелками Weishaupt исполнения **NR**;
4. трехходовым и реверсивным котлам с газовыми и комбинированными горелками Weishaupt исполнения **1LN**;
5. жидкотопливным горелкам Weishaupt исполнения **LN, 3LN**
6. горелкам, работающим с подогретым воздухом исполнения **ZMH**
7. трехходовым котлам колам с газовыми и комбинированными горелками исполнения 3LN

Прим.: горелки WK 4 по запросу

Таблицы значений NO_x составлены с учетом минимальных размеров пламенных труб.

Необходимо соблюдать объёмную нагрузку в камере сгорания и размеры пламенной трубы.

Значения NO_x:

- указываются в мг/м³_n
- приведены относительно 3% O₂
- рассчитаны как NO₂
- приведены для сухих дымовых газов

Коэффициент умножения (f) для пересчёта из (мг/м³_n) в (мг/кВтч)

Топливо	f
EL	1,026
Природный газ E (H)	1,001
Природный газ L (LL)	1,018

Базовые условия (гарантированные значения)

При сжигании топлива образуются, помимо прочего, выбросы NO_x, причиной чего является в основном горелка. С другой стороны присутствуют, как правило, факторы влияния на количество NO_x, которые не зависят от горелки. По этой причине в таблицах имеются некоторые различия.

Чем строже требования к выбросам NO_x, тем более важными становятся факторы влияния. Для гарантирования значений обязательно должны соблюдаться нижеприведённые базовые условия:

Базовые условия

- NO_x в мг/м³_n, относительно 3% O₂, рассчитаны как NO₂ (сухие дымовые газы)
- Погрешность / неточность измерений в соответствии с DIN 267 (для жидкотопливных горелок) и EN 676 (для газовых горелок)
- Среднее значение:
Значение NO_x определяется путем усреднения;
для двухступенчатых горелок: из малой и большой нагрузок;
для модулируемых и многоступенчатых горелок: из малой, промежуточной и большой нагрузок
- Относительные условия: t_{возд.} = 20°C, φ_{отн.} = 50%
- Топливо: жидкое топливо EL или природный газ
- Содержание азота для EL: 140 мг/кг

Значения NO_x для ЗЗФ с жидкотопливными, газовыми и комбинированными горелками, исполнения стандарт

Жидкотопливные горелки типоразмера 30-70, типоразмера 1-11, WK40-WK70

Топливо	Тепловая мощность сжигания, МВт	Объёмная нагрузка в камере сгорания q_v , МВт/м ³			
		≤ 1,0	> 1,0 до 1,3	> 1,3 до 1,5	> 1,5 до 1,8
EL	> 3	230	240	250	–
	1 - 3	210	220	250	–
	< 1	190	200	250	250
Природный газ	> 3	150	160	170	170
	1 - 3	130	130	140	150
	< 1	120	120	130	140

Примечание: температура теплоносителя: ≤ 200 °C
температура теплоносителя для термомасляных котлов: ≤ 300 °C

Значения NO_x для UKF с жидкотопливными, газовыми и комбинированными горелками, исполнения стандарт

Жидкотопливные горелки типоразмера 30-70, типоразмера 1-11, WK40-WK70

Топливо	Тепловая мощность сжигания, МВт	Объёмная нагрузка в камере сгорания q_v , МВт/м ³			
		≤ 0,7	> 0,7 до 1,0	> 1,0 до 1,3	> 1,3 до 1,5
EL	> 3	250	250	–	–
	1 - 3	220	220	250	–
	< 1	220	220	250	–
Природный газ	> 3	160	160	170	180
	1 - 3	140	140	150	160
	< 1	130	130	140	140

Примечание: температура теплоносителя UKF: ≤ 200 °C
температура теплоносителя ЗЗФ от 200°C до 300°C

Необходимые минимальные размеры пламенной трубы, мм

Тепловая мощность сжигания, кВт	ЗЗФ		UKF	
	диаметр	длина	диаметр	длина
300	400	910	500	850
500	480	1200	550	1100
800	550	1500	650	1360
1000	560	1650	730	1500
1500	630	2025	850	1800
2000	690	2350	950	2050
2500	740	2600	1030	2275
3000	780	2900	1100	2450
3500	820	3100	1160	2650
4000	850	3300	1220	2800
4500	880	3500	1280	2950
5000	910	3700	1330	3100
5500	940	3900	1380	3250
6000	960	4050	1420	3350
7000	1010	4400	1500	3600
8000	1050	4700	1580	3825
9000	1090	5000	1650	4050
10000	1120	5225	1720	4225
11000	1160	5450	1780	4400
12000	1180	5700	1840	4600

Примечание:

Базовые условия для гарантированных значений NO_x см. на стр. 177

Данные диаметров для гофрированных труб относятся к внутреннему диаметру d_1 .

Длина пламенной трубы считается от переднего края пламенной головы до начала поворотной камеры.

Промежуточные значения можно определить линейной интерполяцией.

Значения NO_x для 3ZF и UKF с газовыми горелками, исполнение LN

Топливо	Тепловая мощность сжигания, МВт	Система сжигания	Объемная нагрузка в камере сгорания q _v , МВт/м ³		
			≤ 1,0	> 1,0 до 1,5	> 1,5 до 1,8
Природный газ	> 3	3ZF	80 *	80 *	100
		UKF	100	120	–
	1 - 3	3ZF	80 *	80 *	100
		UKF	100	120	–
	< 1	3ZF	80 *	80 *	100
		UKF	80 *	100	–

Примечание: температура теплоносителя: < 200 °С

* для природного газа L значение составляет 70 мг/м³_n при температуре теплоносителя < 130 °С

Необходимые минимальные размеры пламенной трубы, мм

Тепловая мощность сжигания, кВт	3ZF		UKF	
	диаметр	длина	диаметр	длина
300	400	910	500	850
500	480	1200	550	1100
800	550	1500	650	1360
1000	560	1650	730	1500
1500	630	2050	850	1800
2000	690	2350	950	2050
2500	740	2600	1030	2300
3000	780	2900	1100	2500
3500	820	3100	1160	2650
4000	850	3300	1220	2800
4500	880	3500	1280	2950
5000	910	3700	1330	3100
6000	960	4050	1420	3350
7000	1010	4400	1500	3600
8000	1050	4700	1580	3825
9000	1090	5000	1650	4050
10000	1120	5225	1720	4225
11000	1160	5450	1780	4400

Примечание:

Базовые условия для гарантированных значений NO_x см. на стр. 177

Данные диаметров для гофрированных труб относятся к внутреннему диаметру d₁.

Длина пламенной трубы считается от переднего края пламенной головы до начала поворотной камеры.

Промежуточные значения можно определить линейной интерполяцией.

Значения NO_x для 3ZF и UKF с газовыми и комбинированными горелками, исполнение NR

Топливо	Тепловая мощность сжигания МВт	Система сжигания	Объёмная нагрузка в камере сгорания q _v , МВт/м ³		
			≤ 1,0	> 1,0 до 1,3	> 1,3 до 1,5
EL	> 9	3ZF	230	240	250
		UKF	250	–	–
	> 3 - 9	3ZF	230	240	250
		UKF	250	–	–
	1 - 3	3ZF	230	240	250
		UKF	250	–	–
Природный газ	> 9	3ZF	100 120	100 120	120 140
		UKF	140 160	150 160	–
	> 3 - 9	3ZF	100	100	120
		UKF	140	150	–
	1 - 3	3ZF	100	100	120
		UKF	120	130	–

Примечание: температура теплоносителя: < 200 °С

значения, выделенные полужирным шрифтом и курсивом = температура теплоносителя < 130 °С

Необходимые минимальные размеры пламенной трубы, мм

Тепловая мощность сжигания, кВт	3ZF		UKF	
	диаметр	длина	диаметр	длина
1000	610	1650	770	1500
1500	700	2025	900	1800
2000	750	2350	1000	2050
2500	800	2600	1080	2275
3000	850	2900	1150	2450
3500	900	3100	1225	2650
4000	925	3300	1300	2800
4500	950	3500	1350	2950
5000	1000	3700	1400	3100
5500	1025	3900	1450	3250
6000	1050	4050	1500	3350
7000	1100	4400	1600	3600
8000	1150	4700	1650	3825
9000	1200	5000	1750	4050
10000	1225	5225	1800	4225
11000	1250	5450	1875	4400
12000	1300	5700	1950	4600

Примечание:

Базовые условия для гарантированных значений NO_x см. на стр. 177

Данные диаметров для гофрированных труб относятся к внутреннему диаметру d₁.

Длина пламенной трубы считается от переднего края пламенной головы до начала поворотной камеры.

Промежуточные значения можно определить линейной интерполяцией.

* Если гарантийные значения NO_x не могут быть достигнуты, можно провести контроль минимальных необходимых размеров камеры сгорания для стандартных горелок.

Значения NO_x для 3ZF и UKF с газовыми и комбинированными горелками, исполнение 1LN

Температура теплоносителя < 130 °C						Температура теплоносителя < 200 °C					
То-пливо	Тепловая мощность сжигания, МВт	Система сжигания	Объемная нагрузка в камере сгорания q _v , МВт/м ³			То-пливо	Тепловая мощность сжигания, МВт	Система сжигания	Объемная нагрузка в камере сгорания q _v , МВт/м ³		
			≤ 1,0	> 1,0-1,3	> 1,3-1,5				≤ 1,0	> 1,0-1,3	> 1,3-1,5
EL	> 3	3ZF	210	210	230	EL	> 3	3ZF	220	230	250
		UKF	250	–	–			UKF	250	–	–
	1-3	3ZF	200	200	230		1-3	3ZF	200	220	250
		UKF	200	250	–			UKF	220	250	–
Природ. газ	> 3	3ZF	80 *	80 *	100	Природ. газ	> 3	3ZF	90	100	120
		UKF	100	110	130			UKF	110	120	140
	1-3	3ZF	80 *	80 *	100		1-3	3ZF	90	100	120
		UKF	90	100	120			UKF	100	110	140

* для природного газа L значение составляет 70 мг/м³_n при температуре теплоносителя < 110 °C

Необходимые минимальные размеры пламенной трубы, мм

Тепловая мощность сжигания, кВт	3ZF		UKF	
	диаметр	длина	диаметр	длина
1000	610	1650	770	1500
1500	700	2025	900	1800
2000	750	2350	1000	2050
2500	800	2600	1080	2275
3000	850	2900	1150	2450
3500	900	3100	1225	2650
4000	925	3300	1300	2800
4500	950	3500	1350	2950
5000	1000	3700	1400	3100
5500	1025	3900	1450	3250
6000	1050	4050	1500	3350
7000	1100	4400	1600	3600
8000	1150	4700	1650	3825
9000	1200	5000	1750	4050
10000	1225	5225	1800	4225
11000	1250	5450	1875	4400
12000	1300	5700	1950	4600

Примечание:

Базовые условия для гарантированных значений NO_x см. на стр. 177

Данные диаметров для гофрированных труб относятся к внутреннему диаметру d₁.

Длина пламенной трубы считается от переднего края пламенной головы до начала поворотной камеры.

Промежуточные значения можно определить линейной интерполяцией.

Значения NO_x для 3ZF с жидкотопливными горелками, исполнение LN

Топливо	Система сжигания	Тепловая мощность сжигания, МВт	Соответствующий типоряд горелок	NO _x при диаметре пламенной трубы			
				большой < 130	< 200	малый	
				< 130	< 200	< 130	< 200
EL	3ZF	< 0,5	WL...LN	120	140	15	170
	3ZF	> 0,5 - 1,0	Типоразмер 3-7 1LN	120	140	150	170
	3ZF	> 1,0 - 10,0	Исполнение 3LN multiflam®	120	140	150	170

Примечание: температура теплоносителя: < 130 °С
при температуре теплоносителя < 200 °С = NO_x 150 150 мг/м³_н при диаметре пламенной трубы = "большой"

Необходимые минимальные размеры пламенной трубы (мм) для жидкотопливных горелок ...LN и 1LN

Тепловая мощность сжигания, кВт	3ZF		
	большой диаметр	малый диаметр	длина
100	330	300	580
200	410	370	820
300	460	420	1000
500	540	490	1300
800	620	570	1640
1000	670	610	1830

Примечание:

Базовые условия для гарантированных значений NO_x см. на стр. 177
Данные диаметров для гофрированных труб относятся к внутреннему диаметру d₁.
Длина пламенной трубы считается от переднего края пламенной головы до начала поворотной камеры.
Промежуточные значения можно определить линейной интерполяцией.

Необходимые минимальные размеры пламенной трубы (мм) для горелок multiflam®

Тепловая мощность сжигания, кВт	3ZF		
	большой диаметр	малый диаметр	длина
1000	670	610	1830
1500	760	700	2250
2000	830	750	2590
2500	880	800	2900
3000	930	850	3180
3500	980	890	3430
4000	1020	925	3670

Примечание:

Базовые условия для гарантированных значений NO_x см. на стр. 177
Данные диаметров для гофрированных труб относятся к внутреннему диаметру d₁.
Длина пламенной трубы считается от переднего края пламенной головы до начала поворотной камеры.
Промежуточные значения можно определить линейной интерполяцией.

Минимальный диаметр камеры сгорания / минимальная номинальная нагрузка горелки в зависимости от типоразмера горелки:

Горелка	Мин. диаметр камеры сгорания d1[мм]	Мин. нагрузка горелки [кВт]
RL30	700	850
RL40/2	750	1500
RL50/1	750	1800

Значения NO_x для 3ZF с газовыми и комбинированными горелками multiflam, исп. 3LN

Топливо	Система сжигания	Тепловая мощность сжигания [МВт] Температура теплоносителя [°C]	NO _x при диаметре пламенной трубы			
			большой		малый	
			< 130	< 200	< 130	< 200
EL	3ZF	> 1-12	120	140	160	180
Прир. газ	3ZF	> 1-12	60	70	70	80

Минимальные требуемые размеры камеры сгорания [мм]

Тепловая мощность сжигания, [кВт]	3ZF работа на ж/т / газе		3ZF работа на ж/т	3ZF работа на газе
	большой диаметр	малый диаметр	длина	длина
1000	730	600	1740	1650
1500	760	630	2140	2025
2000	830	690	2460	2350
2500	880	740	2760	2600
3000	930	780	3020	2900
3500	980	820	3260	3100
4000	1020	850	3490	3300
5000	1090	910	3900	3700
6000	1150	960	4270	4050
7000	1210	1010	4610	4400
8000	1260	1050	4930	4700
9000	1300	1090	5230	5000
10000	1340	1120	5510	5225
11000	1380	1160	5800	5450
12000	1420	1180	6080	5700

Примечание:

Базовые условия для гарантированных значений NO_x см. на стр. 177

Данные диаметров для гофрированных труб относятся к внутреннему диаметру d₁.

Длина пламенной трубы считается от переднего края пламенной головы до начала поворотной камеры.

Промежуточные значения можно определить линейной интерполяцией.

Минимальный диаметр камеры сгорания / минимальная номинальная нагрузка горелки в зависимости от типоразмера горелки:

Горелка	Мин. диаметр камеры сгорания d ₁ [мм]	Мин. нагрузка горелки [кВт]
G30/2	600	850
G40/2, G50/1	630	1500, 1800
G60/2, G70/1	820, 880	3500
G70/2, WKG70/1	1000, 1050	5000
WKG70/2	1120	9000

Горелка	Мин. диаметр камеры сгорания d ₁ [мм]	Мин. нагрузка горелки [кВт]
RGL30/2	700	1000
RGL40/2, RGL50/1	750	1500, 1800
RGL60/2, RGL70/1	950	3500
RGL70/2, WKGL70/1	1150	5000
WKGL70/2	1250	9000

Значения NOx для 3ZF с жидкотопливными, газовыми и комбинированными горелками, исполнение стандарт для подогретого воздуха

Топливо	Тепловая мощность сжигания, МВт	Макс. температура воздуха сжигания, [°C]			
		100	150	200	250
EL	> 3	280	310	330	360
	< 3	260	280	310	330
Прир. газ	> 3	200	230	250	280
	< 3	200	220	250	270

Примечание: объемная нагрузка в камере сгорания (qv) ≤ 1 МВт/м³
температура теплоносителя: ≤ 300 °C
исполнения LN, 1LN, NR по запросу

Расчет объемной нагрузки в камере сгорания

Формулы:

$$V_F = 0.785 \cdot d^2 \cdot l$$

$$q_v = \frac{Q_F}{V_F}$$

Трехходовые котлы

При исполнении в виде гофрированной трубы при расчетах можно исходить из среднего диаметра (см. формулу)

Формулы:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Длина камеры сгорания измеряется следующим образом: от пламенной головы горелки до конца поворотной камеры (см. рис.)

Реверсивные котлы

Длина камеры сгорания измеряется следующим образом: от переднего края поворота до конца камеры сгорания (см. рис.)

Образование NO и NO₂

В зависимости от исполнения горелки при сжигании в установках образуется 90-97% NO и 3-10% NO₂.

При наличии озона в течение короткого времени (ок. 1 мин.) большая часть NO окисляется в атмосфере в NO₂.

Обозначения:

Q_F = тепловая мощность сжигания, МВт

V_F = объем камеры сгорания, м³

d = диаметр камеры сгорания, м

d₁ = внутренний диаметр для гофрированного исполнения

d₂ = внешний диаметр для гофрированного исполнения

l = длина камеры сгорания (м) для расчета объемной нагрузки в камере сгорания (для 3ZF вкл. поворотную камеру)

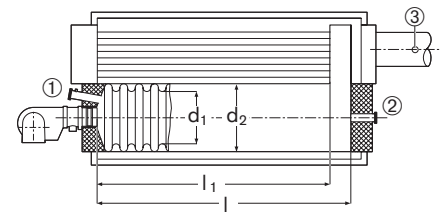
l₁ = длина жаровой трубы для расчета 1-ого хода для 3ZF (см. также таблицы)

q_v = объемная нагрузка в камере сгорания, МВт/м³

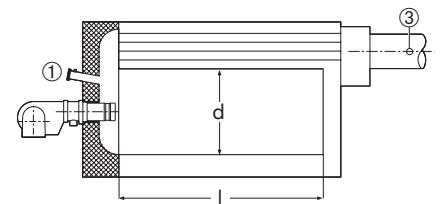
① место измерения давления в камере сгорания и смотровое стекло

② смотровое стекло

③ место измерения состава дымовых газов



Трехходовой котел



Реверсивный котел

Следовательно:

$$NO_x = NO + NO_2$$

Вредное воздействие на окружающую среду оказывает в первую очередь NO₂ (озон, кислотные дожди). Таким образом оксиды азота, присутствующие в дымовых газах, определяются как NO₂, хотя они и состоят на 90-97% из NO.