

*Страница 1:* Очистные сооружения канализации (ОСК) до июня 2020 года проектировались на среднегодовую температуру сточной жидкости, которая поступает в приемную камеру. На сегодняшний день согласно СП 32.13330.2018 рекомендуется значения минимальной и максимальной расчетной температуры сточных вод принимать как среднее за две недели с соответствующими экстремальными значениями за три года наблюдений, однако так же, как и в СНиП 2.04.03-85 ничего не сказано о том, что сточная жидкость, проходя сооружения, может изменяться, а именно охлаждаться или нагреваться.

*Страница 2:* Цель исследований состоит в разработке программного комплекса для прогнозирования температуры сточной жидкости и определение качества ее очистки в зависимости от климатических факторов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– проведён литературный обзор отечественных и зарубежных источников по проблеме изменения температуры сточной жидкости и ее влияния на эффективность очистки;

- проведено обследование технического состояния ОСК г. Новосибирск и г. Искитим;

- проведен анализ данных лабораторно-производственного контроля ОСК г. Новосибирск и г. Искитим;

- сделан поверочный расчет ОСК г. Новосибирск и г. Искитим с целью определения возможностей объектов;

- установлены статьи поступления и потерь тепла в процессах тепломассообмена между сточной жидкостью и окружающей средой;

- выбраны методики проведения исследований;

- проведен сбор статистических данных по определению влияния климата на температуру сточной жидкости на функционирующих площадках ОСК г. Новосибирск и г. Искитим;

- выбраны методики математической обработки экспериментальных данных;

- разрабатывается программный комплекс в помощь проектировщикам и эксплуатационному персоналу для анализа и прогнозирования работы очистных сооружений канализации.

*Страница 3:* Работа была разбита на несколько этапов исследования и включает в себя:

1 этап – теоретическое исследование существующих математических моделей расчета первичных отстойников, аэротенков и вторичных отстойников.

2 этап – сбор статистических данных на функционирующих площадках ОСК г. Новосибирск и г. Искитим.

3 этап – изучение статей поступления и потерь тепла в открытых очистных сооружениях канализации;

4 этап – разработка программного комплекса для расчета ОСК.

*Страница 4:* 1 этап исследований.

*Страница 5:* Был проведен анализ существующих математических моделей первичных отстойников, аэротенков и вторичных отстойников. При

проведении теоретических исследований определялась гидравлическая крупности задерживаемых частиц, которая является одной из основополагающих характеристик при расчете первичных отстойников, а также гидравлическая нагрузка на отстойник. В формуле гидравлической крупности задерживаемых частиц есть коэффициент  $\alpha$ , который учитывает влияния температуры сточной жидкости, поступающей в отстойник. Для аэротенков были рассмотрены следующие математические модели: расчетное значение БПК после первичных отстойников, а также, продолжительность обработки сточной жидкости в аэротенках. Для вторичных отстойников были рассмотрены математические модели по определению гидравлической нагрузки на отстойник и определения фактического выноса взвешенных веществ из отстойника. Анализ формулы гидравлической нагрузки на отстойник был проведен с учетом коэффициента  $\alpha$ , данный коэффициент учитывает температуру стоков.

*Страница 6:* Результаты теоретических расчётов сведены в таблицу. Как видно из таблиц при температуре 20<sup>0</sup>С взвешенные вещества составляют 96 мг/л, а при снижении температуры увеличиваются до 113 мг/л. Так для аэротенков при снижении температуры увеличивается значение БПК, а во вторичном отстойнике увеличивается вынос взвешенных веществ.

Проведя теоретические исследования и установив, что температура сточной жидкости является важным фактором и ее следует учитывать при расчете ОСК, была проведена работа на функционирующих очистных сооружениях канализации открытого типа городов Искитима и Новосибирска.

*Страница 7:* Второй этап исследований.

*Страница 8:* На данной странице представлена схема ОСК г. Искитим.

ОСК построены на две очереди и на сегодняшний день принимают стоки в количестве 27 тысяч м<sup>3</sup>/сут, на первую очередь – 12 тыс. м<sup>3</sup>/сут, на вторую – 15 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

*Страница 9:* Для сбора статистических данных были определены точки замеров в первичных отстойниках, аэротенках и вторичных отстойниках.

*Страница 10:* Здесь представлена схема ОСК г. Новосибирск. Данные сооружения также запроектированы на две очереди и на сегодня принимают 450 тысяч м<sup>3</sup>/сут, где 300 приходится на первую, а 150 на вторую.

*Страница 11:* Для ОСК г. Новосибирск также были выбраны точки замеров температуры сточной жидкости.

*Страница 12:* В ходе проведения исследований использовались в качестве контрольно-измерительных приборов: для определения относительной влажности и скорости ветра – TESTO 410-2, для определения атмосферного давления – барометр TESTO 511, а для определения температуры сточной жидкости термометр TESTO 905-T1. Суть исследования заключалась в фиксации, с помощью прибора TESTO 905-T1, обеспечивающего быстрый замер температуры с довольно высокой степенью точности, температуры стоков. Прибор погружался в сточную жидкость 1-х, 2-х отстойников и аэротенков, продолжительность экспозиции составила 1 минуту. После отображения температуры на приборе, фиксировалось значение. Вместе с этим замерялись:

атмосферное давление, скорость ветра на высоте 2 м от поверхности воды в сооружении, относительная влажность и температура наружного воздуха.

*Страница 13:* Сбор данных на ОСК г. Новосибирска показал, что при различных климатических условиях, температура сточной жидкости изменялась от 1,1 до 1,5<sup>0</sup>С в зимний период, а в летний от 1,3 до 1,5<sup>0</sup>С.

*Страница 14:* На ОСК г. Искитим изменение температуры несколько выше и составило 2,7-3,0<sup>0</sup>С. В летний период изменения были небольшими, от 0,5 до 0,7<sup>0</sup>С.

*Страница 15:* 3 этап исследований.

*Страница 16:* При изучение теплотехнических процессов, которые происходят между сточной жидкостью и окружающей средой было установлено, что для первичных отстойников к статьям поступления и потерь тепла в зависимости от времени года относятся: поступление тепла со сточной жидкостью, тепло сточной жидкости, находящейся в отстойнике, поступление тепла с солнечной радиацией, расход тепла на конвективный теплообмен, расход тепла на испарение сточной жидкости с открытой поверхности сооружения, потери тепла в грунт и потери на излучение с абсолютного темного тела. Для вторичных отстойников расчет такой же, только необходимо учитывать поступление тепла с циркулирующим активным илом.

Что касается аэротенков, в данном сооружение статей расхода и поступления тепла больше, здесь необходимо учитывать тепло, которое возвращается с циркулирующим активным илом из вторичных отстойников, тепло экзотермических реакций и унос тепла с воздухом, который нагнетается в аэротенки в достаточно большом количестве. Тепло экзотермических реакций не учитывалось из-за слишком малой его величины, как и тепло солнечной энергии в зимний период.

В летний период эти две статьи будут оказывать существенное значение на температуру из-за резкого повышения тепла солнечной энергии и более интенсивных процессов, протекающих в аэротенках.

*Страница 17:* На данной странице представлены математические модели для каждой статьи.

*Страница 18:* Здесь представлены схемы поступления и потерь тепла для первичных отстойников, аэротенков и вторичных отстойников.

*Страница 19:* 4 этап исследований.

В 90-х годах прошлого столетия на кафедре «Водоснабжения и водоотведения» НГАСУ (Сибстрин) была создана компьютерная модель, предназначенная для анализа, прогнозирования и оптимизации конкретных функционирующих ОСК, основными расчётными параметрами которой были расход и показатели исходной сточной жидкости. В модели использовались расходы сточной жидкости: суточный и часовой, которые можно варьировать в диапазоне  $\pm 40\%$  от проектного расхода. К варьируемым показателям сточной жидкости также относятся температура, БПК<sub>пол</sub>, взвешенные вещества, азот аммония, для них также предусмотрены определенные ограничения. В компьютерной модели можно изменять экономические и технологические параметры: стоимость реагентов, количество работающих сооружений и

работающего оборудования, дозу ила в аэротенках, удельный расход воздуха, степень циркуляции активного ила. Таким образом, изменяя показатели сточной жидкости на входе и технологические параметры сооружений, оборудования можно спрогнозировать качество очищенной сточной жидкости перед сбросом её в водоём.

К сожалению, следует заметить, что данная модель не учитывала изменение температуры сточной жидкости, как по сезонам года, так и входе очистки сточной жидкости в открытых сооружениях.

Основным недостатком существующей компьютерной модели ОСК является отсутствие математического описания процессов теплообмена, протекающих в открытых очистных сооружениях канализации (первичных отстойниках, аэротенках, вторичных отстойниках) и отсутствие возможности учитывать изменения температуры в этих сооружениях при изменении климатических факторов. Поэтому на сегодня предпринимается попытка создать новый программный комплекс с учетом данных факторов. Новый комплекс предполагает расчет анализа ОСК и прогнозирования.

*Страница 20:* Здесь представлена блок-схема работы программы, которая включает в себя анализ и прогнозирование качества сточной жидкости с учетом изменения климатических параметров.

*Страница 21:* Также в ходе проведения работы была произведена математическая обработка данных для всех статистических данных, полученных на двух ОСК за весь период исследований. Данные были разбиты по годам.

Поскольку измерения на ОСК проводились в разные времена года с целью достижения однородности выборки для построения регрессионных моделей предварительно использовалась процедура кластерного анализа.

Вторым этапом была проверка гипотез о равенстве средних значений измеряемых параметров в кластерах при различных предположениях о равенстве дисперсий и на третьем этапе - подбор математических выражений, адекватно описывающих функциональную зависимость (проверка качества регрессии по критерию Фишера, зависимости температуры сточной жидкости от климатических факторов).

*Страница 22:* На этой странице представлены диаграммы рассеяния скорректированной регрессионной модели для ОСК г. Новосибирск.

Как видно, после проведения кластерного анализа программа выдала три регрессионных уравнения для общей выборки, то есть не разделяя модель на различные времена года и разделила на зиму и весну. Это значит, что можно прогнозировать температуру сточной жидкости по общей модели и можно для более точного прогнозирования использовать модели сезонности.

*Страница 23:* Здесь приведены диаграммы регрессии для ОСК г. Искитим.

*Страница 24:* К основным выводам можно отнести:

- анализ литературных источников показал, во многих источниках отмечается влияние температуры сточной жидкости на расчетные параметры основных сооружений, но вопросы влияния климатических параметров в целом на процессы очистки сточной жидкости не изучены.

- в результате теоретических исследований математических моделей первичных отстойников, аэротенков и вторичных отстойников было выявлено, что при изменении температуры сточной жидкости ее качество существенно изменяется. Как было сказано ранее при температуре 20 градусов взвешенные вещества составляют 96 мг/л, а при снижении температуры увеличиваются до 113. Так для аэротенков при снижении температуры увеличивается значение БПК, а во вторичном отстойнике увеличивается вынос взвешенных веществ.

- в результате проведения большой серии замеров температуры сточной жидкости в открытых сооружениях при различных климатических параметрах на ОСК разной производительности установлено, что более серьезное изменение температуры происходит на ОСК г. Искитим, это связано с меньшими размерами сооружений, а соответственно и меньшей их теплоемкостью.

- проанализировав математические модели теплотехнического расчета по потерям и поступлению тепла, установлено, что в зимний период основными потерями тепла являются унос тепла за счет испарения, конвективного теплообмена и унос тепла с воздухом. В летний период повышение температуры сточной жидкости происходит в основном за счет поступления энергии Солнца и подачи в аэротенки горячего воздуха.

-проведя кластерный анализ, полученных в ходе проведения сбора статистических данных установлено, что различные периоды года по-разному влияют на температуру сточной жидкости.

- выявлены зависимости температуры сточной жидкости от климатических параметров, получены уравнения регрессий для прогнозирования температуры сточной жидкости.

*Страница 25: Спасибо за внимание.*