

УДК 628.33

З. С. МУЗЫКИНА, канд. техн. наук, ученый секретарь,
С. И. ЭПШТЕЙН, канд. техн. наук, **Г. С. ПАНТЕЛЯТ**, докт. техн. наук
УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков
Н. А. ЧАПЛЯ, главный технолог, **В. И. МУХА**, главный специалист
ЗАО «Энергосталь», г. Харьков

ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МИНИ-ЗАВОДОВ

Обоснована перспективность применения двухступенчатых схем очистки сточных вод сортопрокатных станков и МНЛЗ. Получена аппроксимирующая зависимость времени защитного действия загрузки от содержания взвеси в исходной и осветленной воде; приведены номограммы для практического пользования. Предложенные решения подтверждены эксплуатацией действующих систем. Применение двухступенчатых схем обеспечивает сокращение расхода потребляемой электроэнергии, уменьшение площадей, занимаемых очистными сооружениями и снижение удельных капиталовложений на очистку воды.

энергосбережение, экология, сточные воды, МНЛЗ, сортопрокатные станы, очистка, отстойник окалины, антрацито-кварцевые фильтры, двухступенчатая схема

В последнее время в Украине, России и в странах дальнего зарубежья получило широкое распространение создание металлургических мини-заводов (заводов с неполным металлургическим циклом), включающих в качестве основных технологических производств компактные, достаточно производительные сортопрокатные станы, которые работают в блоке с МНЛЗ и предназначены для производства проката широкого сортамента.

Известно, что для очистки сточных вод машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и прокатных станков традиционно используются трехступенчатые схемы.

Исключение одной ступени, помимо экономии капитальных затрат, приведет к значительному сокращению расхода электроэнергии на перекачку воды.

Рассмотрим более подробно типичную схему водоснабжения прокатных станков и МНЛЗ.

В качестве первой ступени очистки применяются первичные отстойники окалины прямоугольного или гидроциклонного типа. В качестве второй ступени очистки используются горизонтальные и радиальные отстойники либо флокуляторы. Доочистка воды осуществляется фильтрованием.

Такие схемы очистки воды МНЛЗ эксплуатируются на ОАО «Северсталь», ОАО «НЛМК», ОАО «Азовсталь», Молдавском металлургическом заводе, электрометаллургическом заводе «Электросталь», московском заводе «Серп и Молот». Аналогичная схема принята и на построенном инофирмами Белорусском металлургическом заводе.

Недостатком трехступенчатых схем очистки являются существенные капиталовложения, необходимость значительных производственных площадей, высокие эксплуатационные затраты. В то же время в зарубежной практике известен ряд случаев применения двухступенчатой очистки сточных вод МНЛЗ и сортопрокатных станков: первичный отстойник – фильтр. При этом на первой ступени применяются сооружения более сложных конструкций, чем обычные прямоугольные ямы для окалины; сооружения, способные совместить две ступени очистки – грубую и более тонкую.

Если для полосовых станков горячей прокатки в основном применяются трехступенчатые схемы очистки, включающие окалиноловушки для отделения крупной окалины, отстойники для вторичной очистки стоков и фильтры для глубокой очистки, то для осветления сточных вод сортопрокатных станков и МНЛЗ встречается применение как трехступенчатых, так и двухступенчатых схем очистки. В случае двухступенчатых схем на первой ступени используется первичный отстойник окалины – так называемый осадительный циклон, на второй – песчаные фильтры [1]. При этом грубая и последующая, более тонкая очистка воды происходит в осадительном циклоне.

Известны и другие нетрадиционные решения схем очистки сточных вод МНЛЗ и сортопрокатных станков, а также оригинальные способы удаления выпавшей окалины. Встречаются схемы с гидро-, либо пневмотран-



спортирующей системой для передачи осадка из бункеров накопления, находящихся в подстановых районах или под МНЛЗ, на внешние очистные сооружения, размещенные за пределами цеха. Указанные способы применяются в Германии и ряде других стран [2, 3].

Значительные преимущества двухступенчатые схемы имеют в условиях действующих заводов при сложившемся дефиците производственных площадей.

Анализ требований к качеству воды прокатных станов и МНЛЗ, предъявляемых разными иносфирмами, показывает, что параметры, заложенные в конкретных проектах, значительно отличаются друг от друга, причем в ряде случаев имеют место необоснованно жесткие требования к степени очистки воды.

При разработке систем оборотного водоснабжения станов горячей прокатки и МНЛЗ в данной работе были использованы «Указания по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий» [4].

Согласно указанному материалу, к качеству очищенной воды «грязного» оборотного цикла прокатных станов предъявляются следующие требования:

- содержание взвешенных веществ – $50 \div 100 \text{ мг/дм}^3$;
- крупность частиц – не более 40 мкм ;
- содержание масел – $50 \div 60 \text{ мг/дм}^3$.

При выборе способов и схем очистки сточных вод МНЛЗ руководствовались на основе вышеуказанного документа следующими требованиями к качеству воды:

- содержание взвешенных веществ – $30 \div 40 \text{ мг/дм}^3$;
- крупность частиц – не более 30 мкм ;
- содержание масел (плавающих) – не выше 20 мг/дм^3 ;
- растворенные и эмульгированные масла не лимитируются.

Для использования воды в «чистых» оборотных циклах в ней должно содержаться до 20 мг/дм^3 взвешенных веществ и до 10 мг/дм^3 масел.

В то же время необходимо отметить, что согласно документу [4] вода, поступающая для доочистки на фильтры, должна содержать не более 150 мг/дм^3 взвешенных веществ и до 100 мг/дм^3 масел. При этом эффективность очистки от взвеси – 90% , от масел – 70% .

На основании анализа технико-экономических показателей ряда возможных технологических схем очистки сточных вод МНЛЗ и сортопрокатных станов в УкрГНТЦ «Энергосталь» разработаны основные ва-

рианты двухступенчатых схем очистки указанных видов масло-окалиносодержащих стоков. Так, для очистки сточных вод МНЛЗ электросталеплавильного цеха Руставского металлургического завода предложена схема, включающая отстойник гидроциклонного типа и антрацито-кварцевые фильтры (рис. 1). Из первичного отстойника отбор воды осуществляется двумя потоками – предварительно очищенной воды из внутренней камеры для гидросмыва окалины и воды с более высокой степенью очистки из внешнего лотка – на фильтрование.

Расход воды на первичный отстойник составляет $2000 \text{ м}^3/\text{час}$, расход воды на фильтрование – $700 \text{ м}^3/\text{час}$.

Осветление промывных вод фильтров осуществляется во флокуляторах диаметром $6,0 \text{ м}$.

Для системы оборотного водоснабжения стана «600» винтовой прокатки электросталеплавильного завода «Электросталь» предложена следующая двухступенчатая схема (рис. 2). На первой ступени очистки применен отстойник окалины гидроциклонного типа усовершенствованной конструкции диаметром $15,0 \text{ м}$ и высотой $15,0 \text{ м}$. Гидравлическая нагрузка на отстойник составляет $12 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$. Расход воды на первичный отстойник составляет $2170 \text{ м}^3/\text{час}$. После первичного отстаивания часть воды ($627 \text{ м}^3/\text{час}$) возвращается в начальные точки

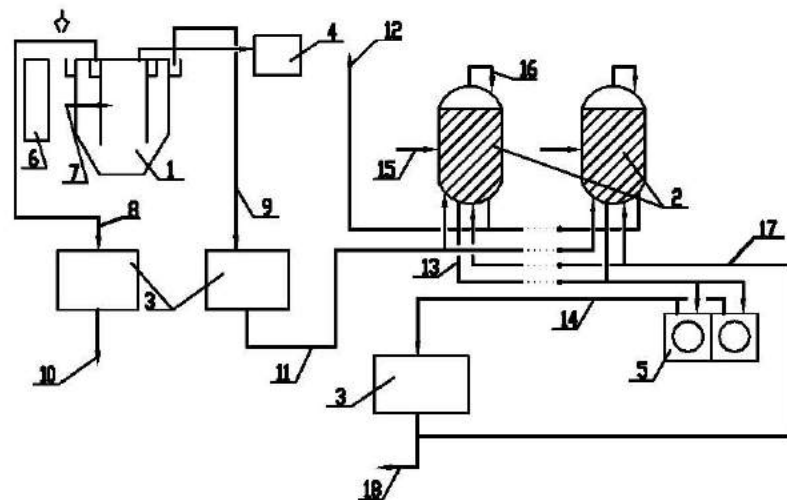


Рис. 1. Принципиальная схема очистки сточных вод МНЛЗ ЭСПЦ Руставского металлургического завода:

- 1 – яма для окалины гидроциклонного типа; 2 – антрацито-кварцевые фильтры;
- 3 – насосная станция; 4 – маслоразделительный резервуар; 5 – вентиляционная градирня; 6 – бункер обезвоживания шлама; 7 – подача загрязненной воды;
- 8 – предварительно осветленная вода; 9 – осветленная вода на фильтрование;
- 10 – предварительно осветленная вода на гидросмыв; 11 – осветленная вода на фильтрование;
- 12 – отработанная промывная вода на очистку; 13 – фильтрованная вода на охлаждение; 14 – фильтрованная охлажденная вода;
- 15 – подача сжатого воздуха; 16 – выпуск сжатого воздуха; 17 – фильтрованная охлажденная вода на промывку фильтров; 18 – фильтрованная охлажденная вода для потребителя

лотков гидросмыва на побуждение окалины, а остальная часть (1546 м³/час) направляется на вторичную очистку на антрацито-кварцевые фильтры. Промывка фильтров предусмотрена отстоенной водой грязного цикла. Промывные воды фильтров осветляются в радиальном отстойнике диаметром 30 м. Фильтрованная вода после охлаждения на градирнях подается потребителям стана.

Выпавшая в первичном отстойнике окалина с помощью разработанной системы гидросмыва собирается в шламоборнике, из которого с помощью грейфера удаляется в бункер для обезвоживания.

Отличием приведенных систем является очистка воды в две ступени с отказом от вторичных очистных сооружений за счет улучшения гидравлического режима на первой ступени очистки.

При этом особенностью последней системы водоснабжения является применение усовершенствованной конструкции первичного отстойника (рис. 3), имеющего в центре бункер для осадка, а в днище – радиальные каналы, в которых находятся трубы с соплами для смыва осадка. Над бункером расположена вертикальная шахта диаметром 3+5 м, в которую тангенциально подается загрязненная вода. Водосборный лоток размещен на периферии. Осадок выпадает в бункер и на дно радиальных каналов, откуда периодически смывается в бункер. Из бункера осадок удаляется грейферным краном.

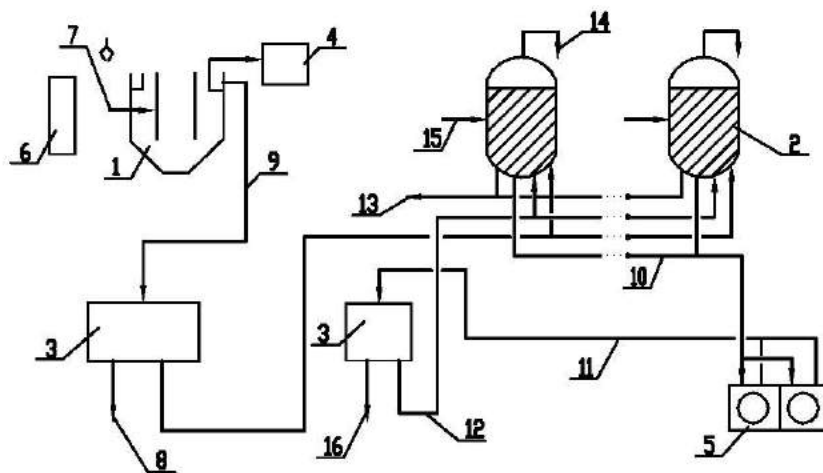


Рис. 2. Принципиальная схема очистки сточных вод стана «600»

винтовой прокатки электрометаллургического завода «Электросталь»:

- 1 – усовершенствованная яма для окалины; 2 – антрацито-кварцевый фильтр; 3 – насосная станция; 4 – маслоразделительный резервуар; 5 – вентиляционная градирня; 6 – бункер обезвоживания; 7 – подача загрязненной воды; 8 – предварительно осветленная вода на гидросмыв; 9 – предварительно осветленная вода; 10 – фильтрованная вода на охлаждение; 11 – фильтрованная охлажденная вода; 12 – фильтрованная охлажденная вода на промывку фильтров; 13 – отработанная промывная вода на очистку; 14 – отвод сжатого воздуха; 15 – подача сжатого воздуха; 16 – фильтрованная охлажденная вода потребителю.

Выполнен расчет процесса осветления воды в первичном отстойнике. Для этого использованы данные по гранулометрическому составу взвеси, поступающей в первичный отстойник окалины стана 350/250 и характеризующейся значительным содержанием мелких фракций. Методика расчета процесса осветления состоит в определении гидравлической крупности, соответствующей среднему размеру каждой фракции, расчете процентного и весового содержания каждой фракции в общей массе взвешенных веществ и, наконец, вычислении суммарного содержания взвеси в осветленной воде.

Для удобства пользования при расчетах составлена таблица указанных величин при разных концентрациях взвешенных веществ в исходной воде (табл. 1).

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что при удельной гидравлической нагрузке на первичный отстойник, равной 12,0 м³/м²час (с учетом коэффициента использования объема, принятым по аналогии с вертикальными отстойниками, 0,35 [5]) и содержании взвешенных веществ в исходной воде от 440 до 1000 мг/дм³ концентрация их в осветленной воде соответственно составит 100+230 м³/дм³.

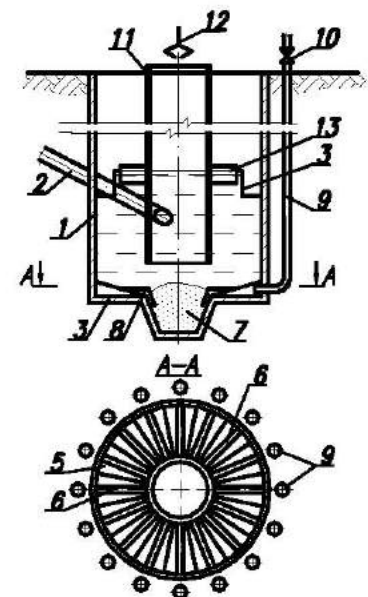


Рис. 3. Первичный отстойник

усовершенствованной конструкции:

- 1 – корпус; 2 – устройство для подвода загрязненной воды; 3 – устройство для отвода осветленной воды; 4 – днище; 5 – радиальные ребра; 6 – каналы; 7 – шламоборник; 8 – отражательный козырек; 9 – распределительное устройство; 10 – запорное устройство; 11 – погружной цилиндр; 12 – грейферный кран; 13 – полупогружная перегородка.



Таблица 1. Расчетный гранулометрический состав взвеси сточных вод сортопрокатных станом и МНЛЗ

Средний размер фракций, мкм	Средняя гидравлическая крупность, см/с	Процентное содержание фракций, %	Масса частиц фракции при заданной исходной концентрации, мг/дм ³			
			Сисх=440	Сисх=600	Сисх=800	Сисх=1000
5	0,00459	1	4,4	6	8	10
7	0,00899	4	17,6	24	32	40
15	0,04	1,8	7,92	10,8	14,4	18
25	0,115	2,6	11,44	15,6	20,8	26
35	0,225	2,6	11,44	15,6	20,8	26
50	0,46	5	22	30	40	50
70	0,899	3	13,2	18	24	30
90	1,49	4	17,6	24	32	40
125	2,01	8	35,2	48	64	80
175	2,86	6	26,4	36	48	60
250	4,52	6	26,4	36	48	60
350	5,34	6	26,4	36	48	60
450	6,85	2	8,8	12	16	20
750	11,06	14	61,6	84	112	140
1500	17,5	12	52,8	72	96	120
3500	31,6	11	48,4	66	88	110
5000	39,4	11	48,4	66	88	110

Изучение кинетики всплывания масел показывает, что при исходной концентрации масел 17–40 мг/дм³, остаточное содержание их составит 13–25 мг/дм³; при максимальной концентрации масел в исходной воде 140 мг/дм³ остаточное содержание их – около 100 мг/дм³.

Ввиду упрощения общей схемы очистки и исключения вторичных очистных сооружений необходимо было установить, допустимо ли некоторое превышение концентрации взвешенных веществ в воде, подаваемой на фильтры, а также определить степень влияния этого превышения на продолжительность защитного действия фильтра.

Исследования проведены на опытно-промышленной установке, которая была подсоединена к действующей системе оборотного водоснабжения сортопрокатного станом и МНЛЗ Молдавского металлургического завода так, что вода на нее поступала непосредственно после предварительной очистки на первой ступени. Концентрация взвешенных веществ в исходной воде колебалась от 50 до 300 мг/дм³, масел – от 7 до 25 мг/дм³. Анализ полученных данных показал, что остаточное содержание взвеси, равное 40 мг/дм³ и соответствующее верхнему допустимому пределу для воды «грязного» оборотного цикла МНЛЗ, при скорости фильтрования 25 м/час достигается через 33 часа работы фильтра. Содержание масел в осветленной воде колебалось от 3 до 12 мг/дм³.

Полученные экспериментальные данные использованы при прогнозировании времени защитного действия загрузки и определении параметров работы промышленных фильтров.

Для этого предложена методика расчета процесса фильтрования, основанная на разработке математического описания процесса с учетом физической сущности

явления. Получено уравнение, связывающее скорость фильтрования, начальную и конечную концентрацию с временем защитного действия загрузки, т. е. временем, в течение которого данная загрузка способна осветлять воду до заданной степени.

Время защитного действия, по истечении которого содержание загрязнений в осветленной воде превышает допустимое значение c , определяется по формуле:

$$t_{\text{д}} = \frac{1}{bCoV} \left[\ln(e^{aH} - 1) - \ln\left(\frac{C_0}{C_{\text{в}}} - 1\right) \right],$$

где: $t_{\text{д}}$ – время (продолжительность) защитного действия загрузки, час;

a } – параметры процесса фильтрования;
 b }

C_0 – концентрация взвешенных веществ в воде до фильтрования, г/дм³;

$C_{\text{в}}$ – концентрация взвешенных веществ в воде после фильтрования, г/дм³;

H – высота слоя фильтрующего материала, м;

V – скорость фильтрования, м/час.

Параметры фильтрования a и b учитывают совокупное влияние физико-механических свойств воды и взвеси, причем параметр a определяется на основании экспериментальных данных, параметр b – расчетным путем.

С целью упрощения расчетов для промышленного антрацито-кварцевого фильтра с общей высотой загрузки 2,0 м построены номограммы по определению продолжительности защитного действия загрузки при очистке сточных вод сортопрокатных станом и МНЛЗ (рис. 4–7).

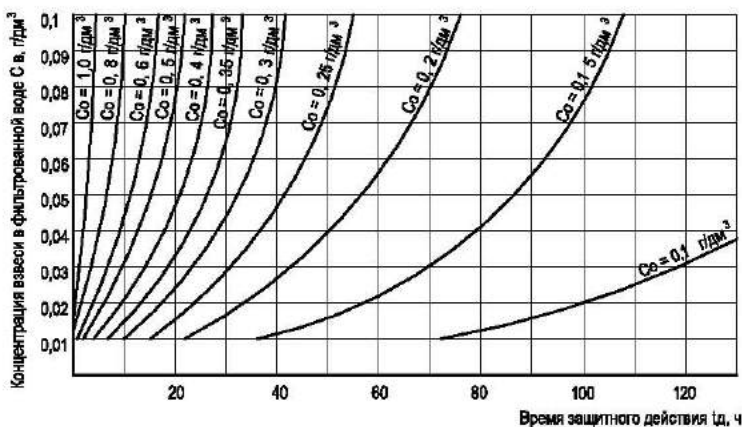


Рис. 4. Номограмма для определения времени защитного действия при фильтровании сточных вод сортопрокатных станов со скоростью $V = 25$ м/час

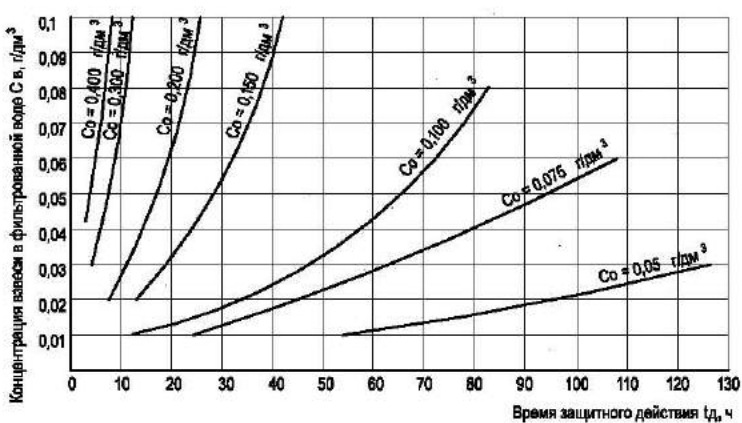


Рис. 5. Номограмма для определения времени защитного действия при фильтровании сточных вод сортопрокатных станов со скоростью $V = 35$ м/час

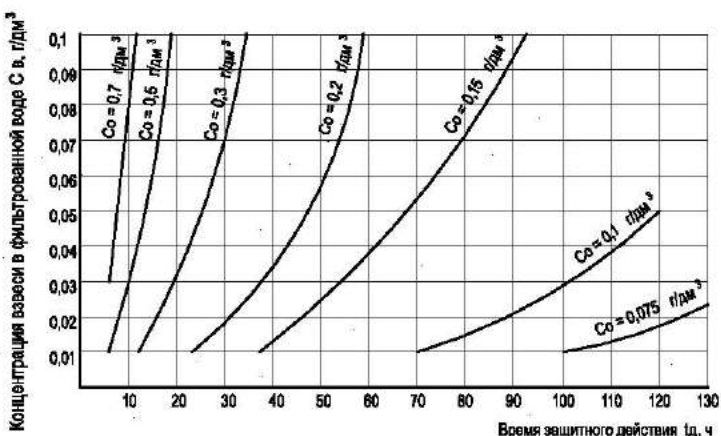


Рис. 6. Номограмма для определения времени защитного действия при фильтровании сточных вод МНЛЗ со скоростью $V = 25$ м/час

Предложенные решения подтверждаются опытом эксплуатации существующих систем водоснабжения, который показывает, что вторая ступень в ряде случаев при очистке сточных вод МНЛЗ и сортопрокатных станов может быть исключена.

Примером этого является эксплуатация системы оборотного водоснабжения установки непрерывной разливки стали СП ООО «Метален». Содержание взвешенных веществ после ямы для окалины составляет 153 мг/дм^3 , масел – $26\text{--}27 \text{ мг/дм}^3$. В качестве второй ступени в схеме применены флокуляторы, концентрация взвеси в воде после флокуляторов составляет $52,6 \text{ мг/дм}^3$, масел – 13 мг/дм^3 . После антрацито-кварцевых фильтров получаемое качество воды таково: содержание взвеси – $3,8 \text{ мг/дм}^3$, масел – $4,2 \text{ мг/дм}^3$. Из приведенных данных следует, что вторая ступень очистки может быть вообще исключена, вследствие чего капитальные затраты и эксплуатационные расходы значительно уменьшатся.

Проведенный анализ сметной стоимости ряда схем показал, что удельные капитальные затраты при создании двухступенчатых схем в 1,5–2 раза меньше аналогичных показателей при схемах с трехступенчатой очисткой.

Но еще более важным достоинством схем с двухступенчатой очисткой является значительное сокращение энергозатрат. Так, исключение второй ступени очистки при расходе воды $2000 \text{ м}^3/\text{час}$ позволяет сократить расход электроэнергии на $2000\text{--}2400 \text{ кВт}\cdot\text{час}$ в сутки, или $730000\text{--}900000 \text{ кВт}\cdot\text{час}$ в год, т. е. $360000\text{--}450000 \text{ кВт}\cdot\text{час}$ в год на $1000 \text{ м}^3/\text{час}$ воды.

ВЫВОДЫ

1. Обоснована перспективность применения двухступенчатых схем очистки сточных вод сортопрокатных станов и МНЛЗ, включающих первичный отстойник окалины усовершенствованной конструкции и антрацито-кварцевые фильтры.
2. По результатам экспериментальных исследований получена аппроксимирующая зависимость, устанавливающая связь между временем защитного действия загрузки при различных скоростях фильтрования и содержанием взвеси в исходной и осветленной воде. Результаты расчетов представлены в виде номограмм, удобных для практического использования.
3. Данные промышленной эксплуатации подтверждают возможность предложенных решений.
4. Техничко-экономическими преимуществами двухступенчатой схемы является упрощение эксплуатации, снижение удельных капиталовложений на очистку воды в 1,5–2 раза и уменьшение площади, занимаемой очистными сооружениями, в 2 раза.



5. Применение двухступенчатой схемы водоснабжения позволит сократить расход электроэнергии на перекачку 1000 м³/час воды на 360–450 тыс. кВт·час в год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Симон Р. Обратное водоснабжение на металлургическом заводе // Iron and Steel Engineering. – 1978. – № 2. – Р. 42–49.
2. Вигдер Н. Обратное водоснабжение в черной металлургии // Черные металлы. – 1983. – № 23. – С. 16–19.
3. Очистка сточных прокатных цехов // Черные металлы. – 1982. – № 3. – С. 36–37.
4. Указания по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий. Очистные сооружения и защита водоемов. ОРД 14.397 – 2.02-87.

Обґрунтована перспективність застосування двохступеневих схем очистки стічних вод сартпрокатних станів і МБЛЗ. Отримана апроксимуюча залежність часу захисної дії завантаження від місткості зависі у вихідній і висвітленій воді; приведені номограми для практичного використання. Запропоновані рішення, підтверджені експлуатацією діючих систем. Застосування двохступеневих схем забезпечує скорочення витрат споживаної електроенергії, зменшення площ, які займають очисні споруди і зниження питомих капіталовкладень на очистку води.

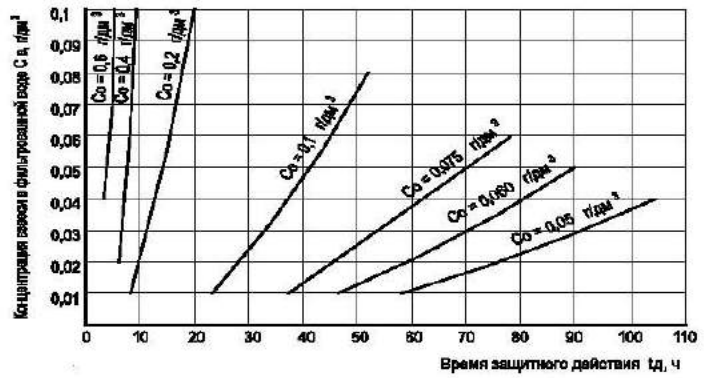


Рис. 7. Номограмма для определения времени защитного действия при фильтровании сточных вод МНЛЗ со скоростью $V = 35$ м/час

5. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 72 с.

Поступила в редакцию 11.04.06

A perspective of using two-level cleaning of effluent from shape mills and continuous casting machines is proved. Approximating dependence of loading protection action time from suspension content in the initial and clarified water was received; nomograms for practical using are resulted. The suggested approaches are confirmed with operational systems. Application of two-level flow sheet diagram of effluent cleaning provides reducing power consumption, areas for placing cleaning units and specific capital investments on water cleaning.