

УДК 628.33:621.77

## ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ ОАО «КРИВОРОЖСТАЛЬ»

**З. С. МУЗЫКИНА**, канд. техн. наук, ученый секретарь,

**С. И. ЭПШТЕЙН**, канд. техн. наук, главный специалист

УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

**Н. А. ЧАПЛЯ**, главный технолог, **В. И. МУХА**, ведущий инженер

ЗАО «Энергосталь», г. Харьков

**Л. Г. МАКСИМЕНКО**, начальник экологического управления, менеджер по экологии,

**Д. В. МАНЬКОВ**, заместитель начальника СОБ

ОАО «Криворожсталь», г. Кривой Рог

---

Рассмотрена схема водоснабжения сточных вод прокатных цехов ОАО «Криворожсталь». Предложены технические решения по очистке сточных вод прокатных цехов, а также общего стока ОАО «Криворожсталь», сбрасываемого в р. Ингулец.

---

Сточные воды ОАО «Криворожсталь» с содержанием взвешенных веществ до 20 мг/л, нефтепродуктов – 5–6 мг/л, общего железа – 4 мг/л из пруда-накопителя № 1 сбрасываются в канал и далее в р. Ингулец. Согласно требованиям, предъявляемым государственными контролирующими органами, содержание в сбросе как нефтепродуктов, так и общего железа не должно превышать 0,3 мг/л.

Помимо указанного сброса, в этот же канал от других предприятий сбрасываются воды, которые разбавляются стоками ОАО «Криворожсталь», и поэтому возник вопрос не только о сокращении сброса загрязненных стоков, но и об их очистке.

Перед УкрГНТЦ «Энергосталь» была поставлена задача разработать технические решения по очистке сточных вод прокатных станков и при этом обеспечить очистку существующего объема сточных вод, сбрасываемых в р. Ингулец до требуемых норм.

Оборотное водоснабжение загрязненных сточных вод основных цехов ОАО «Криворожсталь» осуществляется через пруды-шламонакопители (рис. 1).

По данным комбината, общий объем пруда-шламонакопителя № 1 составляет 946 тыс. м<sup>3</sup>, полезный – 636 тыс. м<sup>3</sup>. В пруд-шламонакопитель № 1 попадают дебалансные загрязненные воды прокатных цехов. Расход

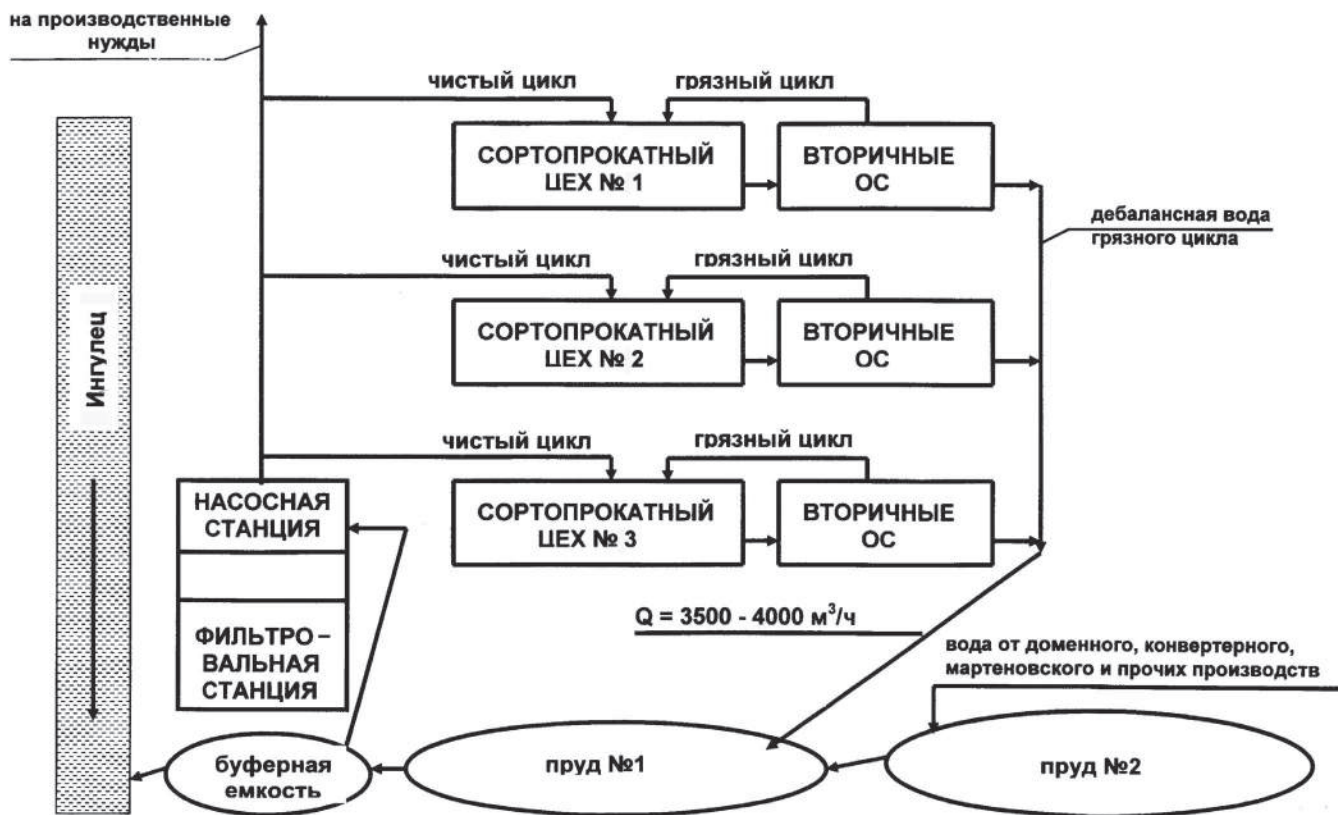


Рис. 1. Существующая схема очистки дебалансных стоков прокатных цехов

дебалансных вод в конце 2003 – начале 2004 г. составлял 3000–4000 м<sup>3</sup>/час, содержание взвешенных веществ – 100 мг/л, нефтепродуктов – до 30 мг/л. В пруд-шламонакопитель № 1 поступают также дебалансные воды от доменного производства № 2 (ДП № 9). Расход воды, возвращаемый в производство из пруда-шламонакопителя № 1, составлял 2500 м<sup>3</sup>/час.

Общий объем пруда-шламонакопителя № 2 составляет 925 тыс. м<sup>3</sup>, полезный объем – 730 тыс. м<sup>3</sup>. В пруд-шламонакопитель № 2 поступают сточные воды от газоочисток конвертерного, мартеновского, доменного производства № 1, аглофабрики. Расход воды, возвращаемый в производство из пруда-шламонакопителя № 2, равен 9000 м<sup>3</sup>/час, содержание нефтепродуктов – до 0,3 мг/л.

Расход воды, сбрасываемый в канал из буферного пруда, составлял 3000–4000 м<sup>3</sup>/час. На протяжении года наблюдалось превышение нормированного содержания на сбросе: нефтепродуктов – 5–6 мг/л, железа – до 4 мг/л.

Содержание загрязнений в сточных водах, сбрасываемых из шламонакопителей № 1, 2 и буферной емкости, приведено в табл. 1.

Как следует из табл. 1, концентрация загрязнений по многим показателям превышает ПДК. Ввиду невозможности осуществления на данном этапе полной очистки сбрасываемого стока, необходимо было выделить те загрязнения, которые наносят наибольший ущерб окружа-

ющей среде, и плата за сверхнормативные сбросы которых максимальна. С этой целью были выполнены расчеты платы за сверхнормативные сбросы стоков из буферной емкости (табл. 2). Как следует из приведенных данных, основную часть платежей составляет плата за сброс нефтепродуктов, железа и фенолов.

Определение содержания общего железа лабораторией защиты водоемов ОАО «Криворожсталь» проводится в нефилтрованных пробах, поэтому получаемый показатель отражает суммарное содержание железа, находящегося в воде в растворенном виде, и железа, перешедшего в раствор в результате растворения соляной кислотой взвеси, в состав которой входят окислы железа. Вторая составляющая значительно превышает величину железа, находящегося в воде в ионном виде.

Поэтому, по предложению УкрГНТЦ «Энергосталь», в январе-феврале 2004 г. лабораторией комбината были выполнены анализы на содержание железа в нефилтрованных и фильтрованных пробах воды, поступающей после прокатных цехов в пруд-шламонакопитель № 1: из пруда-шламонакопителя № 1 в буферную емкость и из буферной емкости в канал. Результаты анализов приведены в табл. 3.

Содержание взвешенных веществ в воде после пруда № 1 и после буферной емкости составляет, в среднем, 20 мг/л.

Таблица 1.

Концентрация загрязнений, содержащихся в стоках пруда № 1, пруда № 2, буферной емкости

Дата	Ингредиент	ПДК	Концентрация загрязнений, мг/л		
			Пруд-шламонакопитель № 1	Пруд-шламонакопитель № 2	Буферная емкость
Январь 2004 г.	Азот аммонийный	2,0	9,08	15,8	6,08
	Нитриты	3,3	3,89	4,69	3,0
	Хлориды	370	н/опр	н/опр	309
	Сульфаты	500	– « –	– « –	257
	Нефтепродукты	0,3	3,93	0	2,3
	Железо	0,3	1,3	0,33	н/опр
	Фенолы	0,001	0,002	0,004	– « –
	Роданиды	0,1	0,73	0,94	– « –
Февраль 2004 г. (по отдельным анализам)	Азот аммонийный	2,0	10,75	18,2	6,44
	Нитриты	3,3	3,12	4,13	3,43
	Хлориды	370	319	487	298
	Сульфаты	500	314	319	306
	Нефтепродукты	0,3	3,2	н/опр	2,32
	Железо	0,3	1,54	– « –	1,35
Средние значения за февраль 2004 г.	Азот аммонийный	2,0	12,4	19	н/опр
	Нитриты	3,3	3,66	4,56	– « –
	Хлориды	370	341	501	– « –
	Сульфаты	500	326	321	– « –
	Нефтепродукты	0,3	2,27	н/опр	– « –
	Железо	0,3	1,54	0,38	– « –
	Фенолы	0,001	0,002	0,004	– « –
	Роданиды	0,1	0,47	1,36	– « –
Март 2004 г.	Азот аммонийный	2,0	13,95	16,15	7,14
	Нитриты	3,0	2,65	4,29	3,97
	Хлориды	370	434	549	390
	Сульфаты	500	382	342	356
	Нефтепродукты	0,3	3,6	0	2,27
	Железо	0,3	1,3	0,66	1,48
	Фенолы	0,001	0,0020	0,004	н/опр
	Роданиды	0,1	0,73	0,94	– « –

Таблица 2.

Расчет «условных» платежей за превышение ПДК загрязнений, содержащихся в стоках буферной емкости

Дата	Ингредиент	ПДК	Базовый норматив платы, грн/т	Буферная емкость			
				Концентрация, мг/л	Разность концентраций, мг/л	Вес сверхнормативного сброса, т/год	Плата за сверхнормативный сброс, грн/год
Январь 2004 г.	Азот аммонийный	2,0	52,5	6,08	4,08	142,96	7505
	Нитриты	3,3	258	3,0	0	н/опр	н/опр
	Хлориды	370	1,5	309	0	– « –	– « –
	Сульфаты	500	1,5	257	0	– « –	– « –
	Нефтепродукты	0,3	309	2,3	2,0	70,08	21654
	Железо	0,3	516	н/опр	н/опр	н/опр	н/опр
	Фенолы	0,001	2993	– « –	– « –	– « –	– « –
	Роданиды	0,1	516	– « –	– « –	– « –	– « –
							Σ 29159



Таблица 2. Продолжение

Дата	Ингредиент	ПДК	Базовый норматив платы, грн/т	Буферная емкость			
				Концентрация, мг/л	Разность концентраций, мг/л	Вес сверхнормативного сброса, т/год	Плата за сверхнормативный сброс, грн/год
Февраль 2004 г. (по отдельным анализам)	Азот аммонийный	2,0	52,5	6,44	4,44	155,6	8167
	Нитриты	3,3	258	3,43	0,13	4,6	1175
	Хлориды	370	1,5	298	82	2,873	4309
	Сульфаты	500	1,5	306	0	0	0
	Нефтепродукты	0,3	309	2,32	2,02	70,78	21871
	Железо	0,3	516	1,35	1,05	36,8	18984
	<b>Σ 54506</b>						
Март 2004 г.	Азот аммонийный	2,0	52,5	7,14	5,14	180	9455
	Нитриты	3,0	258	3,97	0,67	23,5	60
	Хлориды	370	1,5	390	20	700,8	57
	Сульфаты	500	1,5	356	146	5115,8	1051
	Нефтепродукты	0,3	309	2,27	1,97	69	7673,7
	Железо	0,3	516	1,48	1,18	41	21329
	Фенолы	0,001	2993	н/опр	н/опр	н/опр	21335
	Роданиды	0,1	2993	– « –	– « –	– « –	н/опр
<b>Σ 66900</b>							

По данным табл. 3, среднее содержание железа в воде после буферной емкости составляет 1,65 мг/л, в том числе растворенного – 0,36 мг/л. Остальная часть железа (1,65 – 0,36 = 1,29 мг/л) обусловлена наличием в воде 20 мг/л взвешенных веществ.

Таким образом, при удалении из сбрасываемого стока взвешенных веществ значительно снижается содержание в нем железа. Исходя из вышеизложенного и учитывая экономические соображения было принято решение об очистке сточных вод только от механических примесей и нефтепродуктов.

В результате рассмотрения существующего положения и анализа общей схемы водоснабжения комбината, УкрГНТЦ «Энергосталь» проработал следующие варианты схем очистки:

I – организация локальных оборотных циклов прокатных цехов с прекращением сброса замасленных сточных вод в шламонакопитель № 1 (локальная доочистка грязных дебалансных вод каждого прокатного цеха на антрацито-кварцевых фильтрах и подача их в «чистые» циклы прокатных цехов) (рис. 2).

Напорные антрацито-кварцевые фильтры, разработанные УкрГНТЦ «Энергосталь», отличаются высокой

Таблица 3.

Сравнительные данные содержания общего железа в нефильтрованных и фильтрованных пробах

№ п/п	Назначение пробы	Содержание общего железа в пробе, мг/л	
		нефилтрованной	филтрованной
1	После прокатных цехов	4,6	0,43
2	--/--	5,25	0,68
3	После пруда-шламонакопителя № 1	2,08	0,33
4	--/--	1,53	0,48
5	После буферной емкости на сбросе в канал	1,96	0,31
6	--/--	1,37	0,41

эффективностью очистки от взвеси и масел и успешно эксплуатируются на металлургических предприятиях Украины, СНГ и стран дальнего зарубежья. Параметры работы фильтров: скорость фильтрования 30–35 м/час; содержание взвеси в исходной воде 100–150 мг/л; содержание взвеси в осветленной воде – 15–20 мг/л; содержание масел в исходной воде 30–50 мг/л; содержание масел в осветленной воде до 10 мг/л;

II – организация общего оборотного цикла прокатных цехов с прекращением сброса замасленных сточных вод в шламонакопитель № 1 (доочистка грязной дебалансной воды на антрацито-кварцевых фильтрах и подача ее в «чистый» цикл) (рис. 3). Параметры работы фильтров аналогичны параметрам по варианту I;

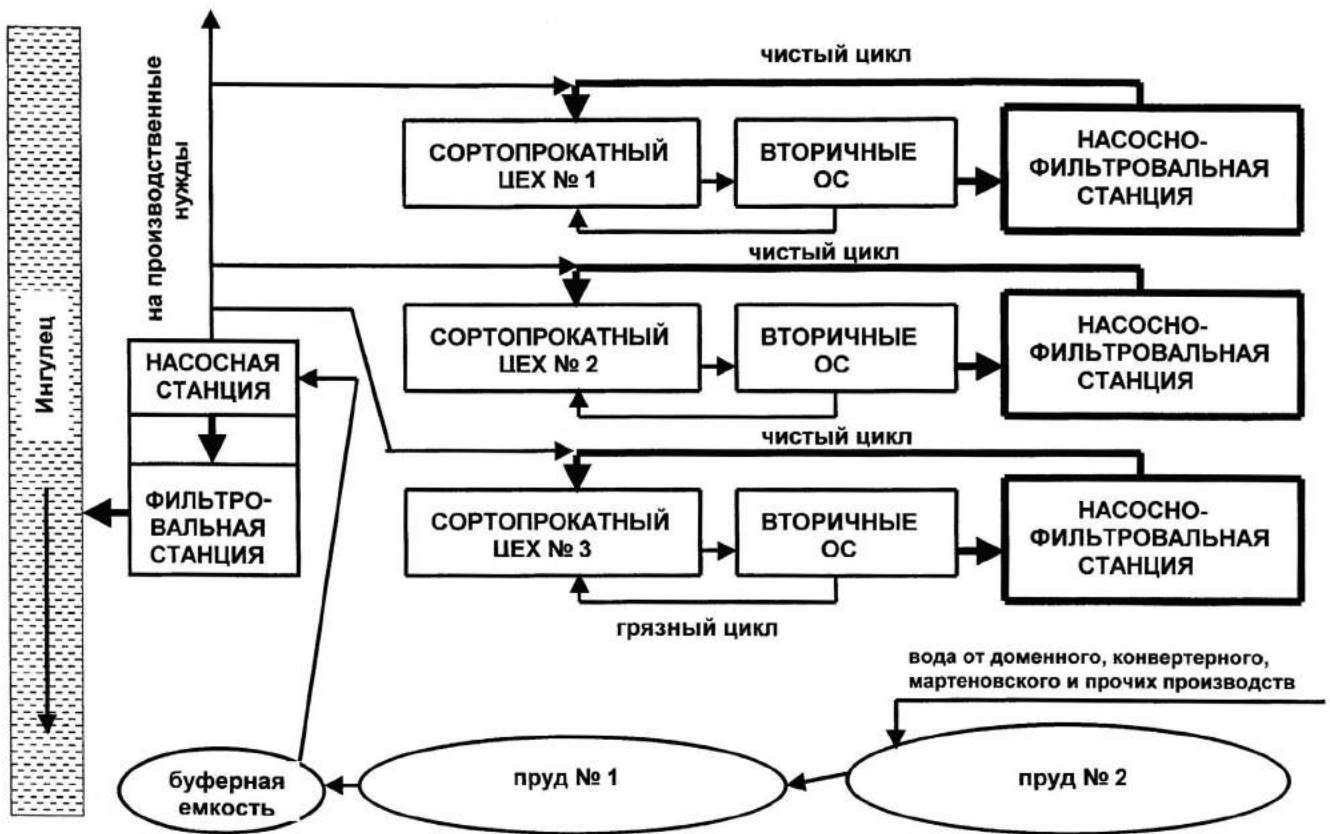


Рис. 2. Локальная очистка дебалансных стоков прокатных цехов

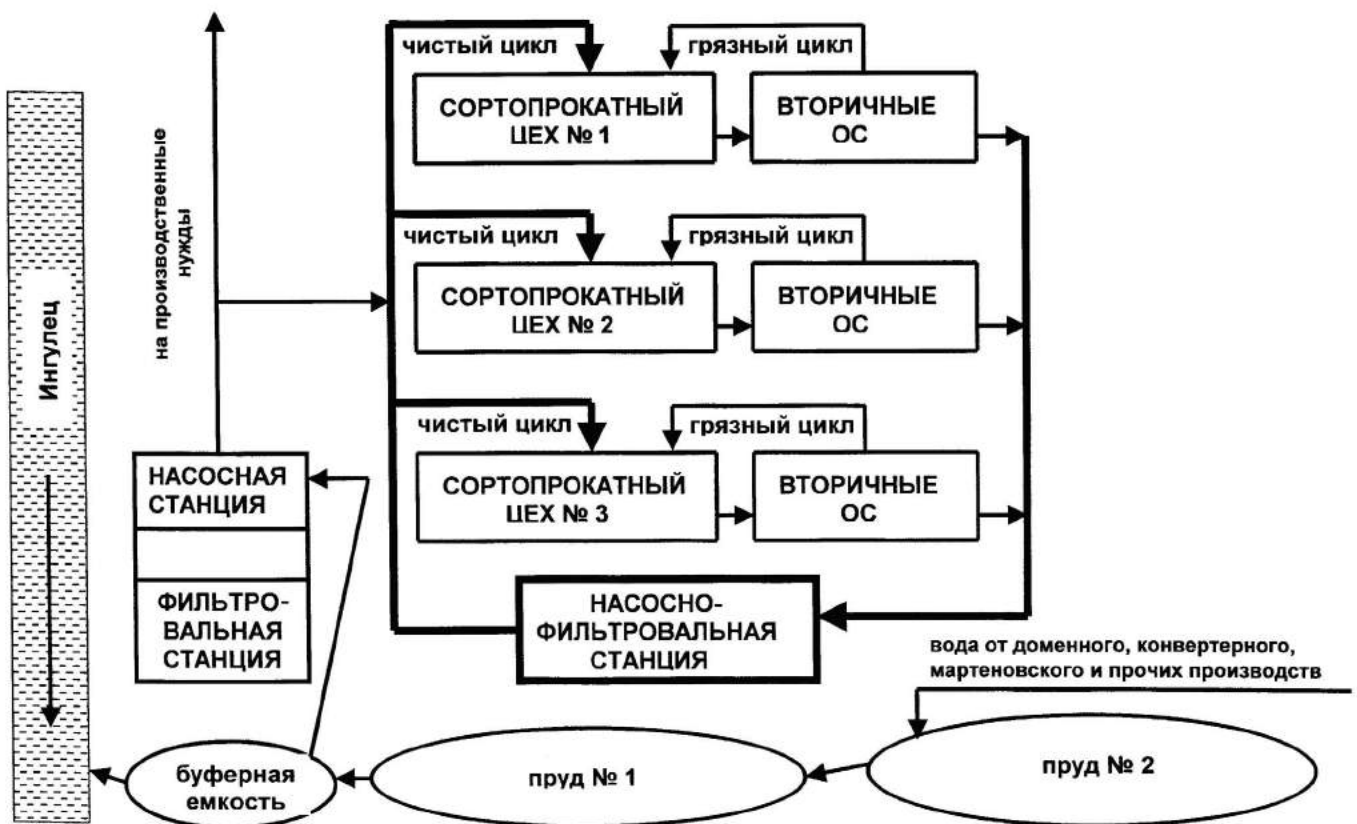


Рис. 3. Очистка общего дебалансного стока прокатных цехов на новой насосно-фильтровальной станции



III – доочистка замасленных вод, сбрасываемых в водоем, до требуемых норм (рис. 4). Однако в данном случае применение только антрацито-кварцевых фильтров недостаточно. При исходном содержании нефтепродуктов 5–6 мг/л ожидаемая концентрация их в осветленной воде составляет 1,5–2,0 мг/л. Поэтому было принято решение осуществить двухступенчатое фильтрование с использованием на второй ступени фильтров только с антрацитовой загрузкой, предназначенной, главным образом, для удаления масел. Основанием для этого послужили проведенные ранее эксперименты по очистке маслосодержащих сточных вод трубопрокатных цехов ОАО «Нижнеднепровский трубопрокатный завод». Опытно-промышленная установка включала две ступени очистки. Первая ступень очистки представляла собой модель промышленного фильтра с антрацито-кварцевой загрузкой, вторая ступень – такую же модель фильтра с однослойной антрацитовой загрузкой.

Загрузка антрацито-кварцевого фильтра полностью соответствовала загрузке промышленного фильтра: нижний слой – кварцевый песок (размер зерен 1,5–3,0 мм); второй слой – антрацит (размер зерен 3,0–6,0 мм). Высота каждого слоя первой ступени составляла 1000,0 мм, общая высота – 2000,0 мм.

Размер зерен антрацита в фильтре второй ступени составлял 2,0–6,0 мм, высота слоя – 2000,0 мм.

Первая ступень очистки была подключена к напорному трубопроводу, подающему осветленную воду после горизонтальных отстойников для доочистки на промышленные фильтры Ø 2,0 м. Фильтрат после фильтра первой ступени очистки под остаточным давлением подавали на фильтр второй ступени очистки. Скорость фильтрования изменяли от 25 м/ч до 40 м/ч. Результаты испытаний приведены в табл. 4. Данные показывают, что при скорости фильтрования 25–35 м/ч остаточное содержание взвешенных веществ в фильтрате после первой ступени очистки не превышает 15 мг/л (при исходной концентрации до 120 мг/л), а остаточное содержание масел составляет 10 мг/л (при исходной концентрации до 100 мг/л). Полученные показатели вполне соответствуют требованиям к качеству воды «условно-чистых» оборотных циклов (концентрация взвеси – до 20 мг/л, масел – до 10 мг/л).

Анализ данных показывает также, что содержание взвешенных веществ в воде после второй ступени фильтрования находится в пределах 1,0–5,0 мг/л (в среднем – 3,0 мг/л); содержание нефтепродуктов колеблется от 0,1 до 0,5 мг/л.

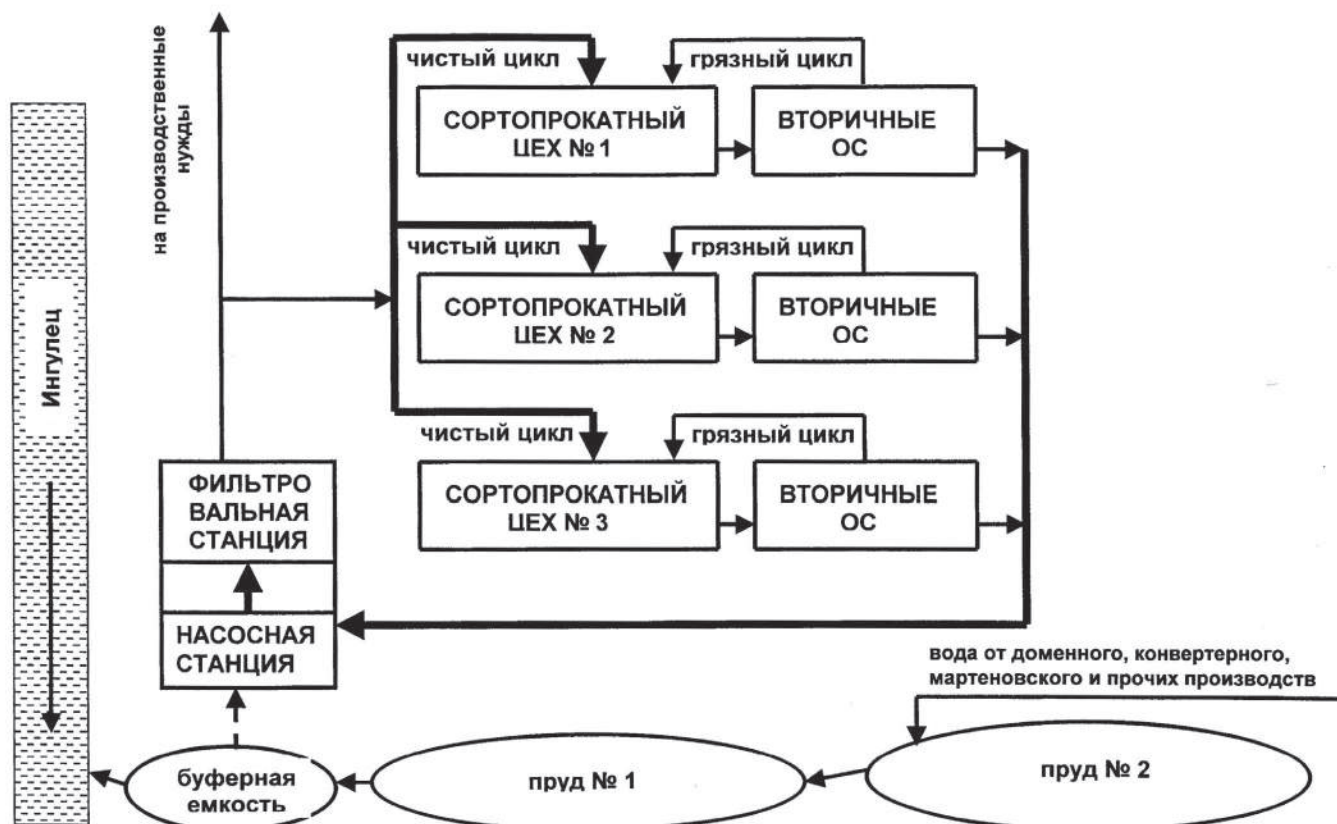


Рис. 4. Очистка общего дебалансного стока прокатных цехов на существующей насосно-фильтровальной станции

Таблица 4.

Результаты опытно-промышленных исследований процесса фильтрования при одноступенчатой и двухступенчатой схемах очистки.

№№ п/п	Скорость фильтрования, м/ч	Режим фильтрования (I, II ступени)	Продолжительность фильтроцикла, час	Концентрация взвешенных веществ $C_{\text{мин}} \div C_{\text{макс}}$ , мг/л		Концентрация нефтепродуктов, $C_{\text{мин}} \div C_{\text{макс}}$ , мг/л	
				до фильтра	после фильтра	до фильтра	после фильтра
Фильтрование через двухслойный антрацито-кварцевый фильтр (I – одноступенчатая схема)							
1	30	I	61	32,0 – 112,0	0,5 – 3,5	10,0 – 66,8	1,0 – 5,0
2	30	I	54	23,0 – 113,0	8,0 – 9,0	1,43 – 13,3	0,7 – 1,9
3	25	I	70	36,0 – 100,5	1,5 – 9,0	88,9 – 97,2	4,9 – 13,6
4	25	I	90	15,5 – 108,0	0,5 – 15,0	0,57 – 6,33	0,19 – 2,03
Двухступенчатое фильтрование (I ступень – двухслойный антрацито-кварцевый фильтр; II ступень – угольный фильтр)							
5	30	I	66	27,0 – 120,0	1,0 – 24,0	4,25 – 16,34	0,25 – 7,35
	30	II	66	1,0 – 24,0	1,0 – 3,0	0,25 – 7,35	0,17 – 0,5
6	25	I	86	12,0 – 61,0	1,0 – 6,0	0,34 – 8,85	0,15 – 0,53
	25	II	86	1,0 – 6,0	1,0 – 5,0	0,15 – 0,53	0,1 – 0,45
7	35	I	48	32,0 – 95,0	1,0 – 5,0	0,89 – 10,57	0,17 – 0,33
	35	II	48	1,0 – 5,0	1,0 – 2,0	0,16 – 0,33	0,1 – 0,21
8	40	I	69	11,0 – 54,0	1,0 – 5,0	0,67 – 4,92	0,22 – 1,15
	40	II	69	1,0 – 5,0	4,0 – 5,0	0,22 – 1,15	0,15 – 0,51
9	45	I	48	21,5 – 52,0	1,0 – 4,0	2,16 – 11,65	0,4 – 3,02
	45	II	48	1,0 – 4,0	1,0 – 2,0	0,4 – 3,02	0,14 – 1,2
10	35	I	54	18,0 – 61,0	1,0 – 4,0	1,79 – 8,59	0,17 – 0,89
	35	II	54	1,0 – 4,0	1,0 – 2,0	0,17 – 0,89	0,11 – 0,52

С учетом данных, представленных в табл. 3, следует, что при содержании взвешенных веществ после двухступенчатой очистки около 3 мг/л, количество железа, обусловленное наличием в воде взвеси, пропорционально уменьшится до 0,18 мг/л, и общая концентрация железа в воде составит приблизительно 0,54 мг/л.

Таким образом, после двухступенчатой очистки вода будет удовлетворять условиям, поставленным комбинатом и основанным на требованиях, предъявляемых государственными контролирующими органами.

На основании анализа предложенных решений следует:

Реализация вариантов I или II с организацией локальных систем либо общего оборотного цикла водоснабжения прокатных цехов позволит исключить сброс стоков, загрязненных маслами и замасленной окалиной, в пруд-шламонакопитель № 1.

Указанные варианты УкрГНТЦ «Энергосталь» рассматривает как основные, позволяющие доочистить сточные воды прокатных цехов и вернуть их в «чистые» циклы этих же цехов. Это даст возможность существенно сократить потребление воды на подпитку «чистых» циклов прокатных цехов, и необходимо будет пополнять лишь потери воды на испарение, каплеунос и отвод со шламом. Кроме того, при осуществлении вариантов I или

II исключается загрязнение маслами воды и шламов, попадающих в пруд-шламонакопитель № 1 от других потребителей.

При необходимости доочистки стоков, сбрасываемых в водоем, от взвешенных веществ и масел может быть реализован вариант с двухступенчатой схемой фильтрования. В соответствии с этим вариантом предлагается объем воды, сбрасываемой из буферного пруда, подвергнуть очистке на предварительно введенной в эксплуатацию фильтровальной станции с существующими пенополистирольными фильтрами, переоборудованными в антрацито-кварцевые и угольные. Оптимальные параметры работы фильтров определяются в процессе наладки.

## ВЫВОДЫ

1. УкрГНТЦ «Энергосталь» разработал ряд вариантов схем по очистке сточных вод прокатных цехов, а также общего стока ОАО «Криворожсталь», сбрасываемого в р. Ингулец.

2. Приведены параметры очистки сточных вод, которые могут быть достигнуты в результате осуществления предложенных технических решений:



- по оборотным циклам: концентрация взвеси – до 20 мг/л, масел – до 10 мг/л;
  - по стокам, сбрасываемым в реку Ингулец: концентрация взвешенных веществ – в среднем 3 мг/л, содержание нефтепродуктов – 0,1–0,5 мг/л, содержание железа – до 0,54 мг/л.
3. Предлагаемые технические решения позволят:
- использовать в качестве подпиточной воды для условно «чистого» цикла прокатных цехов очищенные дебалансные воды из условно «грязного» цикла прокатных цехов и сократить объем сбрасываемых загрязненных стоков в водоем;
  - довести в общем сбросе, попадающем в р. Ингулец, содержание загрязнений до нормируемых показателей.