



**Обзор и анализ возможных технических решений, выбор и разработка концепции охлаждения угольной пыли, общий вид установки, ориентировочные расчёты, техническое задание на конструкцию установки**

Dr.-Ing. Wladimir Garber

Juli, 2013



## Содержание

1. Необходимость охлаждения угольной пыли после помола	3
2. Обзор и анализ возможных технических решений по охлаждению угольной пыли	4-11
3. Выбор и разработка концепции охлаждения угольной пыли	11
4. Общий вид установки	12-15
5. Ориентировочные расчёты	16-18
6. Техническое задание на конструкцию установки	19-25



## 1. Необходимость охлаждения угольной пыли после помола

Помольная установка для Ачинского глинозёмного комбината предназначена для получения пылеугольного топлива для печей спекания 11 и 12.

На помол будет подаваться бурый уголь Бородинского или Берёзовского месторождений со следующими свойствами:

- |                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| - начальная влажность сырьевого угля, %           | - 35%      |
| - влажность угольной пыли после сушки и помола, % | - около 9% |
| - содержание летучих в угле, % на сухую массу     | - до 45%.  |

Угольная пыль на выходе из динамического воздушного сепаратора вертикальной валковой мельницы имеет размеры около 30% остатка на сите 90 микрон.

При таких размерах частиц их температура практически равняется температуре отходящих газов из мельницы, то есть составляет 90-100 °С.

Анализ углей Бородинского и Берёзовского месторождений, выполненный немецким институтом по технике безопасности, показывает, что максимально допустимая температура угольной пыли бурого угля, указанных месторождений, допустимая для загрузки в силос составляет 60°С.

Таким образом формируются требования по необходимости охлаждения угольной пыли с 100°С до менее 60°С для хранения в силосе.

1.1. Нужно учитывать также, что оборудование расположенного после мельницы, например шлюзовые камерные питатели должно соответствовать требованиям АТЕХ.

Практически на рынке тяжело найти оборудование соответствующее требованиям АТЕХ, работающее при температурах более 80 °С.

Обусловлено это тем фактом, что выход летучих, например из бурых углей, начинается при температурах около 90°С. Поэтому привычную рабочую зону оборудования по АТЕХ сдвигают вниз к 80 °С.

Это диктует желательное место расположения установки охлаждения угольной пыли с составе помольной установки – как можно ближе к рукавным фильтрам.

1.2. Дополнительным усложняющим фактором, который нужно учитывать при подборе установки охлаждения угольной, является высокое содержание испарённой из сырьевого угля влаги, находящейся в воздухе(газах) между частицами угольной пыли. Точка росы в этих газах находится на уровне 68-72 °С. Это обуславливает опасность конденсации влаги на охлаждающих поверхностях, последующее налипание угольной пыли, образование отложений в теплообменных-охлаждающих аппаратах.

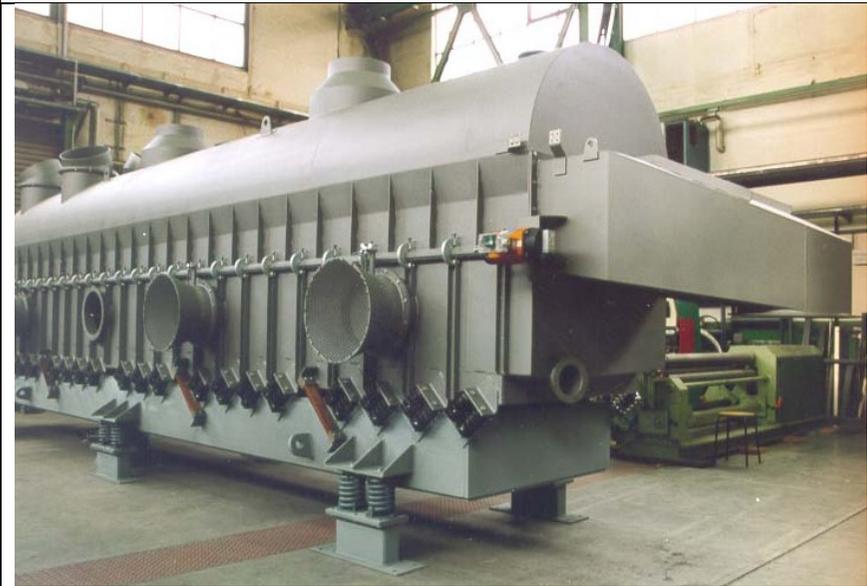


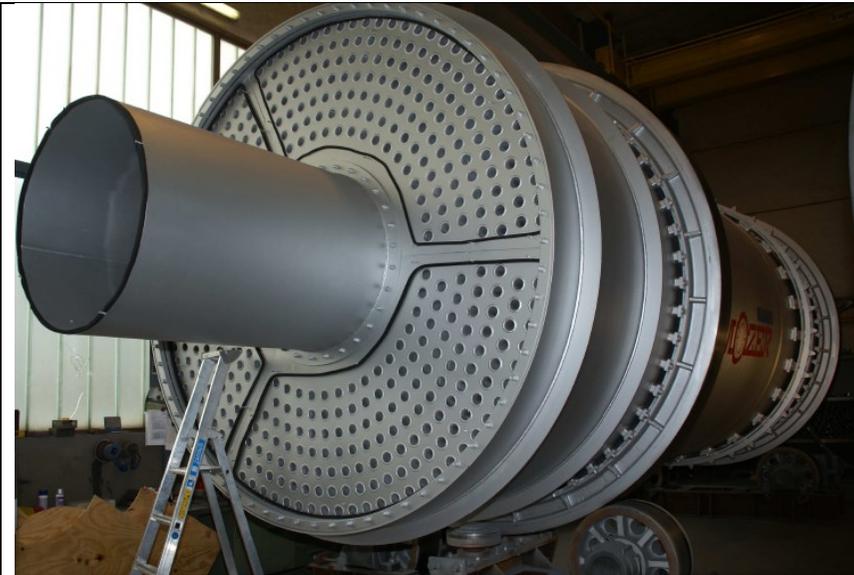
## 2. Обзор и анализ возможных технических решений по охлаждению угольной пыли

Был выполнен поиск возможных технических решений, получены технико-коммерческие предложения от ряда фирм, выпускающих оборудование для охлаждения порошкообразных продуктов.

Проанализированы предложения и технические решения следующих фирм: IBAU, Allgaier, AMF, Binder, Chr.Preifer, Coperion, Schaffer, Segler, Selex

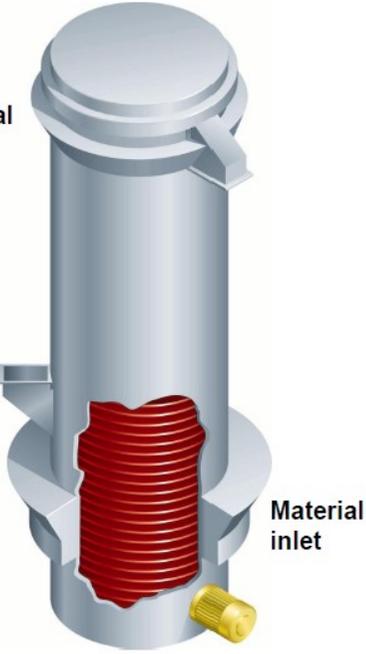
Основные варианты приведены в таблице 1.

	<p><u>Allgaier GmbH</u> холодильник вибро-кипящего слоя для охлаждение мелкого бурого угля с 120°C до 60°C для котлов кипящего слоя</p> <p>работает на котлах концерна RWE.</p> <p>Не подходит для угольной пыли.</p>	<p>Цена Ex-Work около 1.000.000 €</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

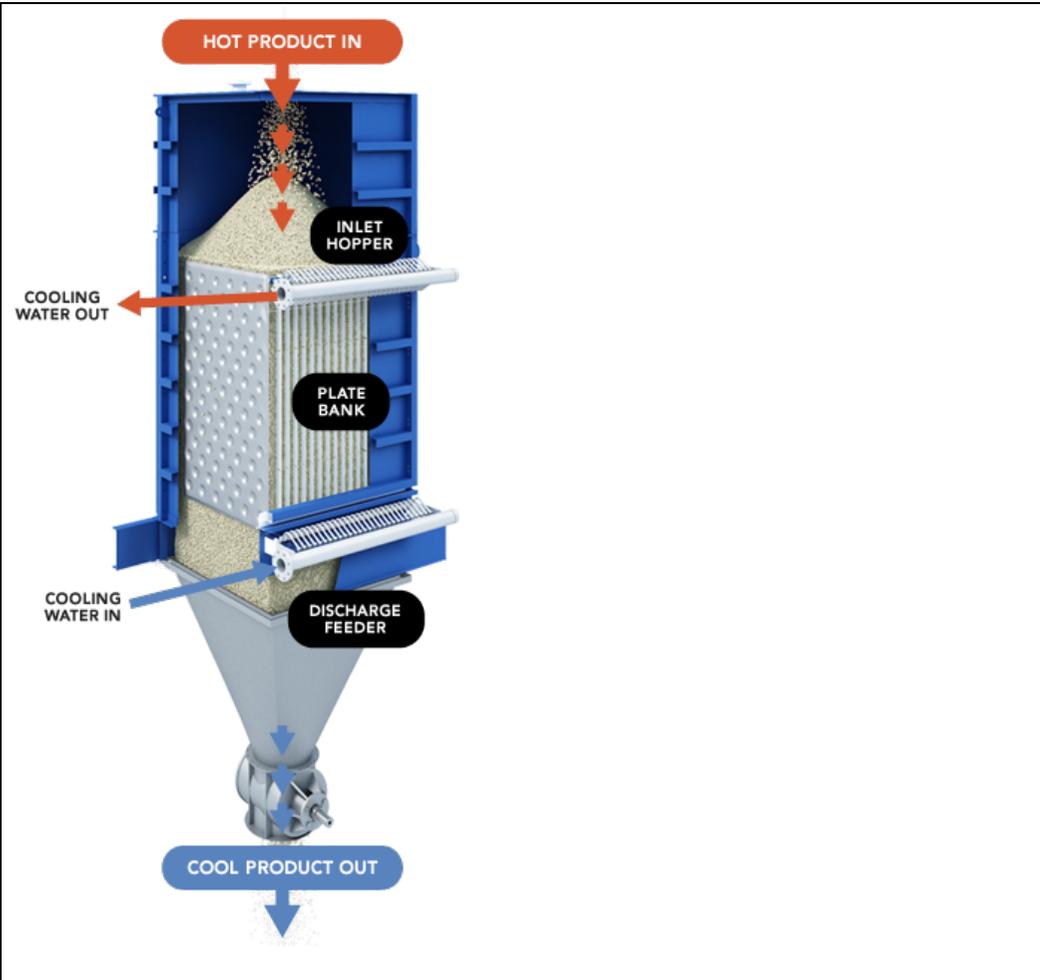


<p><u>Allgaier GmbH</u> трубный вращающийся холодильник для порошкообразных материалов. Охлаждение через стенку труб атмосферным воздухом 60 Т/ч ВКС Угольная пыль – 100°C воздух – 25°C размеры: барабан <math>\Phi</math> 3 x 12 м разбавляющий воздух подаваемый в угольную пыль около 4000 м<sup>3</sup>/ч</p>	<p>цена: Ex-Work 850.000 € орции: 150.000 €  сумма: около 1.000.000 €</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

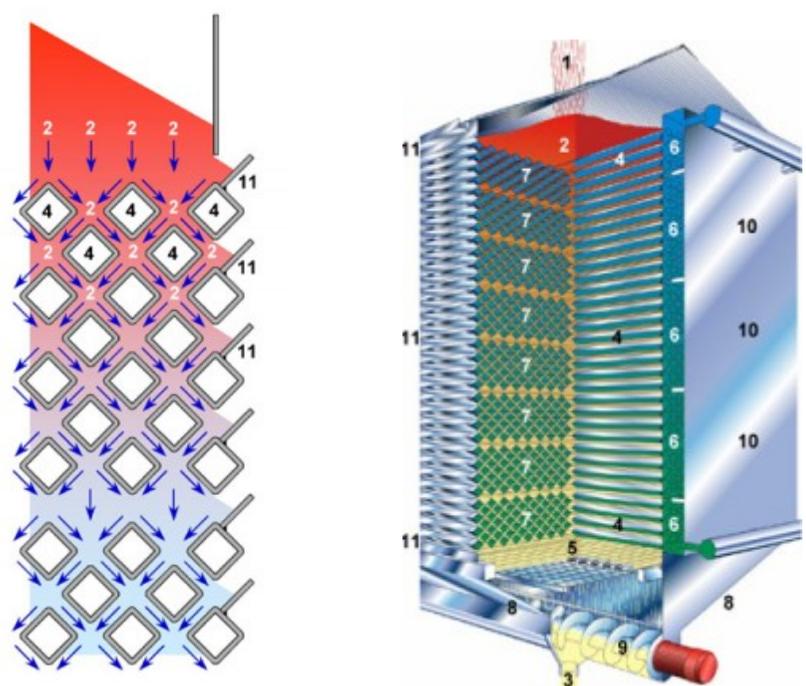


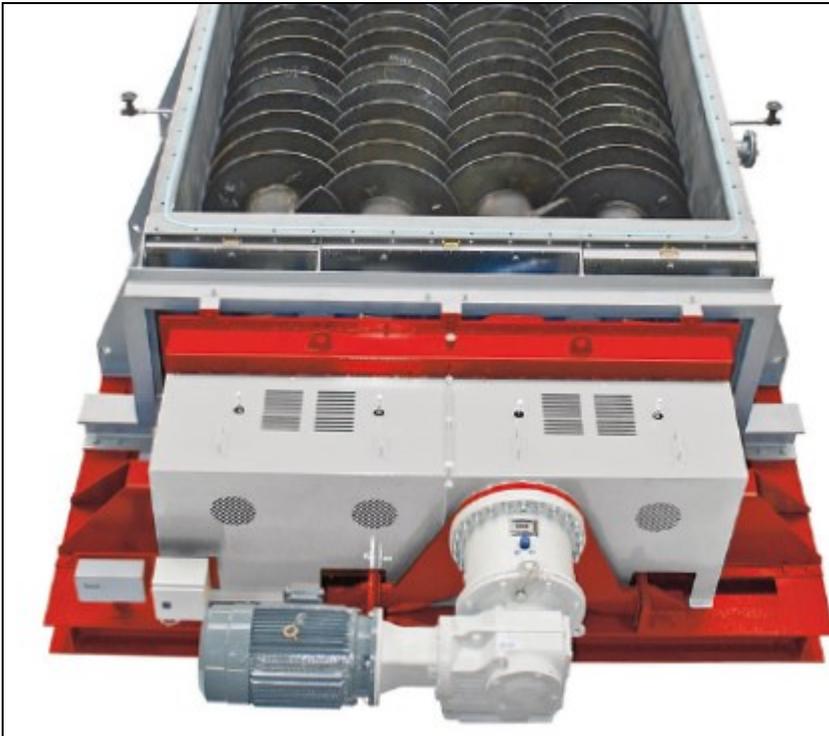
	<p>Спиральный охладитель цементной пыли 50 тонн/ч расход охлаждающей воды около 40-60 Т/ч</p> <p>размеры: Ф3,6м x 11 м</p> <p>проблемы: конденсация у стенок, сертификация по требованиям АТЕХ</p>	<p>Цена для цементной пыли около 300.000€</p> <p>после попыток переработать конструкцию под угольную пыль - отказ</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



	<p>Пластинчатый водоохлаждаемый теплообменник размеры 12м x 2 м x 1,5 м</p> <p>проблемы: конденсация на холодных пластинах, зарастание проходов, трудности очистки</p> <p>изготовитель не думал о проблемах с конденсацией, позднее предложил решение по удалению газа между частичками пыли и замещении его азотом</p>	<p>цена Ex-Work: 563.000 €</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------



	<p>Теплообменник с поперечными Трубами квадратного сечения</p> <p>работает на гранулированных материалах, зерне</p> <p>охлаждение воздухом, подаваемым по трубкам</p> <p>не подходит для порошкообразных продуктов</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--



Шнековый теплообменник,  
Охлаждение водой, подаваемой в валы и  
в рубашку днища.

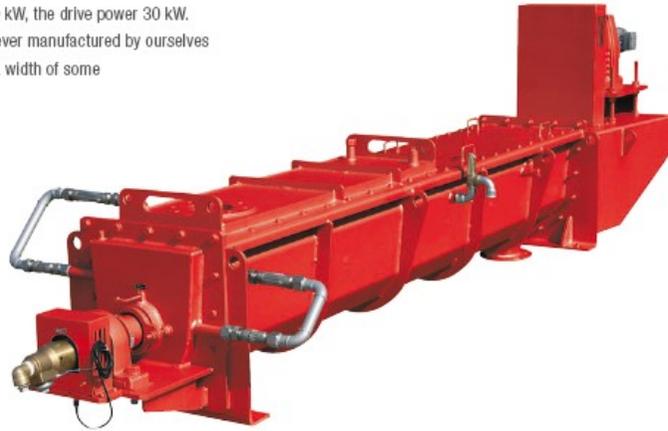
Основные размеры:  
6 секций длиной по 12 м

проблемы: предположительно  
конденсация вокруг валов шнеков и  
отложение материала между спиральями

есть конструкция с многими  
параллельными шнеками  
и с одним шнеком – показана ниже



It is going to be used to heat a maximum of 40 t/h of petroleum coke from 5 °C to 185 °C.  
 The thermal capacity is approx. 2,300 kW, the drive power 30 kW.  
 This screw heater is the biggest unit ever manufactured by ourselves  
 and has a total weight of 45 tonnes, a width of some  
 4 m and a length of almost 13 m.



Идея фирмы Corelion – охлаждение  
 трубного пучка, по которому подаётся  
 пыле- воздушная смесь  
 первоначально предполагалось  
 выполнять охлаждение водой

оценка цены от ЗиО.КОТЕС:  
 чертежи и расчёты : 97500 €  
 оценка стоимости изготовления в России  
 100.000 – 150.000 евро  
 всего около 300.000 евро  
 размеры  
 4 секции x Ф0,45м x 17 м

проблема: заказчик не имеет достаточно  
 воды для охлаждения, необходимо  
 строительство градирни  
 стоимость около 20.000 €

цена Ex-Work  
 оценочно от  
 Corelion:  
 500.000 €



Анализ основных конструкций выявил следующие проблемы:

- конденсация воды на охлаждающих поверхностях,
- отложение материала
- значительные размеры конструкции.
- отсутствие сертификатов АТЕХ.

### **3. Выбор и разработка концепции охлаждения угольной пыли**

Для преодоления проблем с конденсацией влаги предложено следующее:

- установить теплообменник в контур системы пневмотранспорта угольной пыли к силосу-накопителю.

При этом разбавление остаточного воздуха между частицами пыли воздухом пневмотранспорта около 4000 м<sup>3</sup>/ч снижает точку росы до уровня около 5 °С ( см. таблицу 2).??

Сравнительно высокие скорости пылевоздушной смеси в трубках теплообменника (10-20 м/с) препятствуют образованию отложений.

Первоначально рассматривалось охлаждение с использованием воды около 40 м<sup>3</sup>/ч. Недостаток холодной воды в цехе спекания требовал строительства градирни для охлаждения воды и специального контура для водоснабжения.

Кроме того охлаждение водой не позволяло эффективно использовать тепло от охлаждения угольной пыли в самой сушильной установке.

Поэтому было принято решение по использованию для охлаждения атмосферного воздуха.



#### 4. Общий вид установки

Первоначально предложенный вид установки при водяном охлаждении показан на рисунке 1 ниже.

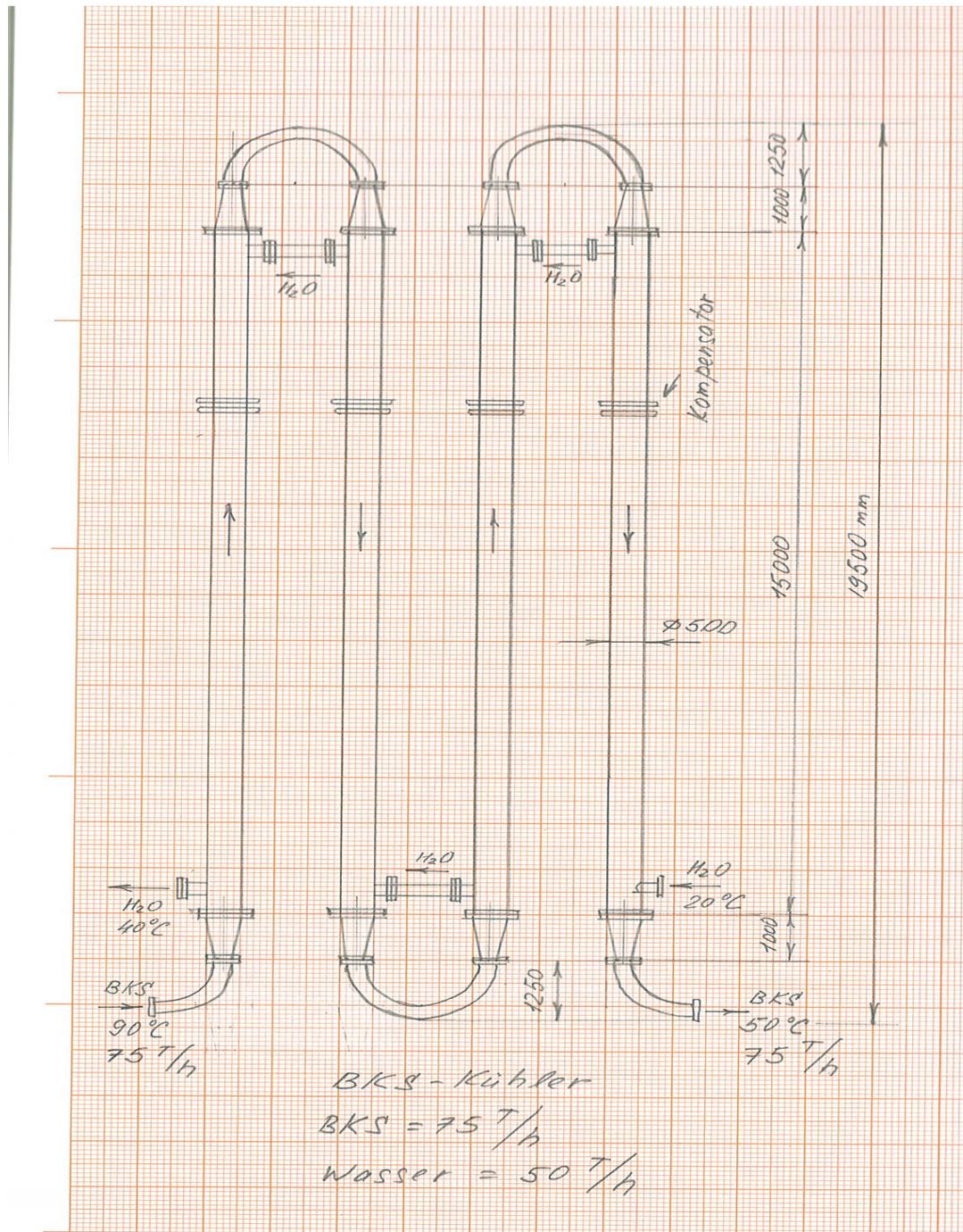


Рис 1. Общий вид холодильника при водяном охлаждении



Рис 2 Ориентировочный вид трубного пучка при водяном охлаждении

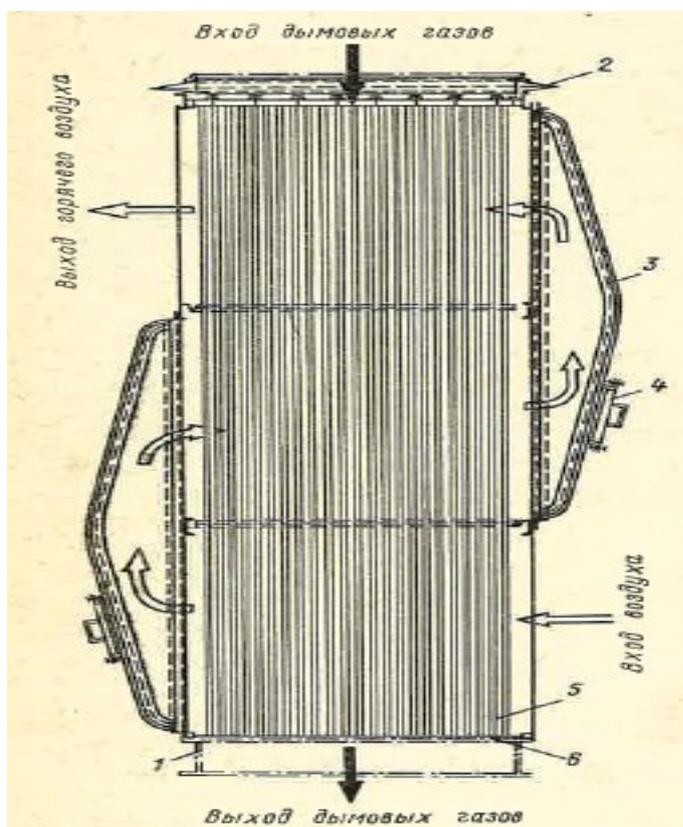


Рис 3 Прототип секции при воздушном охлаждении

Было предложено использование оребренных труб для увеличения площади теплообменной поверхности.



Рис 4. Оребрѐнные трубы



Рис 5. Прототип теплообменника с воздушным охлаждением выполненный в виде секции, собранной в несущей раме.



Холодильник пылеугольного топлива  
Dust coal cooler

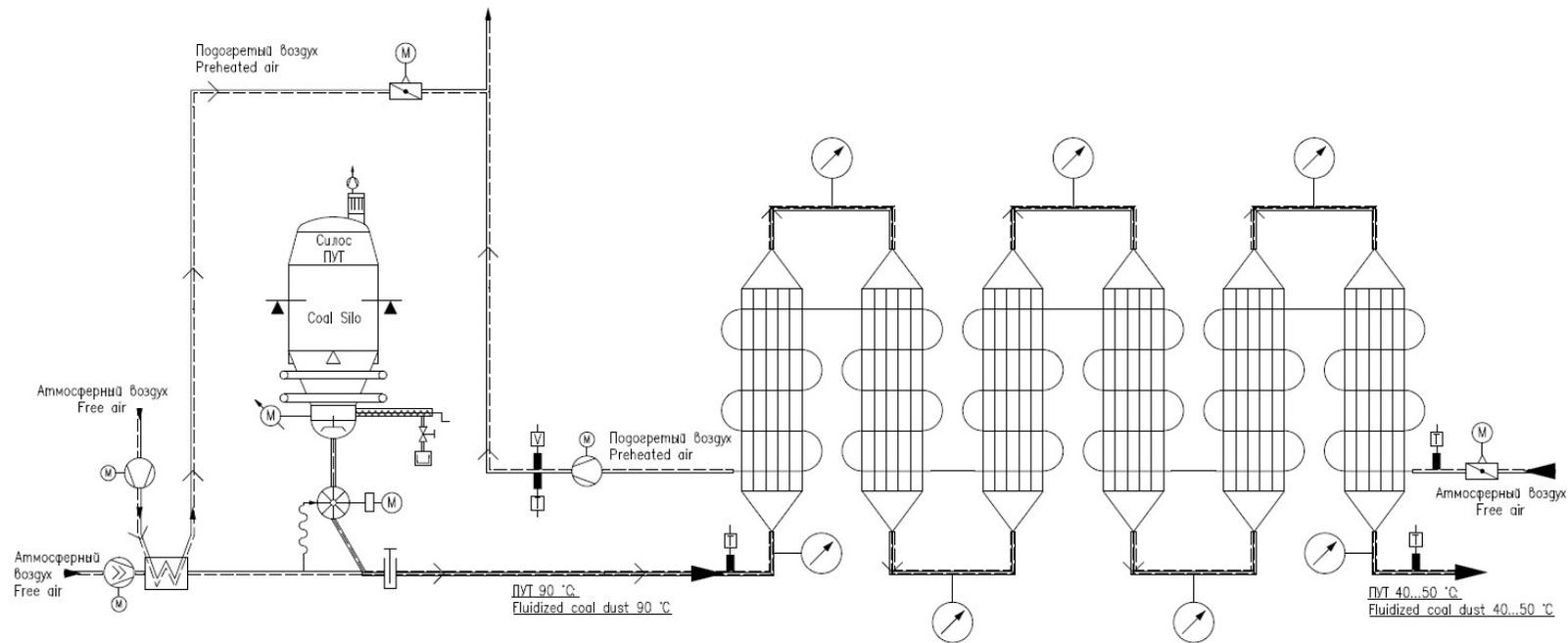


Рис 6. Предложенная схема установки охладителя угольной пыли с использованием для охлаждения атмосферного воздуха и использованием нагретого воздуха в сушильной установке, например в качестве воздуха на горение, для обогрева бункера сырьевого угля, обогрева помещения помольной установки и тп.



## 5. Ориентировочные расчёты

Ориентировочные расчёты выполненные для случая водяного охлаждения приведены ниже.

Ачинск Расчёт водяного холодильника для потока воздуха с угольной пылью			
<b>Исходные данные</b>			
Начальная температура уг.пыли	°C	90	90
Конечная температура уг-пыли	°C	50	50
Средняя температура уг. Пыли		70	70
Количество угольной пыли	kg/h	50.000	75.000
Плотность угольной пыли	kg/m <sup>3</sup>	1400	1400
Насыпная плотность угольной пыли	kg/m <sup>3</sup>	500	500
К-во воздуха между частицами	m <sup>3</sup> /kg.уг.п	0,00129	0,00129
Общий объём воздуха в уг.пыли	m <sup>3</sup>	64,29	96,43
Количество воды в воздухе	кг/м <sup>3</sup>	0,16	0,16
Общее к-во воды в воздухе	kg	10,45	15,67
Точка росы		70	70
<b>Количество тепла</b>			
Теплоёмкость уг-пыли	kJ/kg*K	1,327	1,327
Количество тепла, которое нужно передать воде	kJ/h	2.653.863	3.980.794
	kW	737	1106
	kcal/h	633.742	950.614
<b>Сжатый воздух</b>			
Отношение уг.пыль/ сжатый трансп.воздух	kg KS/kg Luft	12	12
Количество сжатого воздуха с учетом присосов	kg/h	4.167	6.250
Температура 1 сжатого воздуха после компрессора	°C	60	60
Температура сжатого воздуха в конце теплообменника	°C	50	50
Давление сжатого воздуха	бар	0,8-1,2	0,8-1,2
Теплоёмкость воздуха	kJ/kg*K	1,009	1,009
Количество тепла отнимаемое у сжатого воздуха	kJ/h	42042	63063
<b>Изменение температуры первичного потока с учётом сжатого воздуха</b>	<b>delta °C</b>	<b>1,79</b>	<b>1,79</b>
Суммарное количество тепла передаваемое воде	kJ/h	2.695.904	4.043.856
	kW	749	1123
Температура воды 1 до теплообменника	°C	20	20
Температура воды 2 после теплообменника	°C	40	40
Средняя температура воды		30	30
Теплоёмкость воды	kJ/kg* °K	4,2	4,2
Количество воды	kg/h	31.594	47.390
<b>Конвективный теплообмен при продольном обтекании</b>			
$Ak=Cf \cdot Cl \cdot \Delta p$ (по нормам Кузнецова нонограмма 14 стр 254)	kcal/m <sup>2</sup> *h* °C	49,2	49,2
$\Delta p$ при 15m/s; $Dn=35$ mm	kcal/m <sup>2</sup> *h* °C	41	41
$\Delta p$ при 15m/s; $Dn=25$ mm	kcal/m <sup>2</sup> *h* °C	43,5	43,5
$Cf$ при $T=90$ °C; воздух		1,2	1,2
$Cf$ впри $T=90$ °C; $rH_2O=0,25$		1,4	1,4
$Cl$ bei $L/De>50$		1	1
Средний температурный напор		40	40
Поверхность теплообмена	m <sup>2</sup>	322	483
<b>Условия пневмотранспорта</b>			
Расчётная скорость пневмотранспорта	m/s	13	13
1,08 Минимальная скорость пневмотранспорта МИН	m/s	14	14
Рабочая скорость пневмотранспорта МИН x 2	m/s	28	28
Плотность воздуха при норм условиях	kg/nm <sup>3</sup>	1,293	1,293
Плотность воздуха при давлении 1 бар	kg/m <sup>3</sup>	2,59	2,59
Труба пневмотранспорта внешний диаметр	мм	219	273
Толщина стенки	мм	6	7
Внутренний диаметр	mm	207	259
Сечение	m <sup>2</sup>	0,0336	0,0527
Скорость пневмотранспорта	m/s	34	33



Трубный пучок			
Наружный диаметр труб пучка	MM	32	32
Толщина стенки	MM	3	3
Площадь свободного сечения	m2	0,00053066	0,00053066
Число труб		63	99
Площадь внутренней поверхности 1 м трубы	m2	0,08164	0,08164
Площадь 1 м длины трубного пучка	m2	5,17	8,10
Суммарная длина теплообменных пучков	m	62,23	59,62
Корпус теплообменника			
Поперечное труб сечение по внешнему диаметру	m2	0,00080384	0,00080384
Поперечное внутреннее сечение корпуса теплообменника	m2	0,1019	0,1595
Внутренний диаметр корпуса теплообменника	m	0,3603	0,4508
Толщина стенки корпуса теплообменника	m	0,0090	0,0090
Внешний диаметр корпуса теплообменника	m	0,3783	0,4688
Принимаем трубу	m	0,406	0,478
Поперечное внешнее сечение корпуса теплообменника	m2	0,129	0,179
Поперечное внутреннее сечение корпуса теплообменника	m2	0,118	0,166

Геометрия и веса для одного пучка			
		50 Tonn BKS	75 Tonn BKS
Труба 32 x 3 мм	m	15	15
Вес одной трубы	kg	31,96	31,96206
Число труб		63	99
Суммарный вес трубного пучка	kg	2025,95	3171,67
Корпус	m	17	17
Вес корпуса	kg	1487,67	1757,47
1,1 Суммарный вес корпуса и трубного пучка	kg	3864,98	5422,05
Цена Stahl 20	EUR/kg	3	3
Закупочные цены	EUR	11.595	16.266
Стоимость 4x теплообменников(без переходников, кранов и байпаса)	EUR	46.380	65.065

Учет потерь тепла внешнего пневмотранспорта длиной			
труба диаметром	m	400	400
Температура окружающего воздуха летом	m	0,219	0,273
Температура окружающего воздуха зимой		20	20
Температура окружающего воздуха зимой		-20	-20
Ак=принимаем	kcal/m2*h*°C	5	5
Средний температурный напор летом		10	10
Средний температурный напор зимой		50	50
Наружная поверхность пневмотранспорта	m2	275	343
Потери тепла летом	kcal/час	13.753	17.144
% от тепла передаваемого воде	%	2,14	1,78
Потери тепла зимой	kcal/час	68.766	85.722
% от тепла передаваемого воде		10,68	8,88

Учет потерь тепла через теплообменник длиной			
труба диаметром	m	60	60
Потери тепла летом	m	0,406	0,478
Потери тепла летом	kcal/час	3.825	4.503
% от тепла передаваемого воде	%	0,59	0,47
Потери тепла зимой	kcal/час	19.123	22.514
% от тепла передаваемого воде		2,97	2,33



Сравнение расчётов холодильника при использовании атмосферного воздуха при различных скоростях

Наименование	12 m/s	20 m/s	30m/s
Расход пыли, т/ч	50	50	50
Расход пыли, кг/с	13,89	13,89	13,89
Концентрация пыли, кг/кг	12	12	12
Расход транспортирующего воздуха, кг/ч	4166,67	4166,67	4166,67
кг/с	1,16	1,16	1,16
Давление воздуха, бар	2	2	2
Температура воздуха, С	100	100	100
Плотность воздуха, кг/м3	1,89	1,89	1,89
Скорость ПВС во входном патрубке, м/с	12	20	33
Расход ПВС, м3/с	0,61	0,61	0,61
Площадь входного сечения патрубка, м2	0,05	0,03	0,02
Диаметр входного патрубка, м	0,26	0,20	0,15
Внешний диаметр трубок, мм	38	38	38
Толщина стенки, мм	5	5	5
Внутренний диаметр трубок, мм	28	28	28
Площадь сечения одной трубки, м2	0,000616	0,000616	0,000616
Количество трубок	83	50	30
Принимаем количеств трубок	81	49	30
Общее проходное сечение в трубках, м2	0,050	0,030	0,018
Скорость на входе в трубки, м/с	12,29	20,31	33,18
Поперечный относительный шаг	1,16	1,16	1,16
Продольный относительный шаг	1,00	1,00	1,00
Поперечный шаг, мм	44	44	44
Продольный шаг, мм	38,11	38,11	38,11
Для прямоугольного сечения			
Количество труб в ряду поперек охл. Воздуха	9	7	6
Количество рядов труб вдоль потока воздуха	9	7	5
Ширина, мм	440	352	308
Глубина, мм	381,05	304,84	228,63
Площадь перед входом в трубную доску, м2	0,17	0,11	0,07
Отношение площадей на входе в доску и внутри труб	3,36	3,56	3,81
<b>Скорость ПВС на входе в трубную доску, м/с</b>	<b>3,66</b>	<b>5,71</b>	<b>8,70</b>



## 6. Техническое задание на конструкцию установки

Разработке итогового технического задания предшествовали различные промежуточные варианты. Это было связано с тем, что одновременно выполнялись оценочные предварительные расчёты, прежде всего потерь давления сжатого воздуха в теплообменнике, и поиск оборудования, позволявшего встроить теплообменник в систему пневмотранспорта.

Итоговое техническое задание предусматривает расчёт двух вариантов:

- установку теплообменника в систему пневмотранспорта с учётом перепадов давления около 1,0 бар по линии пневмотранспорта за холодильником;
- установку теплообменника непосредственно за рукавным фильтром в отдельной системе короткого пневмотранспорта.

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

**на работы ЗАО «ЗиО-КОТЭС» по теме «Расчет, разработка конструкции и рабочей документации на охладитель угольной пыли для Помольной установки для производства пылеугольного топлива с мельницей LOESCHE»**

4.1. Технические показатели работы охладителя угольной пыли должны соответствовать приведенным в таблице 4.1

Таблица 4.1.

Технические показатели работы охладителя пыли		
1	Производительность по угольной пыли, т/ч	50
2	Количество транспортирующего воздуха (при концентрации пыли 12 кг пыли/кг воздуха), кг/ч	4167
3	Температура пылевоздушной смеси на входе в охладитель, °С	100
4	Температура пылевоздушной смеси на выходе из охладителя, °С	≤50
5	Абсолютное (избыточное) давление пылевоздушной смеси на выходе из охладителя, бар	Вариант 1 1,03 (0,03) Вариант 2 2,0 (1,0)
5.1.	Перепад давления пылевоздушной смеси в охладителе,* бар, не более, предпочтительно максимально возможный	1,6 1,8
6	Вид охлаждающего носителя (среды)	Воздух
7	Температура охлаждающего воздуха, °С, на входе в охладитель угольной пыли	26
8	Абсолютное давление охлаждающего воздуха на входе в охладитель, бар	1
9	Атмосферное давление в месте установки, кПа	101,3

\*без учета сопротивления раскателей или вращающихся активаторов, установленных в раздающих конусных переходах на входе в трубную доску с целью равномерной раздачи пылевоздушной смеси по трубкам и/или предотвращения отложений пыли на входе в трубную доску.



4.2. Технические показатели угольной пыли приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2.

Технические показатели угольной пыли		
1	Вид и марка угля	Бурый уголь Бородинского месторождения
2	Насыпная плотность пыли, т/м <sup>3</sup>	0,5
3	Плотность угля, т/м <sup>3</sup>	1,44
4	Тонкость помола угольной пыли R <sub>90</sub> , % R <sub>200</sub> , %	15 <5
5	Удельная теплоемкость угольной пыли, кДж/(кг*К)	1,33

5. **Предмет договора:** работа состоит из следующих частей:

5.1. Проведение расчетов с целью определения профиля и основных технических решений по охладителю угольной пыли:

5.1.1. Вариантные расчеты (всего 2 варианта в соответствии с п.5.1 табл.4.1) с определением принципиальной конструкции охладителя пыли на основе инженерных методик, нормативных и справочных материалов с оформлением сводной сравнительной таблицы, включающей:

- потери давления по тракту пылевоздушной смеси, также показатели давления, температур и скорости между секциями;
- ориентировочный вес трубных пучков и конструкции в целом по вариантам;
- потери давления по тракту охлаждающего воздуха.

На основе проведенных расчетов выбор и согласование с Заказчиком одного варианта конструкции охладителя пыли для разработки рабочих чертежей и выполнения уточняющих расчетов. Заказчик также предоставляет решение по узлу, раздающему пылевоздушную среду на входе в трубные доски, в виде чертежей с указанием всех геометрических размеров и данных по сопротивлению этих узлов по пылевоздушной смеси.

5.1.2. Оценочный расчёт режима работы выбранного варианта конструкции охладителя пыли:

- а) для зимнего режима при температуре охлаждающего воздуха на входе в охладитель минус 20/минус 40 градусов;
- б) для максимального летнего режима при температуре воздуха на входе в охладитель плюс 36 градусов.

5.1.3. Для выбранного варианта конструкции на основе технического задания Заказчика Исполнитель выполняет математическое моделирование конструкции входного (раздающего) узла охладителя для определения степени равномерности распределения потоков на входе в трубные пучки (с учетом п.5.3.2 настоящего Технического задания).

Чертежи входного (раздающего пылевоздушную среду) узла охладителя, двух вариантов рассекателя и техническое задание на моделирование предоставляет Заказчик.

На трубной доске предусмотреть свободное место под установку фальш-трубки по оси охладителя пыли.

Выполняется 4 расчета входного (раздающего) узла охладителя:

- а) при протекании однофазной среды (воздуха) без установки рассекателя;
- б) при протекании двухфазной среды (воздух+пыль) без установки рассекателя;
- в) при протекании двухфазной среды (воздух+пыль) с установкой рассекателя (2 варианта конструкции).



5.1.4. Уточнение коэффициента теплоотдачи от пылевоздушной среды к стенке трубы на основании математического моделирования течения двухфазной среды внутри одиночной трубы теплообменника.

5.2. Предварительная оценка стоимости изготовления выбранного варианта конструкции охладителя пыли на основе ориентировочных расчетных массовых показателей.

5.3. Разработка конструкции и рабочей документации охладителя угольной пыли.

5.3.1. Границы разработки охладителя угольной пыли для ЗАО «ЗиО-КОТЭС»:

- по пылевоздушной смеси: от входного патрубка охладителя угольной пыли до выходного патрубка из охладителя угольной пыли (по раздающим узлам на входе в охладитель угольной пыли и переходным трубам между секциями с учетом п.5.3.2);

- по охлаждающему воздуху: от входного патрубка в охладитель угольной пыли до выходного патрубка из охладителя угольной пыли;

5.3.2. Узел раздачи пылевоздушного потока по трубкам охладителя угольной пыли, переходные трубы между секциями охладителя угольной пыли, защита от износа этих элементов, а также места и способ ввода продувочного воздуха (для удаления возможных отложений) разрабатываются совместно с Заказчиком.

5.3.3. Предполагаемые границы изготовления:

Заказчиком изготавливаются и поставляются:

- переходные трубы между секциями охладителя угольной пыли;
- абразивная защита от износа переходных труб и трубной доски, а также устройства для ввода продувочного воздуха;
- устройства КИП для контроля работы охладителя (на основе спецификации Исполнителя).

Исполнителем изготавливаются и поставляются (по отдельному договору):

- секции трубного теплообменника, включая внешний корпус, переходы между секциями по тракту охлаждающего воздуха;
- стальные конусные переходы от переходных труб к секциям трубного теплообменника.

Абразивная защита конусных переходов выполняется Заказчиком на месте монтажа установки (специальный бетон толщиной около 25 мм).

По результатам завершения работ стороны могут договориться о ином распределении работ по изготовлению.

5.3.4. Общий вид охладителя на чертежах ЗАО «ЗиО-КОТЭС» включает в себя разработанные узлы по пунктам 5.3.1 и 5.3.2 с указанием границ ответственности.

5.3.5. Разработка рабочей документации ведется по Техническим условиям ОАО «Подольский машиностроительный завод», как потенциального изготовителя и поставщика охладителя пыли. Исполнитель оказывает Заказчику содействие в заключении договора на изготовление оборудования с ОАО «Подольский машиностроительный завод». В случае если Заказчиком будет выбран другой завод-изготовитель, переработка рабочей документации под другие Технические условия осуществляется по отдельному договору (дополнительному соглашению).

5.4. Разработка калькуляции на изготовление охладителя угольной пыли.

5.5. Проведение авторского надзора за изготовлением охладителя угольной пыли.

При необходимости по отдельному договору (дополнительному соглашению)

Исполнитель может разработать регламент пуска-останова установки по охлаждению



угольной пыли, при условии предоставления Заказчиком общей технологической схемы установки, спецификации выбранного оборудования, инструкций по эксплуатации на все оборудование, включенное в состав установки.

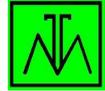


Итоговое техническое задание базировалось на следующих предварительно проработанных ЗиО КОТЕС вариантах расчётов.

№ п/п	Вариант Variante	№	4	5	6	7
1	Производительность по угольной пыли Kohlestaubmenge	т/ч t/h	50	50	50	50
2	Количество транспортирующего воздуха Menge von Transportluft	кг/ч kg/h	4166,7	4166,7	4166,7	4166,7
3	Температура ПВС на входе в охладитель Temperatur von Kohlestaub-Luft-Mischung beim Eingang in Kohlestaubkühler	°C	100,2	100,2	100	102,3
4	Температура ПВС на выходе из охладителя Temperatur von Kohlestaub-Luft-Mischung beim Ausgang aus dem Kohlestaubkühler	°C	50	50	50	50
5	типоразмер труб Abmessungen den Rohren	Мм mm	38x5	38x5	38x5	38x5
6	шаг продольный Schritt, längslaufend	М m	0,054	0,054	0,054	0,054
7	шаг поперечный Schritt, quer	М m	0,047	0,047	0,047	0,047
8	Кол-во секций Sektionsmenge	шт. Scht.	6	6	6	6
9	Высота труб в одной секции Hohe von Rohr-Sektion	М m	12,5	12,5	12	10,4
10	Количество трубок в секции Anzahl den Rohren in einer Sektion	шт. Scht.	54	54	60	84
11	Количество фальш-трубок в секции Anzahl den Falsch-Rohren in einer Sektion	шт. Scht.	13	13	17	21
12	Общая масса трубных пакетов Gesamt Gewicht von Rohr-Sektionen	Кг kg	20474	20474	22588	26695
13	Давление ПВС на входе в охладитель, абсолютн. Druck von Kohlestaub-Luft-Mischung (KLM) beim Eingang in Kohlestaubkühler (absolut)	Бар bar	3,8	2,68	2,54	2,09
14	Давление ПВС на выходе из охладителя, абсолютн. Druck von Kohlestaub-Luft-Mischung (KLM) beim Ausgang aus dem Kohlestaubkühler (absolut)	Бар bar	2	1,03	1,03	1,03
15	Перепад давления по тракту ПВС охладителя* Druckdifferenz in Kohlestaubkühler * bei KLM-Transport	Бар bar	<b>1,8</b>	<b>1,65</b>	<b>1,51</b>	<b>1,06</b>



16	Давление (абсолютное) в воздухоподводящей машине (компрессоре) транспортирующего воздуха с учетом нормативного запаса, не менее ** Druck (absolut) nach dem Kompressor für Transportluft unter Berücksichtigung der normierten Reserve, nicht weniger	Бар bar	4,56	3,22	3,05	2,51
17	Требуемая производительность компрессора с учетом нормативного коэффициента запаса Leistung des Kompressors unter Berücksichtigung der normierten Reserve	кг/ч kg/h	4583	4583	4583	4583
18	Средняя скорость ПВС Mittlere Geschwindigkeit von KLM	м/с m/s	12,5	20,4	18,9	15,0
19	Минимальная скорость ПВС в трубках (для 1 секции) Minimale Geschwindigkeit von KLM in Rohren für erste Sektion	м/с m/s	9,8	13,9	13,2	11,5
20	Максимальная скорость ПВС в трубках (для 6 секции) Maximale Geschwindigkeit von KLM in Rohren für letzte Sektion	м/с m/s	16,1	31,3	28,2	20,1
21	Расход охлаждающего воздуха Menge von Kühl- Luft	нм <sup>3</sup> /ч nm <sup>3</sup> /h	143176	143176	143176	143176
22	Средняя скорость охл.воздуха Mittlere Geschwindigkeit von Kühl-Luft	м/с m/s	28,9	28,9	26,7	27,9
23	Средняя скорость охл.воздуха в 1-ой секции Mittlere Geschwindigkeit von Kühl-Luft in erste Sektion	м/с m/s	30,4	30,4	27,9	29,4
24	Средняя скорость охл.воздуха в 6-ой секции Mittlere Geschwindigkeit von Kühle-Luft in letzte Sektion	м/с m/s	27,4	27,4	25,4	26,4
25	Перепад давления по охл.воздуху Druck-Differenz bei Kühl-Luft-Transport in Kühler	Па Pa	5885	5885	5130	6550
26	Коэффициент запаса по давлению Koeffizient für Berechnungen Druck-Reserve	-	1,2	1,2	1,2	1,2
27	Коэффициент запаса по производительности Koeffizient für Berechnungen Menge-Reserve	-	1,1	1,1	1,1	1,1
28	Перепад давления по охл.воздуху с учетом нормативного запаса Druck- Differenz unter Reserve-Berücksichtigung PP 26 für Druck	Па Pa	7062	7062	6156	7860



29	Производительность всасывающего вентилятора с учетом нормативного запаса Leistung des Einsauggebläse unter Reserve-Berücksichtigung für Luft-Menge	м <sup>3</sup> /ч nm <sup>3</sup> /h	<b>157494</b>	<b>157494</b>	<b>157494</b>	<b>157494</b>
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

\* - без учета сопротивления рассекателей/крыльчатки на входе в трубный пучок

\*-ohne Berücksichtigung der Druckverlust beim Verteiler in Kone bei Eingang in Rohr-Bundel

\*\* - без учета:

ohne Berücksichtigung:

1. потерь давления в загрузочном устройстве на ввод материала в трубопровод, которое зависит от типа загрузочного устройства и может находиться в диапазоне 0,002-0,005 МПа; (не входит в зону ответственности ЗиО-КОТЭС)

1. Druckverlust bei Kohlestaubeingang in Druckluft-Transport. Dieses Druckverlust ist von Typ des Material-Einbringers abhängig und liegt im Bereich 0,002-0,005 МПа;(liegt außerhalb Verantwortungsbereich ZioKotec)

2. потерь давления в подводящем воздухопроводе (не входит в зону ответственности ЗиО-КОТЭС).

п. 16, 17, 26,27,28, 29 - для справки (не входят в зону ответственности ЗиО-КОТЭС)

2. Druckverlust in Druckluftleitung ;(liegt außerhalb Verantwortungsbereich ZioKotec)