

6
ASS

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

В.К.Голышев

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА
ФАНЕРЫ И МЕБЕЛИ

(05.488 – водоснабжение и канализация)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ленинград
1971

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

В.К.Гольшев

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА
ФАНЕРЫ И МЕБЕЛИ

(05.488 – водоснабжение и канализация)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ленинград
1971



ASS

Работа выполнена в Ленинградском ордена Трудового
Красного Знамени инженерно-строительном институте.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор С.М.ШИФРИН.

Официальные оппоненты : доктор технических наук,
профессор Я.А.КАРЕЛИН,
кандидат технических наук,
доцент Л.Е.ВОЛКОВ.

Ведущее предприятие - институт "Гипродревпром".

Автореферат разослан "_____" ноября 1971 г.

Защита диссертации состоится 30 декабря 1971 г.
на заседании Совета по присуждению ученых степеней
санитарно-технического факультета Ленинградского
ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строитель-
ного института по адресу: Ленинград, Л-5, 2-я Красно-
армейская ул., д.4, в _____ час. _____ мин.

С диссертацией можно ознакомиться в фундамен-
тальной библиотеке института.

Ученый секретарь Совета
кандидат технических
наук, доцент

(Е.А.ПРЕГЕР)

Партия и правительство уделяют большое внимание
вопросам охраны водоемов от загрязнения, рациональному
использованию водных ресурсов страны, улучшению сани-
тарно-бытовых условий жизни народа.

В последние годы был принят ряд постановлений по
вопросам развития водного хозяйства СССР.

Важнейшим документов в этом направлении является
принятый второй сессией Верховного Совета СССР в декаб-
ре 1970 г. Закон "Основы водного законодательства Союза
ССР и союзных республик".

В директивах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану
развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 годы
подчеркивается необходимость разработки научных основ
охраны и преобразования природы в целях улучшения
естественной среды, окружающей человека, и лучшего ис-
пользования природных ресурсов.

В связи с этим необходимо разрабатывать и внедрять
различные эффективные и экономически целесообразные
методы очистки сточных вод бурно развивающихся промыш-
ленности и населенных пунктов. Настоящая работа посвя-
щена решению задачи очистки сточных вод деревообраба-
тывающей промышленности - производства фанеры и мебели.

В составе сточных вод данных производств содер-
жатся фенолы, формальдегид, метанол, фенол-формальде-
гидные и мочевиноформальдегидные (карбамидные) смолы.

Технология данных производств включает множество
различных операций, при которых образуются сточные

воды, содержащие указанные выше компоненты как совместно, так и раздельно. В Советском Союзе разработан ряд методов (в основном физико-химических) очистки производственных высококонцентрированных сточных вод от некоторых отдельных операций производства смол, но являющихся весьма дорогостоящими и не решающими задачу очистки сточных вод фанерно-мебельного производства в целом.

Кроме того, сточные воды, прошедшие очистку, при этом требуют последующей доочистки.

Использование капельных биофильтров в составе очистных сооружений себя не оправдало. Опубликованные в печати материалы как в отечественной, так и в зарубежной литературе настолько скудны, что практически не могут быть использованы для проектирования, строительства и эксплуатации очистных станций.

Нами проведен ряд исследований с использованием физико-химических и биохимических методов очистки сточных вод на базе производства фанеры и мебели. Результаты исследований дали возможность рекомендовать исходные данные проектному институту Гипродревпром для проектирования сооружений на Усть-Ижорском фанерном заводе. Очистные сооружения были запроектированы и построены (первая очередь) в декабре 1970 г. и приняты в эксплуатацию в июле 1971 г. Производительность очистной станции первой очереди составляет 1800 м³/сутки и при полном развитии - 3600 м³/сутки.

В главе первой дан обзор литературы по вопросу очистки сточных вод, образующихся в производстве фенолформальдегидных и карбамидных смол.

Такие сточные воды содержат большое количество фенолов (4-100 г/л), формальдегида (5-300 г/л), метанола (45-120 г/л) и смол (15-17 г/л).

Использование в отечественной практике физико-химических методов для очистки сточных вод от фенолов и формальдегида, таких как сорбционный, ионообменный и метод повторной конденсации оказалось экономически невыгодным и требовало последующей доочистки сточных вод. Остаточное содержание фенолов и формальдегида при физико-химической обработке сточных вод колебалась от 450 до 1000 мг/л. Использование электрохимического метода для доочистки указанных выше сточных вод оказалось нецелесообразным, так как содержание фенолов и формальдегида в сточных водах после доочистки составляло от 2 до 65 мг/л.

Сравнительно недорогим и универсальным является биохимический метод очистки сточных вод.

В отечественной и зарубежной литературе опубликованы материалы по биохимической очистке сточных вод от фенолов, формальдегида и метанола, однако, совершенно отсутствуют данные по очистке сточных вод от смол, применяемых в производстве фанеры и мебели и об очистке сточных вод, образующихся при тепловой обработке древесины.

Следует отметить отсутствие достаточно точных методов по определению смол в сточных водах от производства фанеры и мебели. Поэтому нам пришлось разработать такой метод (весовой) до начала наших исследований.

В главе второй дана краткая характеристика обследованных объектов по производству фанеры и мебели с точки зрения водных операций.

Основной продукцией фанерных и мебельных предприятий являются: древесно-стружечные плиты (ДСП), фанера, фанерные трубы, древесно-слоистые пластики и мебель. Сточные воды указанных производств, в основном, образуются при промывке агрегатов, систем трубопроводов, тарн, полов, тепловой обработки древесины, синтезе смол и др.

Количество сточных вод, образующееся при этом составляет порядка 180-2700 м³/сутки.

Характерной особенностью таких производств является крайне неравномерный сброс технологических сильно загрязненных сточных вод как по количеству, так и по составу. В течение суток величина ХПК сточных вод (с учетом разбавления их производственными условно-чистыми и бытовыми водами) колеблется в пределах 200-3800 мг/л. Поэтому для исключения неравномерности сброса сточных вод в течение суток и обеспечения постоянства их состава необходимо применять усреднители.

С учетом указанного разбавления загрязненных производственных сточных вод общий их расход колеблется от

1000 до 8000 м³/сутки. Состав сточных вод Усть-Ижорского фанерного завода и Ленинградского мебельного комбината приведен в табл. I.

Таблица I
Состав сточных вод фанерного завода и мебельного комбината (усредненные данные).

№ пп	Наименование ингридиентов	Единица измерения	Усть-Ижорский фанерный завод	Ленинградский мебельный комбинат
I	pH		7,2	7,0
2	Взвешенные вещества	мг/л	200	192
	в том числе летучие	"	150	117,5
3	Плотный остаток	"	800	350
	в том числе летучие	"	620	186
4	X П К	"	930	280
5	БПК _{полн.}	"	550	114
6	Хлориды	"	26,6	47,0
7	Сульфаты	"	24,1	60,8
8	Фосфаты	"	3,2	1,65
9	Азот аммонийный	"	26,4	28,7
10	Фенолы	"	34,6	нет
11	Формальдегид	"	98,7	11,1
12	Метанол	"	33,8	14,7
13	Смола	"	135,5	83,3
14	Нефтепродукты	"	95	7,41

В главе третьей и дается описание существующих сооружений полной биохимической очистки на Усть-Ижорском фанерном заводе и Ленинградском мебельном комбинате. Приведены результаты наших исследований этих сооружений.

В составе очистных станций сооружения биохимической очистки представлены капельными биофильтрами с загрузочным материалом из гранитного щебня.

Были обнаружены серьезные недостатки, допущенные в проектах и строительстве сооружений. Была доказана нецелесообразность применения в составе сооружений полной биохимической очистки сточных вод для данных производств капельных биофильтров.

При ХПК и БПК_{полн.} поступающих сточных вод на биофильтры соответственно 1480 и 890 мг/л (для фанерного завода) и 342 и 148 мг/л (для мебельного комбината) в сточных водах после биофильтров остаточное содержание ХПК и БПК_{полн.} было соответственно 1375 и 829 мг/л (для фанерного завода) и 217 и 53 мг/л (для мебельного комбината).

Капельные биофильтры не обеспечивали должного эффекта очистки сточных вод по следующим причинам:

1. Низкие температуры сточных вод в холодное время года (до 4-7°C);
2. Высокие нагрузки по загрязнению;

3. Залповые сбросы высококонцентрированных сточных вод без их усреднения;

4. Присутствия смол в поступающих сточных водах.

Глава четвертая содержит результаты исследований на полупроизводственной установке капельных биофильтров.

Было установлено, что капельные биофильтры могут хорошо работать с учетом специфического состава сточных вод производства фанеры и мебели до БПК_{полн.} исходных сточных вод порядка 110 мг/л, температуре воды не ниже 10°C и при полном отсутствии смол в сточных водах.

В главе пятой приводятся данные по очистке сточных вод от смол. Карбамидные и фенолформальдегидные смолы, используемые в производстве фанеры и мебели хорошо растворимы (до 10 г в 1 л воды) в воде. Попадая на поверхность загрузки биофильтра они настолько снижают сорбционную способность биопленки, что биофильтры быстро выходят из строя (через полторы - две недели).

Отрицательное воздействие смол на эффективность работы капельных биофильтров определило направление дальнейших исследований. Нами была проведена дополнительная работа по очистке сточных вод от смол. При этом были проведены методы: сорбционный, ионообменный, коагуляции и очистка сточных вод от смол подкислением стока разбавленной серной кислотой.

Применение указанных методов для очистки сточных вод от карбамидных смол не дали положительных результатов.

Коагуляцией сернокислым алюминием и подкислением сточных вод удалось частично удалить фенолформальдегидные смолы. Так при содержании их в сточных водах порядка 10-12 г/л методом коагуляции извлекалось около 75%, а подкислением стока - до 79%. Расход сернокислого алюминия и серной кислоты при этом соответственно составлял 400 мг/л и 920 мг/л. Очистка сточных вод от смол с помощью подкисления оказалась более эффективной и экономически целесообразной, так как стоимость серной кислоты, потребной для обработки 1 м³ сточных вод, ниже в 4,5 раза в сравнении со стоимостью сернокислого алюминия.

Помимо перечисленных способов, были сделаны попытки применить звуковую, ультразвуковую и электроимпульсную обработку сточных вод, выпаривание и биохимический метод в аэротенках.

Из всех перечисленных методов наиболее эффективными оказались биохимический и выпаривание.

При выпаривании удалялась вода, а смолы полностью задерживались.

Но этот метод следует считать дорогостоящим в условиях производства фанеры и мебели, вследствие сильной разбросанности источников, образования сточных вод, содержащих смолы и невозможности практически их собрать в одном пункте.

Содержание фенолов, формальдегида и метанола в конденсате было соответственно 4; 3 и 2,5 г/л. Поэтому конденсат нуждался в доочистке. Наиболее целесообразным оказался биохимический метод очистки сточных вод. Исследованиями было установлено, что аэротенки работают хорошо при концентрации карбамидных и фенолформальдегидных смол в сточных водах соответственно 50 и 220 мг/л. Учитывая достаточное разбавление смолосодержащих сточных вод бытовыми и условночистыми (о чем указано выше), количество смол в исходных сточных водах не будет превышать указанных выше величин.

Глава шестая содержит материалы исследований по биохимической очистке сточных вод производства фанеры и мебели на лабораторной модели аэротенков-смесителей.

Экспериментальная установка состояла из аэротенков-смесителей, регенераторов и вторичных отстойников. Аэротенки представляли собой сосуды цилиндрической формы диаметром 100 мм, высотой 1800 мм и емкостью 10 литров. Регенераторами и вторичными отстойниками служили цилиндрические сосуды диаметром 50 и 75 мм, высотой 1800 мм и емкостью 3 и 6,7 литра.

Исходная сточная вода поступала в аэротенки из приемного бака, в который вводилось предварительно приготовленное требуемое количество биогенных веществ.

Контроль за работой установок осуществлялся с по-

мощью химического анализа исходных и очищенных сточных вод, а также микробиологических наблюдений за состоянием активного ила.

Исследования были проведены в 2 этапа.

На I-м этапе проводилась адаптация активного ила, отобранного из аэротенков, работавших на сточных водах производства обогащения руд, содержащих фосфор.

II-й этап - основной - включал исследования по очистке сточных вод предприятий фанеры и мебели, который состоял из пяти циклов, продолжительностью каждого от 4,5 до 7,5 месяцев.

Основными варьируемыми факторами в исследованиях являлись: нагрузка по органическим загрязнениям, температура исходных сточных вод, продолжительность аэрации и процент рециркуляции. В табл. 2 приведены только оптимальные режимы работы опытной установки. Из данных табл. 2 прежде всего следует, что аэротенки работали высокоэффективно. Снижение температуры исходных сточных вод от 18-22°C до 10-12°C не ухудшает качества их очистки; регенерация активного ила не оказывает влияния на эффективность работы сооружения, что указывает на нецелесообразность ее применения.

Микробиологические исследования также подтверждают этот вывод. На аппарате Варбурга определялась интенсивность дыхания активного ила, отобранного из аэротенков и регенераторов. При добавлении к активному илу сточных

вод интенсивность дыхания ила из аэротенка совпадала или даже была несколько выше, чем у активного ила из регенератора, то-есть регенерация не улучшала качества активного ила. Особо следует отметить исследования по У циклу, в котором проверялось влияние залповых поступлений токсичных веществ (в отдельности фенолов, формальдегида, метанола и смол) на установку. Оказалось, что залповые поступления перечисленных выше органических соединений до концентрации соответственно фенола, формальдегида, метанола и смол - 300, 290, 60 и 280 мг/л, к которым адаптирован активный ил не ухудшает качества очистки сточных вод.

В период исследований биоценоз активного ила содержал обычные формы бактерий и простейших, причем состав последних отмечался большим разнообразием.

Электронно-микроскопическое изучение микрофлоры активного ила показало присутствие в иле бактерий своеобразной морфологии: бактерий почкующихся, бактерий с ресничками и др. Кроме того активный ил имел и другие особенности. Так, например, наряду с обычными гидробионтами в активном иле иногда наблюдалось интенсивное развитие диатомовых водорослей и грибов. При развитии грибов было замечено снижение концентрации активного ила до 1 г/л, но качество очистки не ухудшалось, что указывало на хорошую окислительную способность грибов в отношении токсичных веществ, присутствовавших в сточных водах.

Проверка окислительной активности ила, содержащего грибы, в респирометре Варбурга показала, что эндогенное дыхание такого активного ила в 4-5 раз выше, чем обычного.

Результаты исследований были обобщены и на их основании выданы рекомендации институту Гипродревпром (Москва) для проектирования сооружений биохимической очистки на Усть-Ижорском фанерном заводе.

Был рекомендован следующий состав сооружений: насосная станция, горизонтальные песколовки, осветлители-перегниватели, аэротенки, контактные резервуары, иловая насосная станция, хлораторная, иловые и песковая площадки. Для исключения залповых сбросов высококонцентрированных по органическим веществам технологических сточных вод (из цехов производства смол и тепловой обработки древесины) в местах их образования рекомендовалось устройство регулирующих емкостей на двух-трехсуточный (в аварийной ситуации) запас сточных вод. Использование таких емкостей позволит в течение первых суток накапливать в них концентрированные стоки, а в последующие сутки равномерно сбрасывать их.

В качестве основных исходных данных для проектирования сооружений биохимической очистки были приняты:

1. Количество сточных вод 3600 м³/сутки;
2. Продолжительность аэрации сточных вод в аэротенках 20 часов без учета расхода возвратного ила и 11,7 часов с учетом расхода возвратного ила при 70% его рециркуляции;

3. Требуемое количество воздуха на 1 м³ очищаемых сточных вод для аэротенков с низконапорной аэрацией при глубине погружения аэратора 0,8 м - 280-400 м³/м³ в зависимости от температуры сточных вод;

4. Количество избыточного активного ила - 130-240 г на 1 м³ сточных вод в зависимости от температуры и концентрации загрязнений исходных сточных вод;

5. При очистке сточных вод производств фанеры и мебели регенерация активного ила не требуется.

Выбор аэротенков с низконапорной аэрацией объясняется рядом их преимуществ перед другими типами аэротенков.

Исследованием работы аэротенков с низконапорной аэрацией занимались ФИШЕРСТРОМ, Б.Г.МИШУКОВ, Х.А.МЕЛДЕР и другие.

Авторы отмечают, что обладая всеми преимуществами аэротенков с пневматической аэрацией, аэротенки с низконапорной аэрацией лишены некоторых их недостатков (засорение аэраторов) при достаточно высокой экономичности процесса биохимической очистки. Кроме того такие аэротенки отличаются простотой устройства и эксплуатации. Очистные сооружения были построены и сданы в пусконаладочные работы в июле 1971 года.

Опыты, проведенные на аэротенке контактного действия показали, что изменение ХПК сточных вод (при различных нагрузках) во времени может быть описано уравнением первого порядка

$$\frac{dx}{dt} = K \cdot X \quad (1)$$

Таблица 2

Результаты работы опытной установки азрогенков-смесителей

№ п/п	Наименование показателей	Ц и к л ы										
		I		II		III		IV		V		
		исходная вода	очищенная вода									
1	ХПК, мг/л	$\frac{1270}{1255}$ 48,1 53,5	$\frac{1231}{1253}$ 54,1 69,9	$\frac{1687}{1638}$ 52,6 75,1	$\frac{1629}{1620}$ 52,3 56,1	$\frac{1617}{-}$ - -	$\frac{1629}{1620}$ 52,3 56,1	$\frac{1617}{-}$ - -	$\frac{1629}{1620}$ 52,3 56,1	$\frac{1617}{-}$ - -	$\frac{1629}{1620}$ 52,3 56,1	$\frac{1617}{-}$ - -
2	БПК _{полн.} , мг/л	$\frac{1084}{1026}$ 11,6 12,6	$\frac{1023}{1005}$ 13,6 15,9	$\frac{1436}{1328}$ 11,6 18,1	$\frac{1430}{1308}$ 11,9 13,1	$\frac{1392}{-}$ - -	$\frac{1430}{1308}$ 11,9 13,1	$\frac{1392}{-}$ - -	$\frac{1430}{1308}$ 11,9 13,1	$\frac{1392}{-}$ - -	$\frac{1430}{1308}$ 11,9 13,1	$\frac{1392}{-}$ - -
3	Взвешенные вещества, мг/л	$\frac{31}{37}$ 4,6 5,6	$\frac{29}{36,2}$ 7,3 4,4	$\frac{157}{158}$ 10,4 13,7	$\frac{164}{148}$ 9,4 9,2	$\frac{144}{-}$ - -	$\frac{157}{158}$ 10,4 13,7	$\frac{164}{148}$ 9,4 9,2	$\frac{144}{-}$ - -	$\frac{157}{158}$ 10,4 13,7	$\frac{164}{148}$ 9,4 9,2	$\frac{144}{-}$ - -
4	Температура сточных вод, °С	$\frac{18-22}{10-12}$ 18-22 10-12										
5	Продолжительность аэрации, час	17	15,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
6	Концентрация активного ила, г/л (зольность в %)	$\frac{3,6(11,4)}{3,6(12)}$	$\frac{4,2(18,7)}{4,1(18,9)}$	$\frac{4,4(13,7)}{4,4(13,8)}$								
7	Удельный расход воздуха при Нрас. аэр. = 1,3м, м ³ /м ³ ст. вод.	$\frac{135}{120}$	$\frac{135}{120}$	$\frac{150}{140}$								
8	Окислительная мощность в г.д.п. на 1 м ³ сооружения	$\frac{1532}{1448}$	$\frac{1075}{1055}$	$\frac{1767}{1635}$								
9	Нагрузка в мг ХПК на 1 г ила	$\frac{481}{454}$	$\frac{250}{253}$	$\frac{453}{432}$								
10	Количество изоточного активного ила на 1 м ³ ст. вод, в г.	$\frac{138}{175}$	$\frac{154}{178}$	$\frac{198}{240}$								

В числителе указаны значения показателей при температуре исходных сточных вод 18 - 22°C, в знаменателе то же при температуре 10 - 12°C.

Помимо этого, было установлено, что БПК_{полн.} исходных сточных вод, определяемое общепринятым стандартным методом разбавления не отражает фактического количества органических загрязнений, содержащихся в неочищенных сточных водах, которое может быть биохимически окислено. Поэтому следует пользоваться фактическим значением БПК, которое представляет собой

$$L_o^p = (X_o - X_e - P_p \cdot X_u) + L_e \quad , \text{ где}$$

L_o^p - фактическое значение величины БПК_{полн.}

X_o, X_e - ХПК исходных и очищенных сточных вод,

P_p - прирост активного ила,

X_u - ХПК активного ила,

L_e - БПК_{полн.} очищенных сточных вод.

Для неочищенных сточных вод, рассматриваемых производств ХПК и БПК_{полн.} может быть с достаточной точностью определено, как

$$\text{БПК}_{\text{полн.}} = 0,62 \text{ХПК} \quad (2)$$

Линейная зависимость БПК_{полн.} от ХПК допустима вследствие неизменности технологии производства и образующихся в связи с этим концентраций загрязнений сточных вод пропорциональных количеству выпускаемой продукции.

В свою очередь зависимость между БПК_{полн.} и БПК_{факт. полн.} может быть представлена в виде

$$\text{БПК}_{\text{полн.}} = 0,8 \cdot \text{БПК}_{\text{факт. полн.}} \quad (3)$$

1) БПК_{полн.} в этом случае называют БПК, определяемое по стандартной методике.

При биохимической очистке сточных вод соотношение между основными компонентами загрязнений меняется. Вначале удаляются быстроокисляющиеся вещества. Медленноокисляющиеся вещества и продукты метаболизма бактерий как бы накапливаются относительно общего количества загрязнений в сточных водах. Поэтому соотношение между ХПК и БПК для биохимически очищенной воды будет меняться в зависимости от степени очистки.

В производственных аэротенках с низконапорной аэрацией (гл.УП) снижение концентрации загрязнений исходных сточных вод идет за счет биохимических процессов:

$$\frac{C_o}{C_e} = (1 + \kappa \cdot t)^{1,9} \quad (4)$$

где: C_o, C_e - концентрация загрязнений соответственно в исходных и очищенных сточных водах;

κ - константа скорости изъятия органических загрязнений,

t - продолжительность аэрации.

$$\text{или} \quad \sqrt[1,9]{\frac{C_o}{C_e}} - 1 = \kappa \cdot t \quad (5)$$

Используя уравнение (5) можно записать

$$\sqrt[1,9]{\frac{L_o}{L_e}} - 1 = \kappa_1 \cdot t \quad (6)$$

$$\sqrt[1,9]{\frac{X_o}{X_e}} - 1 = \kappa_2 \cdot t \quad (7)$$

где: L_0 и L_t - БПК^{факт.} соответственно исходных и очищенных сточных вод;

K_0 и K_t - ХПК соответственно исходных и очищенных сточных вод.

Разделив уравнение (6) на (7) получим

$$\frac{\sqrt{\frac{L_0}{L_t}} - 1}{\sqrt{\frac{K_0}{K_t}} - 1} = \frac{K_1 \cdot t}{K_2 \cdot t} = \frac{K_1}{K_2} = n \quad (8)$$

Произведя преобразования уравнения (8) получим зависимость $L_t = f(x)$ в виде:

$$\frac{L_t}{L_0} = \left(\frac{1}{n \cdot \sqrt{\frac{K_0}{K_t}} - n + 1} \right)^{1,9} \quad (9)$$

По данным исследований величина $n = 2,14$.

Глава седьмая содержит результаты исследований по определению гидродинамических свойств аэротенков с низконапорной аэрацией, скорости массообмена в них между жидкостью и воздухом, а также приведен метод расчета аэротенков с низконапорной аэрацией для данных производств.

Исследования проводились на производственных аэротенках с низконапорной аэрацией очистных сооружений Усть-Ижорского фанерного завода, запроектированных и построенных по рекомендациям кафедры канализации ЛИСИ (см. главу VI).

Гидродинамические свойства аэротенка определяют процессы массообмена и характеризуются режимом проте-

кания жидкости, степенью ее перемешивания размерами сооружения, способом подачи сточных вод и т.д. Интенсивность перемешивания жидкости проявляется в характере распределения продолжительности пребывания отдельных элементов потока жидкости в сооружении (динамическая характеристика). Экспериментальные методы получения динамических характеристик сводятся к нанесению возмущения на входе исследуемого объекта и анализу прохождения этого возмущения через объект на выходе из него. Возмущающее воздействие наносилось путем импульсного введения индикатора не реагирующего с окружающей средой ($K_2Cr_2O_7$).

Результаты исследований позволили установить математическое описание гидродинамической модели аэротенка при сравнении с идеальным движением жидкости. Исследования показали, что по своим гидродинамическим свойствам аэротенки с низконапорной аэрацией занимают промежуточное положение между идеальным вытеснителем и идеальным смесителем и могут быть представлены моделью последовательно соединенных проточных смесителей, которое описывается уравнением:

$$\frac{1}{m} \cdot \frac{dc}{dt} = \frac{Q}{V_i} (C_{i-1} - C_i) \quad (10)$$

где: m - число смесителей;

Q - расход жидкости;

V_i - объем i -го смесителя;

C_{i-1} ; C_i - концентрации вещества соответственно на входе и выходе i -го смесителя.

Для указанной модели связь между распределением концентрации вещества на выходе и числом смесителей определяется из соотношения:

$$\frac{C_{\tau}}{C_{max}} = \left| \frac{\tau}{\bar{\tau}_i (m-1)} \right|^{m-1} \exp\left(m-1 - \frac{\tau}{\bar{\tau}_i}\right), \quad (II)$$

где: $\frac{C_{\tau}}{C_{max}}$ - отношение концентрации вещества в выходящем потоке жидкости в момент времени к максимальной его концентрации;
 $\bar{\tau}_i$ - продолжительность пребывания жидкости в одном смесителе.

Математическая модель аэротенка с низконапорной аэрацией с учетом кинетики биохимических реакций для первого порядка скорости изъятия загрязнений из сточных вод имеет вид:

$$\frac{C_N}{C_0} = \left(1 + \kappa \cdot \bar{\tau}_i\right)^m, \quad (I2)$$

где: C_N и C_0 - соответственно концентрации загрязнений в поступающей и очищенной воде;
 κ - константа скорости изъятия загрязнений.

Расчет низконапорных аэротенков с учетом данных их гидродинамических исследований следует выполнять по формуле:

$$\frac{C'_N}{C_0} = \left(1 + \kappa \cdot \bar{\tau}_i\right)^m. \quad (I3)$$

Величина C_N с учетом разбавления очищенной водой, поступающей на сооружение вместе с возвратным активным илом равна C'_N

$$C'_N = \frac{C_N \cdot Q_0 + C_0 \cdot Q_u}{Q_0 + Q_u} \quad (I4)$$

где: Q_0 и Q_u - соответственно расходы сточных вод и возвратного активного ила.

Анализ результатов проведенных исследований на опытной установке аэротенков и на производственных аэротенках с низконапорной аэрацией позволил определить значения констант скорости изъятия загрязнений "К" из сточных вод производств фанеры и мебели и число смесителей "m".

При температуре сточных вод 20°C величина "К" по ХПК имеет значение

$$K_{20} = 0,56 \text{ 1/час.}$$

Зависимость константы скорости от температуры достаточно точно выражалась уравнением Стриттера

$$K_T = K_{20} \cdot 1,047^{(T-20)}$$

Значение величины m в зависимости от способа подачи сточных вод имела значения

m = 1,9 - рассредоточенный впуск сточных вод
m = 2,0 - сосредоточенный впуск сточных вод.

Удельный расход воздуха следует определять по формуле :

$$D = \frac{z \cdot L_{\text{сн}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot (C_p - C)} \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ сточных вод (I5)}$$

- где: z - удельный расход кислорода в мг на мг снятой БПК_{полн.} факт. ($z = 0,7 - 0,82$);
- K_1 - коэффициент характеризующий тип аэратора ($K_1 = 0,7$);
- K_2 - коэффициент, зависящий от глубины (h) погружения аэратора (при $h = 0,8$ м $K_2 = 0,8$);
- K_3 - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, $K_3 = 1 + 0,02(t - 20)$,
- t - среднемесячная температура сточных вод за летний период ;
- K_4 - коэффициент характеризующий отношение скорости переноса кислорода в иловой смеси к скорости переноса кислорода в чистой воде ($K_4 = 0,9$);
- C_p - равновесная концентрация кислорода в очищенной сточной воде
- $$C_p = \rho \cdot C_r \cdot \frac{10,3 + \frac{4}{t}}{10,3}$$
- C_r - растворимость кислорода воздуха в дистиллированной воде в зависимости от температуры $T^{\circ}\text{C}$.
- ρ - поправочный коэффициент, выражающий отношение $\frac{C_p}{C_r}$. ($\rho = 0,92$)

В главе восьмой приведены технико-экономические показатели очистки сточных вод производств фанеры и мебели.

Технико-экономические показатели проекта очистных сооружений Усть-Ижорского фанерного завода сравнивались с ранее применявшейся схемой очистки сточных вод, аналогичных предприятий, включавшей капельные биофильтры.

В табл.3 приведена стоимость строительства и эксплуатационные затраты для очистных сооружений производительностью 3600 м³/сутки.

Таблица 3

Наименование показателей	I-й вариант (с низконапорными аэротенками) Производительность станции 3600 м ³ /сут.	II-й вариант (с капельными биофильтрами) Производительность станции 3540 м ³ /сут.
1. Стоимость строительно-монтажных работ, тыс.руб.	469,720	544,700
2. Эксплуатационные расходы, тыс.руб.	137,947	204,596

Сравнивая оба варианта можно заключить о выгоды первого.

Были подсчитаны приведенные затраты по формуле :

$$Z = S + p \cdot K,$$

где: S - годовая себестоимость очищаемой воды;
 ρ - коэффициент эффективности капиталовложений
($\rho = 0,14$ при сроке окупаемости, равным
7 годам);
 K - стоимость строительства.

Приведенные затраты по I и II варианту соответственно
составили :

$$\vartheta_1 = 137947 + 0,14 \times 469720 = 203707,8 \text{ руб.}$$

$$\vartheta_2 = 204596 + 0,14 \times 544700 = 280854 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения I варианта
для Усть-Ижорского фанерного завода составляет :

$$\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = 280854 \text{ руб.} - 203707,8 \text{ руб.} = 77146,2 \text{ руб.}$$

На территории СССР находится около 90 предприятий
производства фанеры и мебели, имеющих в среднем расход
порядка $1500 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Таким образом, общий годовой экономический эффект
по СССР составит :

$$\vartheta_{\text{общ.}} = 77146,2 \text{ руб.} \times 0,4 \times 90 = 2777263,2 \text{ руб.} \text{ или} \\ 2777,26 \text{ тыс.руб.},$$

где: $0,4$ - поправочный коэффициент, полученный как
отношение среднего расхода сточных вод
предприятий фанеры и мебели, расположен-
ных на территории СССР, к расходу сточных
вод Усть-Ижорского фанерного завода $\left(\frac{1500}{3600}\right)$

ВЫВОДЫ :

1. В отечественной и зарубежной специальной лите-
ратуре недостаточно освещены вопросы очистки сточных вод
производств фанеры и мебели.

2. Проведенные нами исследования физико-химических
методов очистки сточных вод фанерно-мебельного производ-
ства показали их непригодность вследствие их неэффектив-
ности или неэкономичности.

3. Капельные биофильтры с учетом состава сточных
вод, указанных выше производств могут работать удовлет-
ворительно при условии, что величина БПК_{полн.} исходных
сточных вод не более 110 мг/л , их температуре не ниже
 10°C и при полном отсутствии смол.

4. Высокоэффективным и экономически целесообразным
способом очистки этих сточных вод является биохими-
ческий - в аэротенках.

5. На основании проведенных исследований были за-
проектированы и построены очистные сооружения, включа-
ющие в свой состав аэротенки с низконапорной аэрацией
на Усть-Ижорском фанерном заводе.

6. Учитывая характер сброса высококонцентрированных
сточных вод, необходимо в местах их образования установ-
ливать усреднители.

7. Установлено, что гидродинамическую модель аэро-
тенков с низконапорной аэрацией можно представить в виде
цепочки последовательно расположенных смесителей.

8. На основании экспериментальных данных был предложен новый метод расчета азротенков с низконапорной аэрацией для очистки сточных вод фанерно-мебельных производств, учитывающий гидродинамические свойства сооружения и кинетику процесса изъятия загрязнений из сточных вод активным илом. Для расчета азротенков по очистке сточных вод производств фанеры и мебели, предложена формула

$$\frac{C_n}{C_0} = (1 + K \cdot \tau_i)^{-n}$$

9. Полученные зависимости :

$$\text{БПК}_{\text{полн.}} = 0,62 \text{ ХПК},$$

$$\text{БПК}_{\text{полн.}} = 0,8 \text{ БПК}_{\text{полн.}}^{\text{факт.}} \quad \text{и}$$

$$\frac{L_{tt}}{L_0} = \left(\frac{1}{n \cdot \sqrt{\frac{L_{tt}}{L_0}} - n + 1} \right)^{1,9}$$

позволяют определить соотношение между ХПК и БПК исходных и очищенных сточных вод производств фанеры и мебели.

10. Полученные исходные данные для проектирования и строительства очистных сооружений, а также их состав могут быть также использованы для очистки сточных вод производств древесно-стружечных плит и карбамидных и фенолформальдегидных смол.

11. Применение в составе очистных сооружений азротенков с низконапорной аэрацией вместо капельных биофильтров дает годовой экономический эффект примерно 30,86 тыс.руб. по каждой очистной станции со средней производительностью около 1500 м³/сутки, а всего по СССР - 2777,26 тыс.рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих изданиях :

1. ШИФРИН С.М., ГОЛЫШЕВ В.К. Опыт работы очистных сооружений фанерно-мебельного производства. Сб. "Санитарная техника". Доклады ко 2-й Научной Конференции молодых ученых строителей, Л., 1967.

2. ШИФРИН С.М., ГОЛЫШЕВ В.К. Исследования по очистке производственных сточных вод предприятий фанерного и мебельного производства. Сб. "Санитарная техника". Доклады к XXVI Научной Конференции ЛИСИ, Л., 1968.

3. ШИФРИН С.М., ГОЛЫШЕВ В.К. Очистка сточных вод производства фанеры и мебели. Сб. "Санитарная техника". Доклады к XXIX Научной конференции ЛИСИ, Л., 1970.

4. ГОЛУБОВСКАЯ Э.К., ГОЛЫШЕВ В.К., СВЕРКАНОВА В.В. Исследование окисления токсических веществ в сточных водах фанерно-мебельного комбината. Сб. "Санитарная техника". Доклады к XXIX научной конференции ЛИСИ, Л., 1970.

Основные положения диссертации доложены и обсуждены :

1) на 2-ой научной конференции молодых ученых - строителей в 1967 г.;

2) на XXVI и XXIX научных конференциях ЛИСИ в 1968 и 1970 гг.

Р.ЛИСИ.Зак.1282-175.М-26652.26.ІІ.71. Бесплатно