

[illegible]

перемешивания и застойных зон. Математическая модель аэротенка имеет следующий вид:

- уравнение материального баланса по биомассе
- уравнение материального баланса по компонентам субстрата
- уравнение материального баланса по неактивной биомассе
- уравнение материального баланса по растворенному кислороду
- уравнение материального баланса по кислороду в газовой фазе где , , – объемный расход потока: поступающего в -ую ячейку, обратного перемешивания и обмена с застойной зоной соответственно, м³/ч; – объем -ой ячейки, м³; – доля потока сточной воды в -ю ячейку; – расход сточной воды в аэротенк, м³/ч; – объемный расход воздуха, подаваемого в -ю ячейку, м³/ч; , , – концентрация активной, неактивной биомассы и растворенного кислорода соответственно, мг/л; , – концентрация обобщенного загрязнения, мгО₂/л, и -го компонента загрязнения, мг/л; = 1 (ХПК), 2 (фенолы), 3 (СПАВ), 4 (гликоли), соответственно; – остаточная концентрация кислорода в воздухе в -ой ячейке, мг/л; – концентрация кислорода в воздухе, кг/м³; , – удельные скорости роста активной биомассы по обобщенному загрязнению и окисления -го компонента загрязнения соответственно, 1/ч; индексы: – номер ячейки, – обратное перемешивание, – застойная зона, – сточная вода; – коэффициент полунасыщения по кислороду, мг/л; – коэффициент ингибирования роста микроорганизмов неактивной биомассой, л/мг; – коэффициент скорости гибели биомассы, 1/ч; , – стехиометрические коэффициенты, – коэффициент окисления неактивной биомассы, л/(мг×ч), – объемный коэффициент массопередачи, 1/ч; – растворимость кислорода, мг/(л×атм); – давление воздуха, подаваемого в аппарат, атм.

В результате идентификации модели кинетики по лабораторному эксперименту [6] в качестве удельной скорости роста активной биомассы по обобщенному загрязнению была выбрана модель Мозера , для удельной скорости окисления основных загрязнений взята степенная модель . Также были определены значения: коэффициента ингибирования роста микроорганизмов неактивной биомассой , л/мг , коэффициента скорости отмирания активной биомассы , 1/ч, коэффициента окисления неактивной биомассы , л/(мг×ч). Для удельной скорости роста биомассы по ХПК коэффициенты были определены равными: , , , . В степенной модели для удельной скорости покомпонентного окисления коэффициенты и (для фенолов), и (для СПАВ), и (для гликолей). Значение объемного коэффициента массопередачи вычисляется по формуле , где – коэффициент массопередачи, – удельная поверхность контакта фаз. Коэффициент массопередачи рассчитывается по модели Хигби [7]: где – коэффициент молекулярной диффузии кислорода, м²/с; – скорость свободного всплытия пузыря воздуха, м/с. Для определения удельной поверхности контакта фаз используется зависимость, предложенная Кальдербанком [8]: где – эмпирический коэффициент, ; – плотность жидкости, г/см³; – поверхностное натяжение жидкости, дин/см; – приведенная скорость воздуха, м/с, вычисляется из соотношения , где – объемный расход воздуха в аппарат, м³/с; – площадь

поперечного сечения аппарата, м². Математическая модель регенератора отличается от модели аэротенка значениями коэффициентов, л/мг; , 1/ч; , л/(мг×ч). В основу модели вторичного отстойника положена теория лимитирующего потока Дика [9]. Математическая модель вторичного отстойника включает уравнения: · уравнение для расчета потока уплотненного ила: · баланс по расходу потоков: · баланс по биомассе учитывает процесс отмирания клеток активного ила · баланс по неактивной биомассе: где – площадь поперечного сечения отстойника, м²; – начальная скорость осаждения, м/ч; – коэффициент модели, ; – объем отстойника, м³; – объемный расход -го потока, концентрации биомассы и продуктов автолиза соответственно; – для входного потока, 2 – потока осветленной жидкости, 3 – потока уплотненного ила; – коэффициент скорости гибели активной биомассы, 1/ч; – номер загрязнения. В модели приняты допущения: 1) концентрация продуктов автолиза в осветленной жидкости равна ее концентрации во входном потоке ; 2) процесс массопередачи кислорода и рост биомассы отсутствуют, ; 3) выходная концентрация кислорода в потоке уплотненного ила принята равной 1 мг/л. Предполагаемый объемный расход сточных вод составляет м³/ч. При этом концентрации загрязнителей равны мгО₂/л (для ХПК общ.), мг/л (для фенолов), мг/л (для СПАВ) и мг/л (для гликолей). Очевидно, что невозможно гарантировать точное соответствие этим значениям действительных параметров сточной воды в процессе эксплуатации БОСВ. Поэтому концентрации фенола, СПАВ и гликолей в сточных водах, расход сточных вод были выбраны в качестве неопределенных параметров системы. Также неопределенными были выбраны коэффициенты и удельной скорости роста биомассы по ХПК. Область неопределенности при этом задается в виде интервала изменения неопределенных параметров на некоторую величину относительно номинального значения. Диапазон изменений был выбран: ±5 для , ±5 для , ±9 для , ±9 для , ±5 для , ±5 для . Поисковые конструктивные величины в задаче – это , , (объемы аэротенка, регенератора и вторичного отстойника). Управляющие параметры – расход воздуха () и доля потока уплотненного ила в регенератор . Таким образом, критерий оптимальности имеет вид: (4) где , , – приведенные стоимости объема отстойника, аэротенка и регенератора, соответственно; – стоимость воздуха; – расход потока уплотненного ила, передающийся в регенератор активного ила, – стоимость перекачки 1 этого потока. Требования технологического регламента, включающие и требования, предъявляемые к качеству очистки, определяются ограничениями: · на содержание загрязнения в сбрасываемой в водоем очищенной воде: (5) где – концентрация загрязнений в очищенной воде, – предельно допустимая концентрация по содержанию загрязнений в очищенной воде: мгО₂/л, мг/л, мг/л, мг/л · на максимальную концентрацию активной биомассы в потоке уплотненного ила: , (6) г/л. · на расход воздуха: (7) . (8) Верхняя граница равна максимальному расходу воздуха, который могут обеспечить все воздуходувки,

задействованные в системе БОСВ. Нижняя граница связана с необходимой степенью перемешивания среды в аэрируемых аппаратах. В задаче (4)-(8) все неопределенные параметры независимы. Предположим, что они имеют нормальное распределение. Воспользуемся преобразованием задачи вида (1)-(2) к оценочной задаче (3), потребовав выполнения ограничения (6) с вероятностью и ограничений (5), (7) и (8) с вероятностью . Результаты решения задачи при разных значениях требуемой вероятности выполнения ограничений приведены в таблице 1. Легко заметить логичную связь между требуемой вероятностью выполнения ограничений и значением критерия: чем больше вероятность, тем больше значение критерия. При этом вероятность выполнения ограничения надо понимать следующим образом: чем больше вероятность, тем больше размер той области, на которой требуется выполнение ограничения. Таблица 1 - Решение номинальной задачи и одноэтапной задачи при разных вероятностях выполнения ограничений

Вид задачи	Номинал	2055,4	2225,6	1112,8	1037,2	2158,7	2111,5	2388,6	1194,3	900,8	2317,5	2130,4	2425,4	1212,7	891,3	2353,2	2149,9	2458,1	1229	892,4	2384,9	2152	2458,1	1229	899,3	2384,9
В таблице 1																										

также приведено решение номинальной задачи, решение которой проводилось в средней точке по неопределенным параметрам. Однако, как видно из таблицы 2, найденное решение номинальной задачи не гарантирует выполнение ограничений при росте объема сточных вод и концентрации фенолов. Таблица 2 - Материальный баланс потоков в оптимальной точке номинальной задачи №

Номинальная нагрузка	1	174	707,0	5,64	11,0	192	0	0,0	2	597	71,95	0,0078	0,56	0,39	8274	7,57	3	183	71,95	0,0078	0,56	0,39	15	7,57	4	414	71,95	0,0078	0,56	0,39
Увеличенная нагрузка	1	182	707,0	5,92	11,0	209	0	0,0	2	634	75,69	0,0094	0,65	0,43	8015	7,56	3	192	75,69	0,0094	0,65	0,43	15	7,56	4	441	75,69	0,0094	0,65	0,43
	11453	56,06	5	0,02	76,05	0,0095	0,66	0,44	11486	55,13	6	451	76,05	0,0095	0,66	0,44	11486	55,13	7	451	72,24	0,0013	0,19	0,39	11489	0,024				