

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»
(наименование)

18.03.02 Энерго– и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Оптимизация системы очистки стоков аэропорта «Домодедово»

Обучающийся

С.В. Щелконогов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023



Росдистант
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

Аннотация

Целью работы является предложение технического решения по постройке очистных сооружений с системой замкнутого водооборотного цикла в аэропорту «Домодедово».

Так как на исследуемом предприятии отсутствуют очистные сооружения способные очистить сток до ПДК, в следствии чего аэропорт несет экономические потери в виде штрафных санкций, все это обосновывает целесообразность реконструкции очистных сооружений.

Бакалаврская работа состоит из введения трех разделов, заключения и списка используемых источников.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи представленной работы.

В первой главе проанализирована технологическая схема биологических очистных сточных вод аэропорта, представлен качественный и количественный состав сточных вод предприятия, выявлены превышения загрязняющих веществ в очищенных стоках.

Во второй главе представлено предлагаемое техническое решение. Представлена схема очистки ливневых стоков. Описана технологическая схема очистки сточных вод после реконструкции.

В третьей главе представлены расчеты основных характеристик предлагаемой схемы очистки.

Заключение содержит основные выводы и результаты работы.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка из 38 использованного источника, включая 5 иностранных источников. Общий объём работы составил 60 страниц машинописного текста, в том числе таблиц – 13, рисунков – 6.

Содержание

Введение.....	4
1 Описание объекта исследования	6
1.1 Анализ технологической схемы системы очистки стоков аэропорта «Домодедово».....	6
1.2 Качественный и количественный анализ стоков	9
1.3 Требования к локальным очистным системам аэропорта	15
2 Предлагаемая схема технического решения по очистным сооружениям с замкнутым водооборотным циклом	23
2.1 Обоснование выбранного решения	23
2.2 Предлагаемая схема очистки ливневых стоков	23
3 Расчетная часть.....	28
3.1 Озонирование с использованием перекиси водорода и едкого натра	28
3.2 Расчет аэротенка.....	29
3.2.1 Расчет биогенных добавок для аэротенка.....	29
3.2.2 Расчет характеристик активного ила	32
3.3 Расчет схемы очистки	35
Заключение	47
Список используемой литературы и используемых источников.....	48

Введение

Деятельность аэропортов наносит значительный вред для окружающей среды. В тех процессах, которые происходят в аэропортах, включая в себя техническое обслуживание бортов, полеты, работу ремонтно- технической базы, автомобильные парковки влекут в себе многочисленные загрязнения окружающей среды.

По состоянию на 7 декабря 2011 г. Федеральный закон № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (далее - Федеральный закон № 416-ФЗ), первый в истории российского законодательства отраслевой закон в сфере водоснабжения и водоотведения, был подписан Президентом Российской Федерации. Это нормативное обязательство накладывает строгие ограничения на предприятия, сбрасывающие сточные воды в систему канализации. Обязательное наличие локальных очистных сооружений (далее - ЛОС) у абонентов, которым установлены нормативы допустимых сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов, является одним из таких требований, как указано в ч. 6 ст. 27 Федерального закона № 416-ФЗ (далее - НДС).

Ранее требованием для получения решения о предоставлении водного объекта в пользование для сброса сточных вод и (или) водоотведения являлась необходимость наличия очистных сооружений, согласно Типовой форме, утвержденной приказом МПР России от 14.03.2007 № 56 (в ред. от 26.06.2009). (см. подпункты 8, 14 пункта 2.3 Приложения 1 к Типовой форме). Для соблюдения, установленного НДС индивидуальным абонентам ЦСВ теперь придется использовать собственные сооружения и устройства, т.е. ЛОС, для очистки сточных вод перед их отводом (сбросом) в централизованную систему канализации.

Одной из самых больших проблем в экологической безопасности является загрязненный поверхностный сток. Влияние деятельности аэропорта на

расположенные поблизости реки и озера изучено в недостаточной степени. Это связано с небольшим количеством работ написанный на эту тему.

Основными загрязняющими веществами в аэропорту являются углеводороды, противообледенительная жидкость, химические реагенты. Данные загрязняющие вещества образуются вследствие выбросов в атмосферный воздух от самолетов, котельных, из-за неправильного обращения с горюче-смазочными материалами, ливневым стоком с твердого и газонного покрытия аэропорта.

Учитывая, что предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воде, предназначенной для технических нужд аэропорта выше, чем при сбросе на рельеф или водоем, целесообразно внедрение замкнутого водооборотного цикла.

Целью работы является предложение технического решения по постройке очистных сооружений с системой замкнутого водооборотного цикла.

Задачи:

- проанализировать технологическую схему системы очистки стоков аэропорта «Домодедово»;
- рассмотреть качественный и количественный анализ стоков;
- обосновать выбранное решение и коррекцию технологической схемы очистки;
- провести расчеты основных параметров технологической схемы.

1 Описание объекта исследования

1.1 Анализ технологической схемы системы очистки стоков аэропорта «Домодедово»

Домодедово - крупный аэропорт федерального значения, расположенный в 30 километрах от Москвы, на границе Раменского и Домодедовского округов.

Годовое количество талых вод, стекающих в водовыпуски №1, №2 и №3 с территории предприятия составляют 167 413.95 м³/год. Общее годовое количество дождевых вод, стекающих с территории предприятия, составляет 2 183 298.6 м³/год.

Таблица 1 – Суточный объем сточных вод

Водовыпуск	q стд.сут, м ³ /сут	q ста. час, м ³ /час
Водовыпуск № 1	7203,3	1200,6
Водовыпуск № 2	12532,9	2088,8
Водовыпуск № 3	3245,8	540,9

Для расчетов НДС и фактического сброса загрязняющих веществ принимаем данные по таблице 2.

Таблица 2 - Годовой объем сточных вод

Водовыпуск	Годовой сброс сточных вод (Q ст), м ³ /год	q ст, м ³ /час
Водовыпуск № 1	851 729,82	1 200,6
Водовыпуск № 2	1 437 080	2 088,8
Водовыпуск № 3	367 310,08	540,9
Итого по объекту:	2 656 119,9	

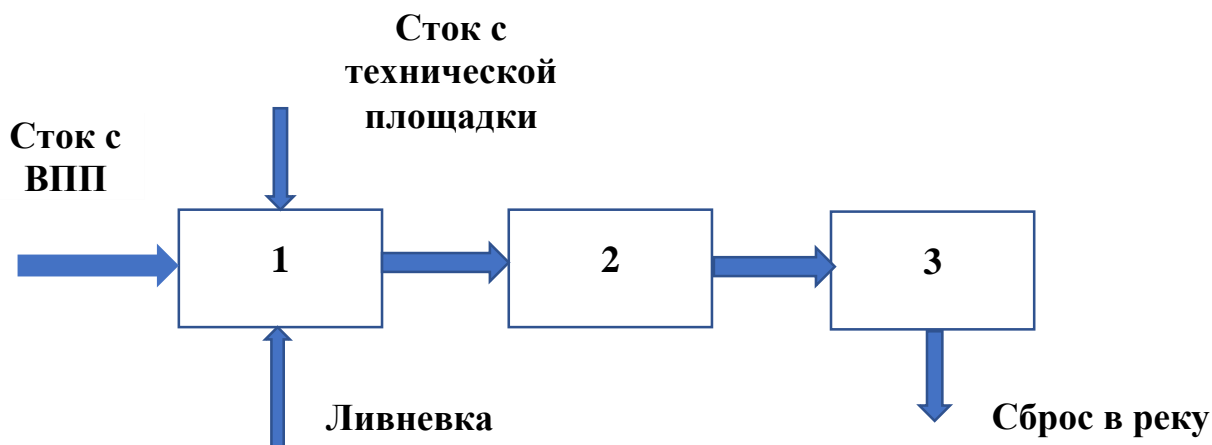
В аэропорту Домодедово развернута технология системы очистки ливневых и промышленных сточных вод с использованием проточных биофильтров (суспензия с микроорганизмами). Когда вода проходит через биофильтр, содержащиеся в ней вредные вещества взаимодействуют с микроорганизмами-разлагателями и распадаются на воду и углекислый газ, которые являются безопасными.

На каждом из выходов ливневых стоков аэропорта Домодедово установлены биофильтры для нейтрализации нефтепродуктов и этиленгликоля (компонент противообледенительного раствора). В качестве фильтрующего материала: чередующиеся слои из смесей природного органического пористого материала и волокнистого материала, а также органического пористого материала и гранулированного материала. Сточная вода фильтруется через слой загрузки, покрытой пленкой из микроорганизмов; отработанная (омертвевшая) биопленка смывается протекающей сточной водой и выносится из биофильтра. Для орошения биомассы предусмотрены оросители, установленные в верхней части корпуса сооружения.

В настоящее время на территории международного аэропорта «Домодедово» применяется следующая схема очистки атмосферных вод и осадков:

- три потока поступают в сборную емкость (ливневый сток, сток с технологической площадки, сток с ВПП);
- стоки поступают в накопительную емкость используемую для сбора сточных вод (отстойник);
- атмосферная вода и осадки проходят через биофильтр;
- далее идет сброс в реку.

Процесс очистки сточных вод международного аэродрома «Домодедово» представлен в виде схемы, которая изображена на рисунке 1.



1 - сборная емкость; 2 - отстойник, 3 - биофильтры

Рисунок 1 – Схема очистки атмосферной вода и осадков аэропорта

Были проанализированы основные показатели качества сточной воды (данные, указанные в таблице 1, 2) и было установлено, что качество атмосферных осадков с международного аэропорта Домодедово не соответствует ПДК. В следствии чего существующая на данный момент система очистки сточных вод нуждается в реконструкции.

Анализ показателей качества воды выявил основные загрязняющие вещества сточных вод с ВПП и технических зон аэропорта. Выяснилось, что основными факторами, способствующими неудовлетворительному состоянию водных объектов, являются этиленгликоль и углеводороды (таблица 2).

Выбросы загрязняющих веществ могут происходить постоянно, на регулярной основе или в аварийных ситуациях.

Чтобы установить наличие показателей качества, характерных для сточных вод аэродрома, было проведено химическое исследование проб жидкости, предоставленных экологическим подрядчиком аэропорта Домодедово (результаты исследования приведены ниже в таблице 1).

В пробах, отобранных осенью 2022 года и зимой 2023 года, уровень этиленгликоля превышал норму ПДК.

«Для предотвращения таких неблагоприятных последствий в городском округе Домодедово существует 26 комплексов очистных сооружений. 18 из них проходят механическую и биологическую очистку, а остальные двенадцать обрабатываются в естественной среде (поля фильтрации, биопруды).

На городские очистные сооружения поступают канализационные стоки аэропорта.

Неоднократно при проведении проверок Росприроднадзором с 2017 года фиксировались нарушения экологического законодательства в направлении отсутствия очистных сооружений аэропорта. В результате фиксируется загрязнение водоемов, находящихся в непосредственной близости от аэропорта (на расстоянии до 15 км) продуктами распада этиленгликоля и материалами для размыва взлетно-посадочных полос.

1.2 Качественный и количественный анализ стоков

Система ливневой канализации собирает ливневые (атмосферная вода и осадки) сточные воды с территории аэропорта Домодедово.

Поверхностные сточные воды из выпуска № 3 сбрасываются в реку Мураниха, приток реки Жданка, которая является притоком реки Пахра, с помощью самотечного коллектора. Поверхностные сточные воды от выпусков №1 и №2 самотечным коллектором сбрасываются в два ручья Безымянных, которые затем впадают в реку Гнилуша, левый приток реки Северка, которая является притоком Москвы (рисунок 2).

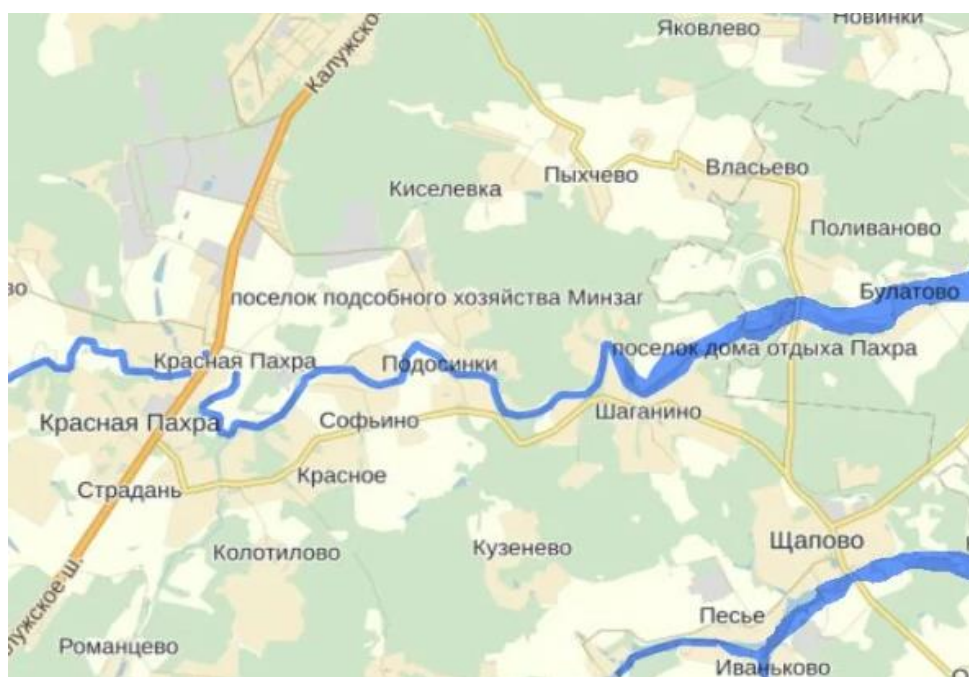


Рисунок 2 – Река Пахра на карте

Объем принятых (отведенных) поверхностных сточных вод определяется расчетным методом на основании Приказа Министра России от 17 октября 2014 г. № 639/пр «Об утверждении методических указаний по расчету объема принятых (отведенных) поверхностных сточных вод».

Ультразвуковой счетчик жидкости US800, который используется для контроля среднего объемного расхода и объема жидкости под давлением в трубопроводах, находится на канализационной насосной станции.

В Федеральной адресной инвестиционной программе на 2021 год, плановый период 2022 и 2023 годов и ведомственным проектом «Развитие инфраструктуры воздушного транспорта» Государственной программы РФ «Развитие транспортной системы» предусмотрено финансирование строительства очистных сооружений поверхностных вод аэродрома.

До внесения изменений в законодательство (Федеральный закон № 404-ФЗ) согласно проектной документации допускался сброс очищенных ливневых стоков (1, 2 и 3) на водосборную площадь.

В связи с этим необходимо внести изменения в утвержденную проектную документацию объекта для приведения ее в соответствие с действующими в Российской Федерации нормативно-техническими и правовыми требованиями.

Таблица 3 – Сводная таблица отбора проб ливневых стоков в аэропорту Шереметьево

Показатели	№ пробы							ПДК	Методика
	1	2	3	4	5	6	7		
рН	3,25	6,4	4,55	3,74	7,8	6,5	4,55	6,5-8,5	ГОСТ 33776
Этиленгликоль, мг/л	<0,25	255	411	344	0,7	21,4	45,2	0,25	ГОСТ 19710-
Показатели	№ пробы							ПДК	Методика
	1	2	3	4	5	6	7		
Фосфаты, мг/л	0,78	0,36	11,25	14,2	0,5	2,3	7,4	3,5	ГОСТ 18309
Сухой остаток, мг/л	1450	720	1350	2500	170	360	1480	1000	ГОСТ 18164
Нитриты, мг/л	0,17	0,12	0,09	-	0,11	0,14	-	3,3	ГОСТ 33045
Хлориды, мг/л	254,44	17,6	780	960	25,5	89	890	300	ГОСТ 4245
Железо, мг/л	45,3	2,3	0,26	078	1,7	1,9	2,59	0,3	ГОСТ 4011
ХПК, мгО ₂ /л	3520	540	128	-	650	1380	-	30	ГОСТ 31859
Углеводороды, мг/л	3,8	4,2	5,8	-	0,65	1,2	-	0,05	ГОСТ 31953

ООО «Международный аэропорт Домодедово» сбрасывает сточные воды в ручей Безымянный, приток реки Гнилуша, с последующим поступлением в реку Гнилуша, а также в реку Мураниха, через выпуски очистных сооружений.

В таблице 2 приведены пробы воды, полученные в русловом пруду реки Гнилуша, где сточные воды с очистных сооружений впадают в реку, а также

пробы, взятые выше и ниже по течению от пруда, который расположен рядом с выходом очистных сооружений аэропорта Домодедово.

Таблица 4 – Пробы сточных вод аэропорта «Домодедово», полученные в русловом пруду реки Гнилуша и Мураниха (2022 год)

№	Дата отбора пробы	Место отбора пробы
Водовыпуски после очистных сооружений		
1	12.03.2022г.	водовыпуск №1
№	Дата отбора пробы	Место отбора пробы
2	12.03.2022г.	водовыпуск №2
3	12.03.2022г.	водовыпуск № 3
4	12.03.2022г..	водовыпуск №4
Место сброса в реки Гнилуша и Мураниха		
5	25.05.2022	р. Гнилуша
6	25.05.2022	р. Мураниха
7	25.05.2022	Ручей безымянный

Таблица 5 – Отбор проб ливневых стоков аэропорта Домодедово

Показатели	№ пробы							ПДК
	1	2	3	4	5	6	7	
Этиленгликоль, мг/л	20,2	18,2	21,5	17,5	7,24	0,8	1,25	0,25
Фосфаты, мг/л	2,45	1,12	2,35	0,85	1,78	1,25	2,32	3,5
Сухой остаток, мг/л	750	1250	890	1054	930	360	987	1000
Нитриты. мг/л	0,95	1,2	2,5	2,3	1,89	1,45	1,65	3,3
Хлориды, мг/л	112	86	56	78	12	65	97	350
pH	7,22	7,05	7,01	7,10	7,56	8,5	6,55	6,5 - 7,5
Нефтепродукты, мг/л	2,3	3,7	3,9	2,54	1,75	3,1	2,44	0,05

Согласно результатам отбора проб, этиленгликоль и нефтепродукты является основным загрязняющим веществами в ливневых водах аэропорта Домодедово.

Таблица 6 – Показатель суммарной массы сброса сточных вод по каждому загрязняющему веществу по каждому выпуску и объекту в целом

Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности	Код	Водовыпуск 1		Водовыпуск 2		Водовыпуск 3		Всего
			Фактический сброс, т/год	Нормативно-допустимый сброс, т/год	Фактический сброс, т/год	Нормативно-допустимый сброс, т/год	Фактический сброс, т/год	Нормативно-допустимый сброс, т/год	
Взвешенные вещества	3	0113	79,72	8,5173	104	14,3708	23,7	3,67	207,42
Хлориды	4	0052	59,18	255,519	170,2	431,124	96,1	110,19	325,48
БПК-5	-	0132	6,73	1,7886	10,2	3,0179	2,6	0,77	19,53
Аммоний-ион	4	0003	49,44	0,4259	53	0,7185	12,9	0,18	115,34
Нефтепродукты	3	0080	0,4	0,0426	0,55	0,0719	0,15	0,02	1,1
Сульфаты	4	0040	25,07	85,1730	26,4	143,708	11,9	36,73	63,37
Азот нитратов	3	0028	3,19	7,6656	5	12,9337	3	3,31	11,19
Азот нитритов	2	0029	2,93	0,017	2,2	0,0287	0,63	0,01	5,76
Фосфаты	3	0090	0,094	0,1703	0,13	0,2874	0,055	0,07	0,279
АПВ	3	0135	0,68	0,0852	0,4	0,1437	0,11	0,04	1,19
Железо общее	4	0013	5,03	0,0852	19,1	0,1437	1,8	0,04	25,93
Фенол	2	0046	0,025	0,00085	0,022	0,00144	0,0033	0,00037	0,0503
Этиленгликоль	3	0056	46,12	0,2129	77,5	0,3593	5,3	0,09	128,92

Таблица 7 – Показатель суммарного объема сброса сточных вод по каждому отдельному выпуску и по объекту в целом

Водовыпуск	Годовой сброс сточных вод (Q ст), м ³ /год
Водовыпуск № 1	851 729,82
Водовыпуск № 2	1 437 080
Водовыпуск № 3	367 310,08
Итого по объекту:	2 656 119,9

Химические анализы показали, что ПДК нефтепродуктов в каждой пробе, взятой с аэродромов Домодедово и Шереметьево, а также из водовыпусков и

соседних водоемов, был повышен. В связи с использованием противогололедных реагентов на его основе в пробах, взятых осенью 2022 года и зимой 2023 года из резервуаров хранения ПОЖ, было обнаружено многократное превышение концентрации ПДК этиленгликоля.

Пробы собирались в течение осенне-зимне-весеннего периода, когда взлетно-посадочные полосы очищают от наледи, а самолеты обрабатывают раствором на основе этиленгликоля. Даже в местах, специально предназначенных для переработки авиационных отходов, по крайней мере, часть их все равно попадает на техническую территорию и в общую систему ливневой канализации.

Наличие хлорид-ионов в избытке в этих образцах, скорее всего, связано с их включением в антиобледенительные составы, используемые для обработки взлетно-посадочных полос, и антиобледенительную жидкость. Хлориды попадают в поверхностный сток на территории аэродрома в результате технических процедур, где они затем попадают в водоем.

Типичным загрязнением поверхностного стока с аэродромов является загрязнение углеводородами. Склады горюче-смазочных материалов играют большую роль в загрязнении, вызванном нефтепродуктами. Утечки, возникающие при хранении, транспортировке и разливе нефтепродуктов, а также смывные воды, используемые при очистке и промывке резервуаров и труб, являются основными причинами такого загрязнения.

Источники поступления взвешенных веществ в сточные воды аэродрома: вносят пыль и аэрозоли, частицы несгоревшего топлива, побочные продукты эрозии почвы и разрушения дорожного покрытия, а также отходы от подметания.

1.3 Требования к локальным очистным системам аэропорта

Современные аэропорты являются важнейшей инфраструктурой со стратегической точки зрения, но они также являются центром внимания экологических служб. Причинами этого являются загрязненные сточные воды, образующиеся в аэропортах, и возможность загрязнения вредными веществами больших территорий.

Не только поверхностные значительный вклад в загрязнение окружающей среды. Кроме того, существуют выбросы вредных веществ от биотуалетов самолетов, химических реагентов, остатков противообледенительной жидкости и т.д.

Особенности производства диктуют потребности в воде, используемой для технических целей. Категория технического водопользования составляет большую часть водопользования в аэропортах.

«Суточный расход определяет общее проектное водопотребление объекта. Аэропорты - это объекты, которые работают круглосуточно, не испытывают значительных изменений в расходе воды с течением времени, и при проектировании потребность в воде учитывается при определении максимального суточного расхода.

Санитарная канализация и ливневые стоки - две основные формы сточных вод, отводимых в аэропортах. Хозяйственно-фекальная канализация - это канализационная сеть, которая по технической схеме и показателям наличия загрязняющих веществ, по сути, идентична городской канализационной системе.

Благодаря своему обширному расположению современные аэропорты имеют большую площадь водосбора. Кроме того, состав стоков меняется в зависимости от объема промышленной деятельности в зоне сбора.

«Основные источники загрязнений участков водосборов аэропортов:

- противобледенительные жидкости (ПОЖ) для обработки воздушных судов у терминалов;
- антигололедные реагенты (АГР) различных сложных составов для обработки ВПП;
- пролив или намеренный слив в отводящий коллектор стоков с туалетов ВС;
- износ покрышек ВС и твердых покрытий ВПП;
- аварийные разливы топлива и оседающие выбросы сажи двигателей;
- коррозия металлоконструкций и осаждение металлической пыли (цеха ремонта и обслуживания ВС)» [27].

Стоки образующиеся в процессе деятельности аэропорта можно классифицировать следующим образом:

Сток дождевой воды - это летнее явление, которое обычно определяется стандартными показателями. Он может обрабатываться в стандартных очистных сооружениях. Хотя сток талых вод может быть определяющим по объему или загрязнению в зависимости от типа территории, этот сток не обязательно определяет местоположение.

Таяние снега зимой и весной приводит к образованию талых вод. Низкие температуры и увеличение концентрации загрязнений являются его определяющими характеристиками.

«Из специфических компонентов в нем могут содержаться:

- антигололедные реагенты (АГР) на основе формиатов и ацетатов;
- антигололедные реагенты (АГР) на основе нитратов;
- противобледенительные жидкости (ПОЖ) содержащие этиленгликоль» [14].

Промышленно-дренажные стоки (ПДС) - это концентрированные стоки, которые образуются в результате использования антиобледенительных реагентов на взлетно-посадочных полосах и самолетах в зимний период.

По сравнению с дождевыми и талыми стоками, этот вид стоков образуется в гораздо меньшем количестве каждый день, но его концентрация слишком высока, чтобы отправлять его на очистные сооружения. Предпочтительно, чтобы уборочные машины собирали и утилизировали такие стоки отдельно.

Бытовые стоки - стоки, производимые посетителями и сотрудниками терминального комплекса.

Стоки из туалетов самолетов производятся в относительно скромных количествах, но они имеют высокую концентрацию загрязняющих веществ. Кроме того, он содержит опасные микробные соединения, которые препятствуют биологической очистке и полностью выводят из строя очистные сооружения.

Сточные воды аэропорта сложны в обработке из-за их сложного многокомпонентного состава и уникальных свойств.

Таблица 8 – Показатели талых сточных вод

Показатели	Талые воды	ПДК рыбохозяйственного значения мг/л
Взвешенные вещества, мг/л	<300	10
БПК ₅ , мг/л	<5	3
ХПК, мг/л	<45	30
Азот аммонийный, NH ₄ ⁺ , мг/л	<35	0,4
Нефтепродукты, мг/л	<30	0,05
Этиленгликоль, C ₂ H ₆ O ₂ , мг/л	<60	0,25
Этанол, мг/л	<1	0,3

Этиленгликоль – слегка маслянистая, бесцветная жидкость - соединяется с водой. Он является представителем токсикологически значимых двухатомных спиртов.

Создание замкнутого водооборотного цикла позволяет использовать очищенный сточные воды на технические нужды.

Таблица 9 – Сравнительная таблица предельно допустимых концентраций в воде на сброс и технические нужды аэропорта

Наименование загрязнений	Единица измерения	Предельно допустимые концентрации	
		при сбросе в водоем	для технических нужд
Нефтепродукты	мг/л	0,05	0,1—0,3
Взвешенные вещества	мг/л	10	20
Аммонийный азот	мг/л	0,4	0,7
Этиленгликоль	мг/л	0,25	0,25

«Объем поступающей воды, который увеличивается в период оттепели и весеннего таяния, особенности удаления из воды приоритетных загрязняющих веществ и обеспечение автоматизированной системы контроля качества очищенной воды на различных этапах технологической линии, а также возможность отбора проб и система аварийного сброса сточных вод, с возможностью выпуска только в аварийной ситуации - все это факторы, которые необходимо учитывать при проектировании системы очистки сточных вод» [8].

В европейских аэропортах Германии и Швейцарии применяют замкнутую систему водооборотного цикла очистки атмосферных вод от загрязнения ввиду ограниченности пресной воды [35]. В Мюнхенском аэропорту процесс очистки сточных вод проходит следующим образом (рисунок 3).



Рисунок 3- Типовая схема очистки сточных вод в аэропорту Мюнхена

В начале сточные воды попадают в отстойник. Там происходит отделение взвешенных частиц. Далее на следующем этапе происходит отделение легких

растворителей. Используется три отдельных резервуара для накопления сточных вод.

Так как в воде могут присутствовать следы нефтепродуктов данная часть очистных сооружений сконструирована с учетом критериев взрывобезопасности.

Далее из накопительного резервуара сточные воды перетекают на физико-химический этап очистки. Там они проходят стадию коагуляции. После этого сточные воды направляются на этап нейтрализации. Далее смесь воды и осадка через перелив попадает в блок коагуляции через перелив воды и осадка. Данный этап осуществляет под давлением.

После прохождения через двухслойный фильтр для удаления оставшихся загрязнений вода выходит из приемника насоса и пригодна для сброса в канализацию.

Осадок от очистных сооружений проходит через сгуститель для уплотнения, а затем обезвоживается на камерном фильтр-прессе. В процессе мойки одного воздушного судна образуется около 4 м³ загрязненных сточных вод.

В аэропорту Цюриха сточная вода с примесями этиленгликоля распыляется среди зеленых насаждений, где микроорганизмы разлагают остатки гликоля и формиата [34].

Учитывая, что ПДК некоторых загрязняющих веществ в сточных водах в РФ выше чем в Европе, то очистка стока должна быть более глубокой. «Авторы статьи на основе анализа литературных источников [3,6,8,10] предлагают использовать технологическую систему (рис. 4), обеспечивающую очистку ливневых вод до показателей, соответствующих нормам использования питьевой воды в быту [4, 5]. Данная система позволяет вторично использовать воду в системе водоснабжения аэропорта, так же повысить экономическую эффективность» [21].

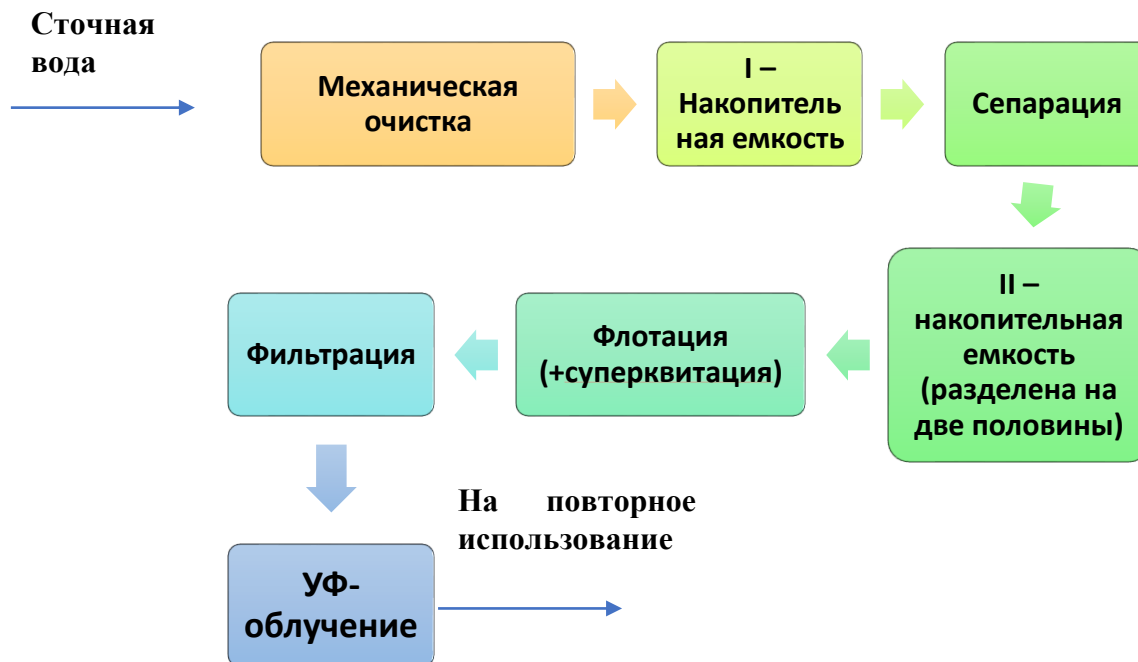


Рисунок 4 – Технологическая схема очистки сточных вод

На первом этапе очистки сточных вод должна быть установлена решетка механической очистки, чтобы крупные предметы были отфильтрованы из стока [32]. Затем сточные воды должны быть очищены от нефтепродуктов. Данную очистку можно произвести при помощи тангенциального ввода стоков в накопительный резервуар. В результате произойдет одновременное разделение нефтепродуктов наверху и в центре резервуара, а также взвешенных частиц внизу.

«Для улучшения этого процесса в резервуар могут быть встроены две полуспиральи, направляющие маслянистые стоки к центру резервуара. Осадочный насос может перекачивать осадок из аккумулятора в песколовку. Также возможно использование коалесцентных сепараторов, в которых легкие жидкости, такие как керосин и нефтепродукты, успешно отделяются от воды под действием центростремительного потока перед вытеснением во встроенный резервуар для сбора встроенной автоматикой.

Отделенный осадок будет собираться шламовым насосом в фильтрующий контейнер с дренажом в камеру сбора из нижней конической части каждого сепаратора через нагнетательные патрубки в общий приемник.

Следующий накопительный резервуар, разделенный на две части, - это место, куда будет поступать сток после этого. Одна половина используется для хранения отделенного стока перед флотацией. Затем стоки поступают в сатураторы флотаторов. Если в этот момент рН стоков и концентрация нефтепродуктов будут превышены, могут быть использованы реагенты. Затем стоки перемещаются во вторую половину накопительного резервуара» [9].

«Если в сточных водах присутствует большое количество аммонийного азота (NH_4), то стоки можно направить на дополнительный этап флотации и разбавить более чистыми стоками из второго резервуара. Данный процесс называется первичное сокращение» [27,30].

В зимний период, когда идет обильный облив воздушных судов этиленгликолем для очистки необходимо использовать флотаторы. В данном режиме флотационные насосы направляют сточные воды в сатураторы. В сатураторах стоки заполняются воздухом и отправляется в устройство суперкотирования. Это позволяет получить имплозию растворенного в воде этиленгликоля.

После этого сточные воды отправляются на дальнейшую фильтрационную очистку. Если использовать ливневый сток для бытовых и питьевых целей, то очищенный сток нужно отправить на ультрафиолетовое обеззараживания.

Данная схема очистки стока позволяет полностью или частично отказаться от нефтеловушек и биофильтров.

При помощи данной системы водооборотного цикла сточные воды можно использовать для множественных функций аэропорта. Данная система позволит уменьшить сброс загрязненных сточных вод на рельеф или водоем и значительно сократит добычу воды из скважин.

Вывод по разделу 1: на основании анализов качества очищенных сточных вод основными загрязнителями были определены:

- противобледенительные жидкости (ПОЖ) для обработки воздушных судов (ВС) у терминалов;
- антигололедные реагенты (АГР) различных сложных составов для обработки ВПП;
- пролив или намеренный слив в отводящий коллектор стоков с туалетов ВС;
- износ покрышек ВС и твердых покрытий ВПП;
- аварийные разливы топлива и оседающие выбросы сажи двигателей;
- коррозия металлоконструкций и осаждение металлической пыли (цеха ремонта и обслуживания ВС).

Определены объемы стока, требования к сбросу в поверхностные источники. Проанализированы существующие технологические схемы очистки сточных вод в Европейских аэропортах.

Предложена схема очистки для аэропорта Домодедово.

2 Предлагаемая схема технического решения по очистным сооружениям с замкнутым водооборотным циклом

2.1 Обоснование выбранного решения

Процессы сепарации и флотации, которые продемонстрировали высокую степень очистки и были включены в установленную технологию нейтрализации сточных вод, могут быть рекомендованы как наиболее эффективный способ удаления нефтепродуктов из сточных вод [23,31,33,37,38].

Процесс озонирования с дозированием перекиси водорода и едким натром показал хорошую эффективность очистки стока от этиленгликоля [1,25,26,28,29]. Испытания показали, что на эффективность окисления в значительной степени повлияла корректировка рН путем подщелачивания в процессе озонирования, так как при озонировании рН уменьшается в следствии образования кислот [25,29].

2.2 Предлагаемая схема очистки ливневых стоков

На рисунке 5 представлена предлагаемая схема очистки стоков.

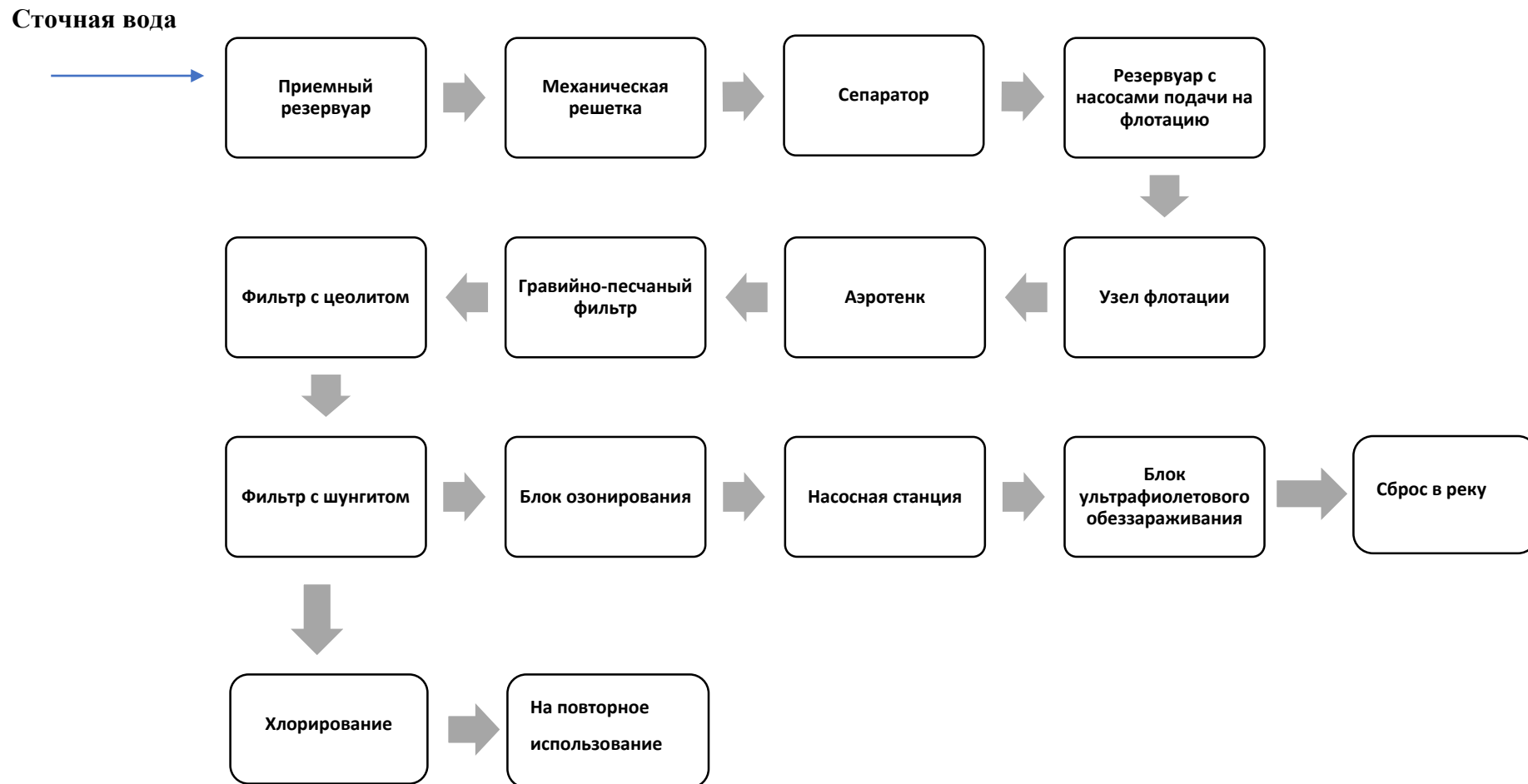


Рисунок 5 – Предлагаемая схема очистки стоков

Принцип работы очистных сооружений. Сток из водосборной сети поступает в приемную камеру, где установлена механическая решетка, которая является первой ступенью очистки стоков. Механическая решетка с размером ячеек 6мм обеспечивает удаление крупных загрязнений в накопительные контейнеры. Далее сточные воды перетекают в сепаратор.

Сепараторы расположены в отдельных железобетонных секциях, предназначена для одновременного отделения нефтепродуктов и взвешенных частиц из потока поверхностных стоков. Принцип работы спиральных сепараторов также основан на действии силы тяжести и центробежной силы [20]. Механические примеси оседают в нижней части сепаратора, откуда периодически при помощи погружного шламоотводящего насоса удаляются в контейнеры.

При достижении определенного уровня в емкости, включается насос и подает сток на флотационную установку. При увеличении количества стока автоматически включается второй насос. Стоки, предварительно прошедшие очистку в сепараторах, подаются на дальнейшую очистку во флотационную систему.

Блок флотации предназначен для извлечения эмульсированных нефтепродуктов и мелкодисперсных примесей [19,36]. Нефтедержащая пена, выделенная во флотаторе, в самотечном режиме направляется в отстойники пены.

Сточные воды, прошедшие физико-химическую очистку на узле флотации, в случае если их температура ниже 13°C подлежат дополнительному нагреву на узле теплообменников. Подогретые стоки поступают на блок биологической очистки. Поток стоков поступает в распределительный канал, в который подается поток циркулирующего активного ила. Для отсечения секций на входе и выходе с аэротенка устанавливаются шиберные затворы. Для поддержания иловой смеси во взвешенном состоянии в секциях аэротенка установлены мешалки.

Образовавшийся в процессе работы блока биологической очистки избыточный активный ил подается в самотечно-напорном режиме на илоуплотнитель сгущение ила.

Далее поверхностны сток поступает в гравийно-песчаный фильтр. Гравийно-песчаный фильтр состоит из 5 слоев. Первые три слоя состоят из гравия и имеют совокупную толщину в 600 мм. Далее идет два слоя состоящих из песка с толщиной по 200 мм каждый. После сточные воды перетекают на фильтр, состоящий из цеолита.

Данный фильтр имеет мезопористую структуру. Цеолит способен очистить воду от тяжелых металлов, аммиака и нефтепродуктов. На третьей стадии фильтрации используется фильтр, состоящий из шунгита. Шунгит обладает бактерицидными свойствами и улучшенной селективностью к углеродсодержащим ионам.

После очистки стока на фильтрах поток разделяется на две части. Четверть общего стока поступает на хлорирование. После хлорирования возможно использование воды на технические нужды аэропорта.

Оставшийся сток для снижения концентрации этиленгликоля напорно, через насосную станцию подается в систему усиленного окисления с помощью озона. После блока озонирования сток под остаточным напором проходит через установки ультрафиолетового обеззараживания.

Ультрафиолетовый метод позволяет производить эффективную дезинфекцию стоков, удаление патогенных микроорганизмов, бактерий и вирусов без изменения состава воды [2].

Вывод по разделу 2: представлено обоснование выбранного решения. Процессы сепарации и флотации, которые продемонстрировали высокую степень очистки и были включены в установленную технологию нейтрализации сточных вод, могут быть рекомендованы как наиболее эффективный способ удаления нефтепродуктов из сточных вод.

Процесс озонирования с дозированием перекиси водорода и едким натром показал хорошую эффективность очистки стока от этиленгликоля. Испытания показали, что на эффективность окисления в значительной степени повлияла корректировка рН путем подщелачивания в процессе озонирования, так как при озонировании рН уменьшается в следствии образования кислот.

Помимо существующей на данный момент биологической очистки сточных вод требуется постройка технологий физико-механической очистки. Данная технология включает в себя сепарацию, флотацию и глубокую доочистку на фильтрах.

Предлагаемая схема очистки ливневых стоков состоит из систем механической, физико-химической, биологической очистки, химического обеззараживания и ультрафиолетового обеззараживания.

3 Расчетная часть

3.1 Озонирование с использованием перекиси водорода и едкого натра

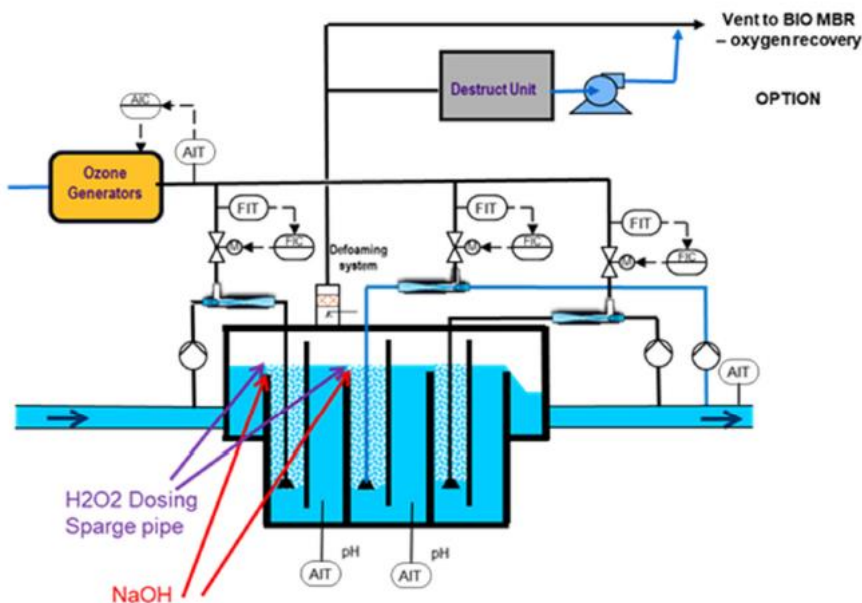


Рисунок 6 – Озонирование

При предварительном инжиниринге подбора оборудования на нейтрализацию 1г этиленгликоля потребуется 6 гр O_3 . Следовательно, для удаления, 20 мг/л этиленгликоля (остаточная максимальная расчетная концентрация этиленгликоля после процесса биологической очистки) доза озона составит 120 мг/л ($6 \times 20 = 120$ мг O_3 /л), с учетом эффективности массообмена 95%. Расчет ведется исходя из объема сточных вод, образующихся в аэропорте.

Таки образом, при расходе воды $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ производительность по озону необходимая для полного окисления этиленгликоля при максимальной остаточной концентрации 20 мг/л составит 60 кг/ч. Определим массу озона M по формуле 1:

$$M = V \cdot p \quad (1)$$

где V – объем воды, м³/ч, $V=500$ м³/ч;

p – доза этиленгликоля, г/м³, принята 120 г/м³ ;

M – масса озона, г/ч.

Подставляем исходные данные в формулу (1) для расчета необходимого для окисления озона:

$$M = 500 \cdot 120 = 60000 \text{ г/ч} = 60 \text{ кг/ч}$$

При годовом количестве стоков 1257000 м³/год со средневзвешенной концентрацией этиленгликоля 20 мг/л общая годовая производительность по озону составит:

$$M_{\text{год}} = 1257000 \cdot 120 = 150840 \text{ т/год}$$

Среднегодовое количество этиленгликоля, поступающее на очистные сооружения, составляет 33,83 т/г, из которых треть снимается за счет блока биологической очистки, то после очистки стоков на биологические очистки среднегодовая потребность в озоне составит 67660 кг/г.

3.2 Расчет аэротенка

3.2.1 Расчет биогенных добавок для аэротенка

В неочищенный ливневый сток фосфор вносят в виде раствора суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Расход фосфора за 24 часа составляет $\text{nP} - 2,9$ мг/л.

В неочищенный ливневый сток фосфор вносят в виде раствора суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Количество суперфосфата необходимого для $n\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ по формуле 2:

$$n\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \frac{n_{\text{P}} \cdot 269}{31 \cdot 2} \quad (2)$$

где 18 г/моль – молекулярная масса воды;

234,0525 молекулярная масса суперфосфата, г/моль;

270 г/моль – молекулярная масса г/моль $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

30,97 г/моль – молекулярная масса фосфора.

$$n\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \frac{2,9 \cdot 270}{31 \cdot 2} = 12,63 \text{ г/м}^3$$

Рассчитаем количество суперфосфата для $25 \text{ м}^3/\text{сут}$:

$$n = 12,63 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 0,32 \text{ кг/сут}$$

Количество азота необходимого для $n\text{N}$ – 14 мг/л.

В неочищенный ливневый сток азот вносят в виде нитрата аммония NH_4NO_3 . Количество нитрата аммония необходимого для NH_4NO_3 . Рассчитаем количество нитрата аммония по формуле (3):

$$n\text{NH}_4\text{NO}_3 = \frac{n_{\text{N}} \cdot 80,043}{14 \cdot 2} \quad (3)$$

где 80,043 г/моль – молекулярная масса нитрата аммония;

14 г/моль – молекулярная масса азота.

$$n_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{14 \cdot 80,043}{14 \cdot 2} = 40,02 \text{ г/м}^3$$

Рассчитаем количество нитрата аммония для 25 м³/сут:

$$n_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 40,02 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 1 \text{ кг/сут}$$

Принимаем коэффициент активной части биогенных добавок 0,65 [18].
Соответственно суперфосфата и нитрата аммония понадобится:

$$m = \frac{n}{k} \quad (4)$$

где n – количество вещества кг/сут (рассчитанное по формуле (2));

k – коэффициент активной части биогенных добавок;

Рассчитаем требуемую массу суперфосфата и нитрата аммония по формуле (4):

$$m_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \frac{0,32}{0,65} = 0,49 \text{ кг/сут}$$

$$m_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{1}{0,65} = 1,54 \text{ кг/сут}$$

Необходимо рассчитать объем биогенных добавок. Расчет проводим по формуле (5):

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (5)$$

где ρ – плотность вещества;

m – масса вещества, кг/сут.

Принятые по справочным данным плотности [14]:

$$\rho \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = 1102 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho \text{NH}_4\text{NO}_3 = 991 \text{ кг/м}^3$$

Рассчитаем по формуле (5) необходимые объемы для добавления в стоки биогенных веществ:

$$V_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \frac{0,49}{1102} = 0,00045 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$$

$$V_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{1,54}{991} = 0,0016 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$$

Полученные результаты расчета внесем в таблицу 10.

Таблица 10 – Материальный баланс смесителя аэротенка

Вещество	Приход (м ³ /сут)	Вещество	Выход (м ³ /сут)
Сточная вода		Сточная вода с биогенными добавками	
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O			
NH ₄ NO ₃			
Итого:		Итого:	

3.2.2 Расчет характеристик активного ила

В аэротенке осуществляется окисление органических веществ при помощи микроорганизмов активного ила [11].

$$M_{\text{воздуха}} = M_{\text{ст. воды}} \cdot r \quad (6)$$

где $M_{\text{ст. воды}}$ – объем стоков с биогенными добавками, м³/сут;

r – расход воздуха м³/м³ стоков в сутки.

Для аэрации необходима подача воздуха, согласно технологическим режимам работы аэротенка [14] необходимо обеспечить потребность в воздухе на уровне 27 м³/м³ в сутки.

Подставляем данные для расчета в формулу (6):

$$M_{\text{воздуха}} = 25,00205 \cdot 27 = 675,06 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Затраты воздуха на регенерацию активного ила составляют в среднем 55% от общего объема воздуха, подаваемого на биологическую очистку:

$$M_{\text{воздуха.р}} = M_{\text{воздуха}} \cdot kr \quad (7)$$

где $M_{\text{воздуха}}$ – воздух, подаваемый на биологическую очистку, м³/сут (рассчитанный по формуле (6);

kr - коэффициент, учитывающий расход воздуха на регенерацию активного ила.

Подставляем данные в формулу (7):

$$M_{\text{воздуха.р}} = 675,06 \cdot 0,55 = 371,283 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Объем регенерированного активного ила в среднем составляет 20% от объема стоков аэротенка. Соответственно объем регенерируемого ила, подаваемого в аэротенк:

$$\text{Мила. р} = \text{Мст. воды} \cdot \text{vr} \quad (8)$$

где Мст. воды – объем стоков с биогенными добавками, м³/сут;

vr – объем регенерированного активного ила, %.

Подставляем данные в формулу (8):

$$\text{Мила. р} = 25,00205 \cdot 0,2 = 5 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Необходимо рассчитать прирост активного ила [21]. Прирост активного ила определяем по методике [21]:

$$P = 0,8 \cdot \text{Свзв} + kg \cdot \text{Лвп} \quad (9)$$

где Свзв - средняя концентрация взвешенный веществ, прибывающих в аэротенк, мг/л; Свзв = 9,65 мг/л.

kg - коэффициент прироста; Для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод $kg = 0,3$. Для стоков смешанного типа $kg = 0,4$.

Лвп – БПКполн поступающей в аэротенк сточной воды (с учетом снижения БПК в первичном отстаивании), мгО₂/л. Лвп - 228 мгО₂/л.

$$P = 0,8 \cdot 9,65 + 0,4 \cdot 228 = 98,92 \text{ мг/л}$$

Количество избыточного активного ила по сухому веществу определяется по формуле (10) [21]:

$$U_{\text{изб}} = \frac{(P - a) \cdot Q}{10^6} \quad (10)$$

где P – прирост активного ила , м³/сут;

a – вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников, мг/л;

Принимаем по справочным данным [21] $a=1,2$ мг/л;

Q – расход сточных вод, м³/сут.

Тогда количество избыточного активного ила по весу во вторичных отстойниках по формуле (10) составит:

$$U_{\text{изб}} = \frac{(98,92 - 1,2) \cdot 25,00205}{10^6} = 0,00244 \text{ т/сут}$$

Количество избыточного активного ила по объему составит $V_{\text{изб}}$, м³/сут:

$$V_{\text{изб}} = \frac{U_{\text{изб}} \cdot 100}{\xi \cdot (100 - W_{\text{изб.ос}})} \quad (11)$$

где $U_{\text{изб}}$ – количество избыточного активного ила по сухому веществу, т/сут;

ξ – объемный вес активного ила, 1,001;

$W_{\text{изб.ос}}$ – влажность избыточно ила, равная 99,4%.

$$V_{\text{изб}} = \frac{0,00244 \cdot 100}{1,001 \cdot (100 - 99,4)} = 0,406 \text{ м}^3/\text{сут}$$

3.3 Расчет схемы очистки

Помимо биологической очистки сточных вод требуется постройка технологий физико-механической очистки: сепарация, флотация и глубокая доочистка на фильтрах.

- 1й этап - механическая и физико-механическая очистка;
- 2й этап - глубокая доочистка на фильтрах;

– 3й этап – озонирование.

На водосборные площадки ливневый сток предполагается подавать самостоятельными самотечными коллекторами.

На каждой из площадок полагается постройка накопительных резервуаров, оборудования. Водосборные площади площадки 90.1 включают: существующие твердые покрытия ВПП-1, МРД-2(А), МРД-В-участка, СРД-участков, площадки ПОЖ-2; совмещенного перрона и РД-3; внешние объекты аэровокзала, с участком привокзальной площади, перрона; с грунтовых поверхностей. Общая площадь водосбора площадки 90.1 составляет 360,0 га.

В водосборную площадку №2 входит: рулежные дороги, площадка противообледенительной обработки, авиационно-ремонтная база, деловая авиация, паркинг. Площадь водосбора площадки номер 2 составляет 95 гектар.

Во время расчета количества поверхностного стока на каждом из водовыпусков были учтены размеры площадок:

- для площадки №1 площадь составляет 350 гектар. Со средним коэффициентом стока $\phi=0,273$;

- для площадки № 2 площадь составляет 95 гектар. Со средним коэффициентом стока $\phi=0,3$.

Общие объемы поверхностного стока составляют:

- для площадки №1- 9200м³;

- для площадки №2- 4100 м³.

Количественный и качественный состав атмосферных осадков представлен в таблице 11.

Показатели к качеству очищенного поверхностного стока при сбросе в водоем и использованию на технические нужды представлены в таблице 12.

Таблица 11 – Количественный и качественный состав атмосферных осадков

Наименование показателей.	Единицы измерения	Количественный состав стоков	Качественный состав стоков
Количество стока с площадки №1	тыс. м ³ /год	1002,5	-
	м ³ /дождь	9200	-
Количество стока с площадки №2	тыс. м ³ /год	451,7	-
	м ³ /дождь	4100	-
Показатели состава воды		-	-
Взвешенные вещества	мг/л	-	305
Нефтепродукты	мг/л	-	37
Этиленгликоль	мг/л	-	60
Аммонийный азот	мг/л	-	35

Таблица 12 – Показатели к качеству очищенного поверхностного стока при сбросе в водоем и использованию на технические нужды

Наименование загрязнений	Единицы измерения	Показатели к качеству очищенного поверхностного стока	
		при сбросе в водоем	на технические нужды
Нефтепродукты	мг/л	0,05	0,1-0,3
Взвешенные вещества	мг/л	10	20
Аммонийный азот	мг/л	0,4	0,7
Этиленгликоль	мг/л	0,25	0,25

Производительность очистных сооружений на площадках 90.1 и 90.2 назначена исходя из объемов аккумуляции стока в резервуарах и периода их опорожнения (принято не более 2-х суток). Таким образом:

- для площадки 90.1, 8800 м³ - производительность принята равной - 183 м³/ч;
- для площадки 90.2, 3500 м³ - производительность принята равной - 90 м³/ч.

Вода после флотаторов накапливается в промежуточном резервуаре и насосами подается на напорные фильтры первой ступени. Скорость

фильтрации принимаем равной $v = 9$ м/ч.

Высота фильтрующего слоя дробленого гидроантрацита-А крупностью 0,7-1,2 мм, принимаем равной 1000 мм. В качестве нижнего дренажного слоя принят гравий крупностью 5-10мм, высотой слоя 200мм. Таким образом общая высота загрузки составляет 1200мм. Предельные потери напора в фильтре приняты равным 10м. Промывка фильтров осуществляется очищенной водой, из резервуара очищенной воды. Сброс загрязненных промывных вод осуществляется в приемную камеру.

Согласно справочным материалам [21] эффективность снижения концентрации загрязнений при фильтрации через гидроантрацит принята следующей:

- по взвешенным веществам до 3,0 мг/л;
- по нефтепродуктам до 0,1 мг/л.

На адсорбционные фильтры вода подается под остаточным напором после механических фильтров первой ступени. В качестве адсорбента, для глубокой доочистки воды предусмотрен активированный уголь (ГОСТ 20464-00).

На первой ступени предусматривается 4 напорных фильтра ФОВ-3,0-0,6 3 рабочих, 1 резервный.

Для обеспечения необходимого времени контакта 15-20 мин для площадки 90.1 принимается вторая ступень сорбционных фильтров DN 3.0 м, также в составе 4 фильтров ФОВ-3,0-0,6 3 рабочих, 1 резервный, всего на стадии глубокой доочистки предусмотрено 8 сорбционных фильтров.

Требуемая величина относительного расширения загрузки составляет в среднем 35%. Расстояние от поверхности фильтрующей загрузки составит 0,65м.

Для обеспечения необходимого времени контакта 15-20 мин для площадки 90.2 принимается две ступени напорных фильтров DN 3.0 м (всего 6 шт) с высотой слоя загрузки каждого фильтра 1,2м.

По характеристике пожароопасности указанные угли относятся к третьему

классу (по ГОСТ 12.1007-76), т.е. не самовоспламеняются до 200 °С.

Качество воды после озонирования и по контролируемым ингредиентам составит:

- по взвешенным веществам 0,5 мг/л;
- по нефтепродуктам 0,05 мг/л;
- по этиленгликолю 0,25 мг/л;
- по азоту аммонийному 0,4 мг/л.

«Предусматривается очистка всего талого стока (в период оттепелей и весеннего таяния), а также поливомоечных вод дорожных покрытий. Предусматривается, что сооружения обеспечат очистку не менее 95% среднего объема атмосферных вод.

Технология очистки и технологические схемы для площадки 90.1 и для площадки 90.2 приняты аналогичными. На ступени механической очистки стока на решетках, последующем гравитационном отстаивании и реагентной флотации предусматривается применение технологии немецкой фирмы AWAS хорошо зарекомендовавшей себя при строительстве и эксплуатации аналогичных сооружений для аэропорта города Сочи» [15].

«В связи с тем, что часть очищенной воды предусматривается использовать на технические нужды, в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.5.980-00 и МУ 2.1.5.732-99 после глубокой доочисткой воды предусматривается УФ-обеззараживание. Для этой цели в составе сооружений предусматриваются резервуары для накопления очищенной воды, которая будет использоваться на собственные нужды очистных сооружений, для противопожарных целей, полива дорог. Предусматривается сбор и удаление трех видов отходов, образующихся в процессе очистки воды:

- в виде взвешенных веществ и песка;
- всплывших нефтепродуктов;
- нефтепродуктов в виде флотошлама.

Ввиду аналогичности, состав сооружений рассматривается по технологической схеме площадки 90.1. Схема включает следующие основные технологические узлы:

- приемная камера с механизированной решеткой и прессом;
- аккумулирующий резервуар;
- коалесцентные сепараторы Galaxie -10шт
- аккумулирующий резервуар с установкой суперкавитации;
- сатуратор -4шт;
- флотаторы напорные -2шт;
- установка приготовления и дозирования реагентов;
- контейнер накопительный с дренажем;
- напорные механические фильтры;
- напорные механические фильтры, сорбционные I ступень;
- напорные механические фильтры, сорбционные II ступень;
- установка УФ- обеззараживания;
- резервуар для накопления нефтепродуктов;
- резервуар очищенной воды, с переливом отвода воды на рельеф;
- дренажный приямок;
- резервуар промежуточный;
- песковая площадка с дренажем.

Технологическая схема включает также необходимое насосное оборудование, систему отбора проб воды на каждой ступени, проточные анализаторы качества воды, систему АСУ ТП с передачей основной информации на центральный диспетчерский пункт» [16].

Технология на выходе обеспечит:

- взвешенные вещества до 3 мг/л;
- снижение нефтепродуктов до 0,5 мг/л;
- снижение показателя аммонийного азота ($\text{NH}_4 - \text{N}$) до 3 мг/л;

- снижение этиленгликоля до 3 мг/л.

«Поступление поверхностных стоков в подземную ж/б приемную камеру осуществляется по самотечному коллектору. Конструкция и технология камеры обеспечивает три режима работы:

- «период дождей» поступление стоков расходом до 20л/с;
- «период дождей» поступление стоков расходом более 20л/с;
- период превышения расчетной интенсивности, расход более 10 000 м³/ч.

Приемная камера оснащена механической решеткой (размер ячеек 6 мм.) обеспечивающая удаление крупных загрязнений в накопительный контейнер, дренаж после которого обратно сбрасывается в камеру. В приемной камере располагаются также погружные насосы (раб и рез) для подачи стоков в периоды интенсивности до 20 л/с непосредственно в сепараторы Galaxie после которых вода в самотечном режиме поступает в аккумулирующий резервуар SRB 2 из которого насосами подается на флотацию» [12].

Режим «периода дождей» - расход стоков до 20л/с.

«В режиме «периода дождей» с расходом до 20 л/с, сооружения работают по схеме: приемная камера - сепаратор Galaxie (в работе один сепаратор) - накопительный резервуар SRB2 - флотатор - фильтр песчаный -УФ-обеззараживание- глубокая доочистка на активированном угле - резервуар очищенной воды - сброс на рельеф.

Подача стоков непосредственно на Galaxie, производится рабочим погружным насосом производительностью до 100м³/ч (раб и рез), включение в работу насоса осуществляется по команде датчика нижнего уровня. пропускная способность одного сепаратора Galaxie составляет до 280м³/ч.

Режим «период дождей» - расход стоков более 20 л/с.

В режиме «периода дождей» уровень воды в приемной камере поднимается. При наступлении такого периода, по команде датчика верхнего уровня погружной насос выключается из работы и поступающие стоки в

самотечном режиме двигаются по основной схеме: приемная камера - аккумулирующий резервуар песколовки RRB 1- сепаратор Galaxie (в работе один шт) - накопительный резервуар SRB2 - флотатор - фильтр песчаный -УФ-обеззараживание- глубокая доочистка на активированном угле - резервуар очищенной воды - сброс на рельеф.

В период превышения расчетной интенсивности сооружения работают по основной технологической схеме: приемная камера - накопительный резервуар песколовка RRB 1 - сепараторы Galaxie (в работе 10 шт) - накопительный резервуар - флотатор-фильтр песчаный -УФ-обеззараживание- глубокая доочистка на активированном угле - резервуар очищенной воды - сброс на рельеф.

Стоки подводятся в емкость тангенциально, чем обеспечивается первичное одновременное отделение нефтепродуктов вверх и в центр емкости и взвесей, вниз емкости. «Для оптимизации этого процесса в емкость встроены две полуспирали, направляющие нефтесодержащие стоки в центр емкости. Для того, чтобы взвеси не оседали по всему дну резервуара, а перемещались в направлении шламового приемка, из которого происходит их удаление, от стены емкости до приемка устроена направляющая спиралевидная конструкция. Из накопительного приемка, специальным (шламовым) насосом, осадок в заданном режиме подается на песковую площадку.

«В коалесцентном сепараторе AWAS GALAXIE 2002, осуществляется одновременное отделение нефтепродуктов и взвесей из воды, по принципу прохождения стоков по спиральям, имеющим специальное покрытие, при котором нефтепродукты собираются в центре и на поверхности спиралей, а взвеси в центре и на дне спиралей. В коалесцентных сепараторах накопления нефтепродуктов не предусматривается. За счет центростремительного потока, обеспечивающего эффективное, до 99 % отделение из воды и нефтепродуктов и легких жидкостей, таких как керосин и далее при помощи интегрированной

автоматики осуществляется вытеснение нефтепродуктов, во встроенную емкость для сбора нефтепродуктов» [16].

«Из нижней конической части каждого сепаратора, выделяющийся осадок по разгрузочным патрубкам отводится в сторону общего приемка, откуда он шламовым насосом удаляется в фильтрующий контейнер с отводом дренажа в приемную камеру. При максимальной интенсивности поступления стоков в работе находятся все 10 коалесцентных сепараторов.» [9].

«В накопительную емкость SRB 2 поступает сток предварительно прошедший очистку в коалесцентных сепараторах. Из емкости предусмотрен аварийный перелив.

В случае, если в стоке, поступающем в накопительную емкость RRB 1 обнаружено превышение концентрации азота аммонийного, то его первичное снижение осуществляется за счет разбавления, при смешении объема стоков емкости RRB 1 и SRB 2 ровно в два раза, т к указанные емкости по объему равны друг-другу» [13].

«Таким образом, снижение концентрации NH_4 происходит перед флотацией за счет разбавления стока правой половины более чистым стоком левой половины резервуара. Дальнейшее его снижение предусматривается по всей технологической цепочке сооружений.

В случае, если требуемое снижение концентрации NH_4 не достигнуто за первый цикл, стоки направляются на повторное прохождение процесса реагентной флотации и далее на фильтры глубокой доочистки.

В случае повторного не достижения указанных показателей производится смешивание очищаемых стоков со стоками, уже прошедшими глубокую доочистку и только после этого, сбрасываются на рельеф.

В зимнее время, когда в сток попадает этиленгликоль, после прохождения очистки в сепараторе, он также накапливается в правой половине SRB 2.

Стоки, предварительно прошедшие очистку в сепараторах GALAXIE,

подаются на дальнейшую очистку во флотационную систему. На выходе после флотаторов предусматриваются проточные анализаторы жидкости для измерения показателей ХПК, азот, углеводороды и мутность очищенной воды» [17].

Система напорной реагентной флотации включает:

- подающие насосы - (4+1) шт.;
- установку приготовления и дозирования реагентов - 1 шт.;
- емкости для химических реагентов;
- напорные сатураторы - 4 шт.;
- флотаторы - 2 шт.

Предусматривается два режима работы системы напорной флотации (таблицы 13 и 14):

- напорная флотация без применения реагентов - режим «Период дождей»;
- дисперсионная флотация с применением реагентов - режим «Период дождей».

При обнаружении эмульгированных нефтепродуктов осуществляется подача реагентов, осуществляющих расщепление эмульсии. На поверхности собирается флотационный шлам.

Таблица 13 – Эффективность работы технологии AWAS в режиме «период дождей» интенсивностью до 20 л/с, по ступеням очистки

Ступени очистки	Взвешенные вещества		Нефтепродукты		Азот аммонийный N-NH ₄		Этиленгликоль	
	мг/л	Эффект очистки	мг/л	Эффект очистки	мг/л	Эффект очистки	мг/л	Эффект очистки
Исходная вода	1000	-	40	-	18-20	-	20-30	-
В центре первой емкости	200	80%	40	-	2-0,2	Зависти от интенсивности осадков	10-15	50%
После сепаратора	100	50%	0,5	99%	2-0,2	-	10-15	-
При заполненном бассейне 2	100	-	0,5	-	2-0,2	-	5-7,5	50%
После флотации	max 3	97%	0,05*	90%	1,5-0,15	-	4-6	20%
Суперактивация	max 3	-	-	-	1,5-0,15	-	0,25**	-
* - свободновсплывающих, эмульгированных и растворенных нефтепродуктов ** - эффективность очистки в процентах зависит от естественного смешения стоков и может достигать 90%.								

Таблица 14 – Эффективность работы технологии AWAS в режиме «период дождей» интенсивностью более 20л/с, по ступеням очистки

Ступени очистки	Взвешенные вещества		Нефтепродукты		Азот аммонийный N-NH ₄		Этиленгликоль
	мг/л	Эффект очистки	мг/л	Эффект очистки	мг/л	Эффект очистки	мг/л
Исходная вода	1000		40		18-20	-	20-30
После сепаратора	100	90%	0,5	99%	18-20	-	20-30
Суперактивация	max 3	97%	0,05*	90%	12-13	-	5-7,5
После флотации	max 3	97%	0,05*	90%	9-10	-	20-30 без суперактивации 4-6 с суперкавитацией

Для накопления очищенной воды предусматривается наружный железобетонный резервуар, вода из которого будет использоваться в технических целях: промывка фильтров, противопожарного водоснабжения, поливки дорог и территории. УФ-облучение получило широкое распространение, т к является

эффективным средством обеззараживания очищенных сточных вод. В соответствии с МУ 2.1.5.800-99 «Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод», Минздрав РФ, 2000 г, предлагается к применению установка УДВ-6-А-300Н-10-150 (2 рабочих, плюс одна резервная).

Выводы по разделу 3: проведен расчет установки озонирования с использованием перекиси водорода и едкого натра. При годовом количестве стоков 1257000 м³/год со средневзвешенной концентрацией этиленгликоля 20 мг/л общая годовая производительность по озону составит 150840 т/год.

Расчет аэротенка показал прирост активного ила - 98,92 м³/сут., влажность активного ила 99,4%.

После реконструкции очистных сооружений аэропорт «Домодедово» по азоту аммонийному, нефтепродуктам и этиленгликолю будут находиться в пределах допустимой нормы, качество сточных вод по всем загрязняющим веществам будет удовлетворять нормативу ПДК очищенной сточной воды, поступающей в водоем рыбохозяйственного назначения.

Заключение

В бакалаврской работе проанализирована существующая технологическая схема очистных сооружений аэропорта «Домодедово». Проведен качественный и количественный анализ сточных вод. Выявлено превышение показателей – этиленгликоля, нефтепродуктам и азоту аммонийному. Данные загрязняющие вещества образуются вследствие выбросов в атмосферный воздух от самолетов, котельных, из-за неправильного обращения с горюче-смазочными материалами, ливневым стоком с твердого и газонного покрытия аэропорта и т.д. Учитывая, что предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воде, предназначенной для технических нужд аэропорта выше, чем при сбросе на рельеф или водоем, целесообразно внедрение замкнутого водооборотного цикла в объемах необходимых для нужд аэропорта.

Предлагается технологическая схема очистки, которая включает в себя следующие основные технологические узлы: приемная камера с механизированной решеткой; сепараторы; аккумулирующий резервуар; сатуратор; флотаторы напорные; установка УФ-обеззараживания; этап озонирования. Процесс озонирования с дозированием перекиси водорода и едким натром показал хорошую эффективность очистки стока от этиленгликоля. Ультрафиолетовый метод позволяет производить эффективную дезинфекцию стоков, удаление патогенных микроорганизмов, бактерий и вирусов без изменения состава воды. Проведены расчеты системы озонирования и расчеты основных параметров аэротенка: биогенных добавок для аэротенка (раствора суперфосфата, нитрата аммония); прироста активного ила (98,92 мг/л); избыточного активного ила по сухому веществу (0,00244 т/сут) и т.д. Создание замкнутого водооборотного цикла позволяет использовать очищенный сточные воды на технические нужды.

Цели и задачи в ходе бакалаврской работы были достигнуты.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Басова Г.Г., Ушаков А.Г., Елистратов А.В., Ушаков Г.В. Санитарно-гигиенические и технологические аспекты экологической безопасности систем технического водоснабжения // Вестник КузГТУ. 2018. № 4. С. 66—68.
2. Богданович Н. И. Процессы и аппараты очистки сточных вод: учебное пособие / Н. И. Богданович. — Архангельск: САФУ, 2018. — 115 с. — ISBN 978-5-261-01282-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161825> (дата обращения: 02.03.2023).
3. Большаков Н.Ю. Глубокая биологическая очистка городских сточных вод от фосфора // Справочник эколога. 2020. № 10. С. 14–19.
4. Большаков Н.Ю. Математическое моделирование и внедрение эффективных биотехнологий очистки сточных вод от азота и фосфора на действующих очистных сооружениях канализации // Справочник эколога. 2021. № 7. С. 81–89.
5. Большаков Н.Ю. Обеспечение эффективного биологического удаления биогенных элементов на городских очистных сооружениях // Справочник эколога. 2019. № 11. С. 92–96.
6. Бутырская Е.В., Белякова Н.В., Шапошник В.А., Рожкова М.В., Селеменев В.Ф. (2020). Выделение этиленгликоля из его водно-солевых растворов. Сорбционные и хроматографические процессы. 8(6), 956-963.
7. Временные рекомендации по оценке экологической опасности производственных объектов (утв. Госкомэкологии РФ 15 марта 2021 г.). С. 296—300.
8. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.
9. Коробов В.Б., Тутыгин А.Г., Долгощелова М.И. (2018). Характер воздействия транспортного комплекса на окружающую среду Архангельской

области. Вестник поморского университета. Серия: Естественные науки, 4, 19-26.

10. Кочетов Л.М., Сажин Б.С., Сажин В.Б., Попов И.А., Хазанов Г.И., Буток А.С. Применение напорной флотации при очистке стоков // Успехи в химии и химической технологии. 2019. № 3 (108). с. 113—116.

11. Куликов Н.И., Куликова Е.Н., Ножевникова А.Н., Приходько Л.Н. Биотехнология очистки городских сточных вод сообществами прикрепленных микроорганизмов (биоценоз анаммокс) // Справочник эколога. 2020. № 9. С. 71–75.

12. Кшевин Д.А. (2018). Экологические проблемы в аэропортах России. Материалы 3-й международной научно-практической студенческой конференции «Современные технологии воспроизводства экологической среды на урбанизированных территориях». Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет. с. 33-37.

13. Лесечко А.С. Курбатова А.И. Особенности технологической схемы очистки ливневых стоков в аэропортах // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 2020. - с.104-109.

14. Луканин А. В. Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод: учебное пособие / А.В. Луканин. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 242 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011332-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1089867> (дата обращения: 10.03.2023).

15. Методические указания МУ 2.1.5.1183-03 «Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий». Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 11 января 2020 г.

16. Методические указания МУ 2.1.5.800-99 «Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод», Минздрав РФ, 2019.

17. Назаров В.В., Кушнарченко В.М. Очистка и сепарация нефтепродуктов реоцентрифугированием // Вестник ОГУ. 2021. № 10 (129). С. 205—210.

18. Проектирование сооружений для очистки сточных вод/Всесоюз. комплекс, н.-и. и конструктор.-технолог. институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии. — М.: Стройиздат, 1990. — 192 с.: ил, — (Справочное пособие к СНиП).

19. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. — М., НИИ ВОДГЕО, 2015.- 146 с.

20. Рехтин А. Ф. Проектирование сооружений для очистки сточных вод: учебное пособие / А. Ф. Рехтин, Е. Ю. Курочкин, Б. П. Лашкинский. — Томск: ТГАСУ, 2016. — 314 с. — ISBN 978-5-93057-623-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138996> (дата обращения: 20.04.2023).

21. СНиП 2.04.03-85 Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения.

22. Сурикова Ж.В., Сидоренко Д.О. (2018). Аналитическое сопровождение токсичных отходов аэропортов. Сборник трудов Региональной научно-технической конференции «Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России». М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. с. 141.

23. Тевяшев А.Д., Непочатова В.Д. Системный анализ проблемы повышения качества и эффективности функционирования систем водоснабжения и водоотведения Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 4(7(40)), 2021.-с. 29-35.

24. Тевяшев А.Д., Непочатова В.Д. Системный анализ проблемы повышения качества и эффективности функционирования систем водоснабжения и водоотведения // ВЕЖПТ. 2018. № 7 (40). с. 29—35.

25. Технологии очистки сточных вод: учебное пособие / Д. С. Дворецкий, Е. В. Хабарова, О. В. Зюзина [и др.]. — Тамбов: ТГТУ, 2018. — 84 с. — ISBN 978-5-8265-1948-6.— Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/319565> (дата обращения: 11.02.2023).

26. Технология очистки сточных вод: учебное пособие / А. Б. Ярошевский, С. М. Романова, А. М. Мадякина, И. Г. Шайхиев. — Казань: КНИТУ, 2022. — 84 с. — ISBN 978-5-7882-1892-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102107> (дата обращения: 05.03.2023).

27. Ушаков Г.В., Солодов Г.А. Технологические и санитарно-гигиенические аспекты использования биологически очищенных сточных вод в системах технического водоснабжения промышленных предприятий // Известия Томск. политехн. ун-та. 2019. № 2. С. 140—144.

28. Харькин С.В. Базовые подходы к разработке технологического регламента эксплуатации канализационных очистных сооружений // Справочник эколога. 2020. № 10. С. 82–96.

29. Харькин С.В. Канализационные очистные сооружения: вопросы эксплуатации, экономики, реконструкции // Справочник эколога. 2019. № 8. С. 87–96.

30. Черников Н.А., Наврузова А.С., Попова М.В. Применение коагуляции, флокуляции и флотации при очистке воды // БРНИ. 2020. № 4 (3). С. 182—187.

31. Шеренков И.А., Осыка Н.В., Багмут Л.Л. Анализ проблем эксплуатации систем питьевого водоснабжения из подземных источников // Известия Самарского научного центра РАН. 2019. № 1—3. С. 350—352.

32. Шлёкова И. Ю. Механическая очистка сточных вод: учебное пособие / И. Ю. Шлёкова, А. И. Кныш. — Омск: Омский ГАУ, 2020. — 82 с. — ISBN 978-5-89764-917-4.— Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153575> (дата обращения: 15.05.2023).

33. Шлёкова И. Ю. Очистка сточных вод: практикум: учебное пособие / И. Ю. Шлёкова, А. И. Кныш. — Омск: Омский ГАУ, 2020. — 86 с. — ISBN 978-5-89764-916-7. — Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153576> (дата обращения: 15.03.2023).

34. Fuertes A. B., Ferrero G. A., Sevilla M. Commentary: Methods of calculating the volumetric performance of a supercapacitor // *Energy Storage Materials*. 2016, № 4, S. 154–155.

35. Gupta A. K., Ibrahim S., Al Shoaibi A. Advances in sulfur chemistry for treatment of acid gases // *Progress in Energy and Combustion Science*. 2016, № 54, S. 65–92.

36. Stasinakis A. S. Use of selected advanced oxidation processes (AOPs) for wastewater treatment - A mini review// *Global NEST Journal*. 2008. 10 (3). 376-385.

37. Comninellis C., Kapalka A., Malato S., Parsons S. A., Poullos I., Mantzvinos D. Perspective advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2008. 83. 769-776 11.

38. Chong M. N., Jin B., Chow, C. W. K., Saint, C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review // *Water Research*. 2010. 44. 2997-3027.