

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДЕМАНГАЦИИ НА ПОСЕЛКЕ ЮЖНОМ г. БАРНАУЛА
Маркевич А.А. – студент, Бахтин Б.И. – студент, Лысенко А.С. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Водоснабжение п. Южном г. Барнаула осуществляется двумя кустами артезианских скважин. Качество подземных вод по общему химическому и микробиологическому составу соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» за исключением железа и марганца. Концентрация железа в подземных водах превышает нормативное значение в 2,0 – 3,5 раза, марганца – в 2,5 – 3,0 раза. Повышенное содержание железа и марганца имеет природное происхождение и характерно для всего Барнаульского месторождения подземных вод, кроме того, в воде присутствует запах сероводорода.

Для обеспечения населения качественной водой, соответствующей требованиям СанПиН на п. Южном была построена и запущена в действие с марта 2012 года станция обезжелезивания. На станции предусмотрено оборудование для обезжелезивания и обеззараживания.

Для обезжелезивания воды принят метод упрощенной аэрации на отечественной установке заводского изготовления «Деферрит» производительностью до 10180 м³/сут, обеспечивающий снижение концентрации железа в фильтрате ниже ПДК, т.е. менее 0,3 мг/л. Установка «Деферрит» состоит из следующих основных узлов: бака дегазатора-аэрата, центробежных насосов, напорных скорых фильтров с песчаной загрузкой, запорно-регулирующей арматуры.

Для обеззараживания воды приняты отечественные бактерицидные аппараты «ББО-225» производительностью до 225 м³/ч, позволяющие получать воду питьевого качества. В корпусе аппаратов «ББО-225» установлены ультрафиолетовые лампы марки TUV-75, мощность одной лампы равна 1 кВт.

Работа ультрафиолетовых аппаратов заблокирована с работой установки «Деферрит».

По литературным данным удаление марганца до концентраций, соответствующих требованиям СанПиН при упрощенной аэрации должно обеспечиваться в одну ступень очистки наряду с процессом обезжелезивания. Однако, как показал опыт работы, удаление марганца на установке «Деферрит» не производится, и, в итоге, очищенная вода не соответствует требованиям СанПиН по содержанию марганца. Ввиду вышесказанного, в данной работе была поставлена задача подобрать метод и оборудование для демангации.

Выбор метода демангации обусловлен условиями и областью его применения, в частности, производительностью очистных сооружений, составом обрабатываемой воды и количественным соотношением показателей качества воды.

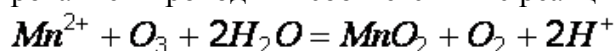
Как известно, в подземных водах марганец обычно присутствует в виде двухвалентного катиона или гидроксида Mn(OH)₂.

Удаление из воды марганца производят увеличением окислительно-восстановительного потенциала среды – применением сильных окислителей без корректирования значения рН воды; повышением значения рН воды при недостаточном окислительно-восстановительном потенциале в случае использования слабых окислителей; совместным применением сильного окислителя и повышением значения рН воды. Многие методы основаны на окислении присутствующего в воде иона двухвалентного марганца до трех- и четырехвалентных, образующих гидроксиды, растворимость которых при рН > 7 меньше 0,01 мг/л. Окисление происходит с помощью перманганата калия, озона, хлора и его производных, кислорода воздуха. Кроме того, удаление марганца из воды возможно ионным обменом (Н- или Na-катионированием), известково-содовым методом, фильтрованием воды через загрузку из марганцевого цеолита, биохимическими методами. Для перехода двухвалентного марганца в оксид марганца должен поддерживаться определенный окислительно-восстановительный потенциал, значение которого зависит от требуемой в данном конкретном случае концентрации остаточного марганца и рН среды.

Технология деманганаии сходна с обезжелезиванием, но марганец отличается большей стойкостью при окислении, а появление нерастворимых форм наблюдается при повышении мощности редокс-системы. После получения трудно растворимых соединений (трехвалентный гидроксид, четырехвалентные пиролюзит и гидроксид), производится очистка воды по одноступенчатой или двухступенчатой схемам, иногда с применением коагулянтов и флокулянтов.

После предварительного анализа эффективности методов деманганаии и возможности их реализации на станции очистки на п. Южном был выбран метод деманганаии озонированием.

Деманганаии озонированием проходит в соответствии с реакцией:



Окисление ведется при рН не менее 7,5 – 8,0, продолжительность реакции 15 – 20 минут. Образующийся при окислении коллоид гидроксида четырехвалентного марганца в интервале значений рН от 4 до 11 имеет отрицательный заряд и ξ -потенциал более 20 *mv*. Поэтому для удаления образовавшихся соединений требуется реагентная обработка воды коагулянтами или флокулянтами.

Предложена следующая схема деманганаии. Вода после установки «Деффирит» подается в контактные камеры, в которые вводится озono-воздушная смесь. Вода в камеры подается сверху, через желоба с отверстиями. Озон поступает через пористые трубы, уложенные на дне. Перемешивание воды и озона происходит при их противотоке, что позволяет более полно использовать озон. Для генерации озона установлен озонатор ОП. В контактных камерах, рассчитанных на 15 минут контакта воды с озонem, происходит окисление двухвалентного марганца в четырехвалентный, а также железа и сероводорода. Высокое значение рН очищаемой воды и сильные окислительные свойства озона позволяют обойтись без подщелачивания.

Озонированная вода из контактной камеры забирается насосами и подается на фильтры – демангаторы для очистки от нерастворимого четырехвалентного оксида марганца. Перед подачей воды на фильтры предусмотрен ввод раствора флокулянта – полиакриламида, что позволяет интенсифицировать процесс сорбции взвеси фильтрующим материалом.

Фильтры – демангаторы загружены гранодиоритовым песком диаметром зерен 0,8 - 2,0 мм. Дренаж – трубчатый с круглыми отверстиями. В фильтрах предусмотрена водовоздушная промывка.

Применение озона позволяет одновременно осуществлять и обеззараживание воды. Поэтому установка ультрафиолетового обеззараживания не требуется.

После фильтров – демангаторов вода направляется в резервуары чистой воды и далее под естественным напором подается в водопроводную сеть п. Южный.

Запроектированные сооружения (озонаторы, контактные резервуары, фильтры демангаторы) размещаются на существующей площадке очистных сооружений п. Южный.

Предложенная схема деманганаии позволит получить питьевую воду, соответствующую по всем показателям требованиям СанПиН, повысить качество предоставляемых услуг населению, улучшить экологическую ситуацию в поселке и обеспечить комфортные условия проживания.

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД в БАРНАУЛЕ

Гусева А.Ю. – студент, Майборода А.С. – студент, Бахтина И.А. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Ливневые сточные воды относятся к условно чистым и поэтому допустим их сброс в водоемы или на пониженные участки местности без очистки. Река Обь относится к рыбохозяйственным водоемам первой категории. Ввиду ужесточения природоохранных норм и снижения антропогенного воздействия сброса неочищенных ливневых сточных вод

на окружающую среду возникла необходимость разработки схемы очистки ливневых сточных вод г. Барнаула.

Предлагаемая технологическая схема сочетает в себе методы механической и физико-химической очистки и включает сооружения и оборудование для механической очистки от нерастворенных примесей и крупного мусора, удаления нефтепродуктов и минеральных примесей, обеззараживания очищенных стоков и обезвоживания образующихся осадков.

Для приема и усреднения суточного расхода стоков предусмотрен резервуар – усреднитель. Резервуар разбит перегородками на четыре секции и оборудован гидравлической системой взмучивания осадка в каждой секции для размыва выпавшего песка и взмучивания осадка и погружными канализационными насосами для равномерной подачи стоков на очистные сооружения.

Поступающие с постоянным расходом по напорным коллекторам от погружных насосов из резервуара-усреднителя усредненные стоки направляются на комбинированные модули механической очистки, состоящие из механической решетки MEVA Rotoscreen, с прозорами 3 мм, аэрируемой песколовки, нефтеловушки с поверхностным скребком и эксцентриковым насосом для удаления нефтепродуктов.

На первой стадии механической очистки сточная вода проходит через ступенчатую решетку и очищается от всех плавающих и большинства взвешенных включений. Мусор промывается и обезвоживается шнековым промывочным прессом до влажности 35 – 60%. Вода из пресса возвращается в основной поток сточных вод перед решеткой.

Сточная вода после решетки направляется в аэрационную песчаную камеру, в которой песок осаждается и транспортируется в противоположном направлении основному потоку горизонтальным шнековым транспортером, расположенным в нижней части камеры. Извлеченные из стоков:

- мусор после промывочного пресса с помощью транспортера подается в накопительный бункер, оборудованный шнековым механизмом для выгрузки в автотранспорт, и периодически вывозится на полигон захоронения ТБО;

- пескопульпа насосом подается в сепаратор песка, оборудованный шнековым механизмом выгрузки в автотранспорт, и периодически вывозится на полигон захоронения ТБО.

Песколовка оборудована нефтеловушкой с поверхностным скребком. Всплывшие нефтепродукты перекачиваются эксцентриковым насосом в отстойник нефтепродуктов, откуда по мере накопления сливаются в накопительный бак, из которого периодически вывозятся для утилизации на нефтебазу. Выгрузка нефтепродуктов из бака предусмотрена с помощью специальных насосов.

Модуль механической очистки работает в автоматическом режиме в зависимости от водного уровня перед решеткой и заданных временных интервалов срабатывания оборудования. В случае сбоя автоматики или прекращения электропитания поток сточной воды через перелив перед решеткой пройдет в песчаную камеру.

Механически очищенные стоки из песколовки – нефтеловушки самотеком поступают в распределительный лоток перед горизонтальными отстойниками. Лоток оборудован ершовым смесителем для быстрого смешения дозируемого в сточную воду раствора коагулянта. После отстойника вода из водосборного лотка поступает в аккумулирующий резервуар, откуда с помощью погружных насосов подается последовательно на две ступени напорных фильтров доочистки.

Фильтры первой ступени загружены горелой породой. Фильтры второй ступени, загруженные активированным углем, предназначены для тонкой доочистки по нефтепродуктам.

Прошедшая все ступени очистки вода обеззараживается с помощью установки ультрафиолетового облучения и, перед сбросом в реку, накапливается в резервуаре промывной воды. Промывка фильтров производится с помощью промывных насосов.

Для предотвращения биообрастания фильтрующей загрузки фильтров доочистки в проекте предусмотрено дозирование раствора гипохлорита натрия в очищаемую воду перед фильтрами первой ступени.

Грязная промывная вода сбрасывается в резервуар-усреднитель. Объем резервуара определен с учетом поступления промывных вод от ступеней доочистки и поступления сливной воды от установки сепарации песка. Для устранения возможности отложения осадка в резервуаре предусмотрена гидравлическая система взмучивания осадка и размыва песка.

Осадок из прямиков горизонтальных отстойников и плавающие вещества из одноименного резервуара с помощью специальных насосов подаются в приемный резервуар установки обезвоживания осадков.

Обезвоженный осадок складировается в накопительном бункере, оборудованном шнековым механизмом выгрузки в автотранспорт, откуда периодически вывозится на полигон захоронения ТБО.

Для дегельминтизации извлекаемого из сточной воды осадка в бак осадка перед установкой обезвоживания осуществляется дозирование овицидного препарата «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ».

Приготовление и дозирование растворов реагентов осуществляется с помощью специальных реагентных установок, в состав которых входит растворо-расходный бак с барботажной системой и насос-дозатор.

Фильтры обеих ступеней оборудованы системой подачи воздуха для просушки загрузки перед консервацией очистных сооружений на зимний период.

В технологической схеме предусмотрена возможность опорожнения очистных сооружений и оборудования, перед их консервацией на зимний период, через дренажную насосную станцию, со сливом воды в резервуар – усреднитель.

Предложенные очистные сооружения ливневых сточных вод обеспечивают высокую степень очистки, на прилегающей территории в воздухе отсутствуют неприятные запахи, в процессе работы не образуются больших объемов осадка, требующих утилизации, не требуется больших строительно-монтажных и эксплуатационных затрат, сооружения компактны, надежны и просты в эксплуатации.

Реализация предложенных решений позволит организовать очистку ливневых стоков г. Барнаула и достичь значений показателей сточных вод разрешенных к сбросу в р. Обь – водоем рыбохозяйственного значения первой категории.

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОАО «АЛТАЙВАГОН»

Тюлькина Е.Н. – студент, Скопенко А.А. – студент, Бахтина И.А. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Производственные сточные воды имеют, как правило, специфический состав, поэтому их сброс в водоотводящие сети населенного пункта или в водоемы без локальной очистки не допускается.

В представленной работе рассматривается система водоотведения предприятия ОАО «Алтайвагон». Водоснабжение ОАО «Алтайвагон» осуществляется из артезианских скважин, расположенных на территории предприятия и на прилегающей территории г. Новоалтайска. Забираемая вода используется для хозяйственно-питьевых и производственных нужд предприятия и хозяйственно-питьевых нужд населения г. Новоалтайска.

Для производственных нужд вода используется в инструментальном и кузнечнопрессовом цехах. Сточные воды характеризуются большим содержанием взвешенных веществ, нефтепродуктов, также в них содержатся фенолы, сульфиды и сульфаты в концентрациях, превышающих нормативные значения для сброса в водоем. В настоящее время сточные воды сбрасываются без очистки в озеро – отстойник, находящиеся

на территории предприятия и за его пределами. Ввиду малой проточности и небольших объемов озера-отстойника, а также повышения экологических показателей ОАО «Алтайвагон» в представленной работе была поставлена задача разработки технологической схемы очистки производственных сточных вод до нормативов, допускающих сброс очищенных стоков в водоем.

Для очистки производственных сточных вод предложена механическая очистка в нефтеловушках, физико-химическая – во флотаторах и доочистка на скорых фильтрах.

Механическая очистка сточных вод является, как правило, самым дешевым методом очистки, а поэтому всегда целесообразна для подготовки воды к физико-химической очистке. Для механической очистки предложено использовать горизонтальную нефтеловушку с тонкослойными блоками. Далее сточные воды поступают на стадию физико-химической очистки – во флотатор.

Предварительно сточные воды насыщаются под давлением эжектированным воздухом, а затем подаются в камеру грубой очистки горизонтального многокамерного флотатора, проходя впоследствии три флотационные секции тонкой очистки. Очищенные флотацией стоки и насыщенные воздухом, в количестве 50% общего расхода обрабатываемых сточных вод подаются во флотатор на рециркуляцию. Половина рециркуляционного расхода сточной воды поступает во флотатор в центр камеры грубой очистки, остальная вода равномерно распределяется в три других флотационных отделения. Время обработки составляет 20 мин.

На последней стадии сточные воды проходят доочистку на скорых фильтрах с загрузкой из кварцевого песка. Процесс основан на прилипанию оставшихся частиц нефтепродуктов и других соединений к поверхности фильтрующего материала. После фильтров доочистки все показатели очищенных сточных вод соответствуют требованиям для сброса в водоем.

Таким образом, предложенная схема очистки позволит довести показатели сбрасываемых производственных сточных вод до требований нормативов, улучшить экологические показатели ОАО «Алтайвагон» и снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду.

РАЗРАБОТКА ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Климова Н.С. – студент, Полковникова А.А. – студент,

Бахтина И.А. – доцент, Николаев А.М. – доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

С каждым годом увеличивается количество туристов и отдыхающих в Алтайском крае и Горном Алтае. Гостиничные здания и туристические комплексы, предназначены для кратковременного пребывания людей и должны для соответствующего обслуживания их бытовых и культурных потребностей, быть оборудованы всеми необходимыми инженерными системами. Как правило, туристические комплексы находятся в отдалении от централизованных систем водоснабжения и водоотведения, поэтому возникает необходимость разработки локальных систем водоснабжения и водоотведения для туристических и гостиничных комплексов.

В представленной работе разработаны локальные системы водоснабжения и водоотведения базы отдыха, входящую в туристический комплекс «Бирюзовая Катунь». База отдыха включает комфортабельную гостиницу, площадки для активного отдыха и занятием спортом, бассейны. Гостиница – трехэтажная. Первый этаж гостиницы включает в себя помещения входной группы (холл, ресепшн, гардероб, камеру хранения, служебные помещения), а также ресторан и помещения развлекательного назначения и бытового обслуживания. Второй и третий этажи гостиницы занимают номера. Количество номеров на этаже – 10 (на 1-2 места). Все номера гостиницы оборудованы санитарно-техническими узлами. Ввиду удаленности рассматриваемого туристического комплекса от

централизованных систем водоснабжения и водоотведения были запроектированы локальные системы.

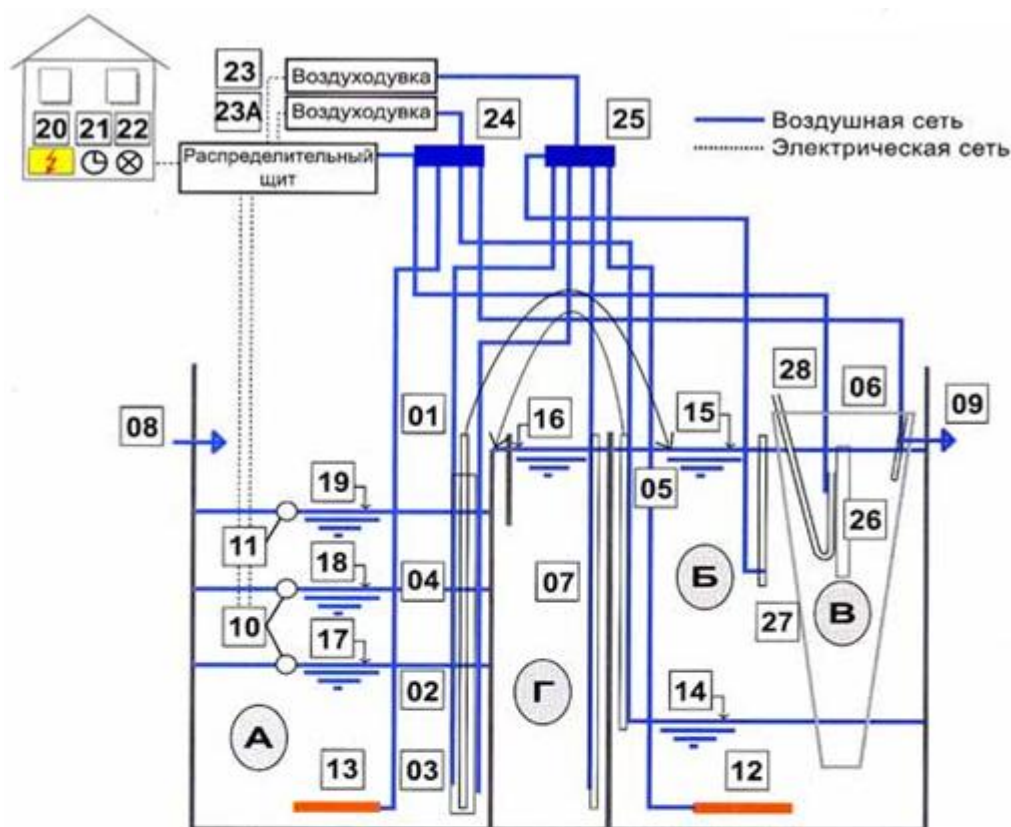
Водоснабжение гостиницы производится из подземных источников. Скважины расположены на территории комплекса. Вода из скважин подвергается ультрафиолетовому обеззараживанию. Для обеззараживания подобрана установка УОВ-УФТ-П-2 для питьевой воды. Далее вода направляется в систему водопровода. Для подготовки горячей воды подобрана микротурбинная энергоустановка Capstone C-30, укомплектованная теплообменником Unifin, она обеспечивает потребность различных служб гостиницы в горячей воде и является резервным источником электроэнергии в случае аварии центральной сети.

Для очистки сточных вод предусмотрена автономная система локальной очистки. В настоящее время на рынке представлено достаточно много компактных очистных сооружений: «Upronog Sako», «Кедр», «BIOTAL», «Тверь», «ТОПАС» и др. По предварительной оценке и исходя из экономических и технологических соображений выбрана установка «ТОПСА». Установки модельного ряда «ТОПАС» выполнены в цельнонержавеющем пластиковом корпусе. Для их изготовления используется вспененный интегральный трехслойный листовый полипропилен, производимый в Чехии. Этот полипропилен содержит внутри пузырьковый слой, который влияет на упругость листов и их термозащиту. Механические свойства корпуса позволяют устанавливать «ТОПАС» в различные грунты.

Технологическая схема работы локального очистного сооружения «ТОПАС» приведена на рисунке 1 и заключается в следующем. Сначала сточные воды поступают в накопительный резервуар (А), в котором происходит усреднение залповых сбросов. Из накопительного резервуара неочищенные сточные воды с помощью аэрлифта (мамут-насоса) поступают в аэротенк (Б), в котором происходит биологическая очистка с помощью активного ила.

Смесь вод и активного ила, подвергнутая очистке, перекачивается с помощью мамут-насоса вторичного отстойника (27) в успокоительный цилиндр (26) вторичного отстойника. Ил отстаивается, опускается на дно вторичного отстойника и возвращается обратно в аэротенк.

Очищенная вода после отстаивания попадает в выходную магистраль установки. В этом случае речь идет о классической непрерывной аэрационной системе с накопительным резервуаром. При недостаточном количестве стоков, когда уровень в накопительном резервуаре достигает заранее установленного минимума (17), срабатывает поплавковый переключатель (10), который включает компрессор обратного цикла и переключает станцию в фазу рециркуляции (обратный цикл). В этой фазе производится аэрация накопительного резервуара и откачка из аэротенка насосом (5) в стабилизатор активного ила (Г), где происходит разделение активного ила на фракции (легкий наиболее активный ил направляется вместе с отстоявшейся водой обратно в накопительный резервуар, а более тяжелый старый ил оседает вниз стабилизатора). Когда жидкость в накопительном резервуаре (А) достигнет верхнего уровня (18) срабатывает поплавковый переключатель (10), который включает компрессор прямого цикла и станция работает в режиме прямого тока жидкости.



Условные обозначения

- | | |
|--|---|
| А - накопительный резервуар | 13 - аэрационный элемент |
| Б - азротенк | 14 - уровень ила в азротенке |
| В - вторичный отстойник | 15 - уровень в азротенке максимальный |
| Г - стабилизатор активного ила | 16 - уровень ила в отстойнике |
| 01 - азрлифт неочищенной воды | 17 - уровень режима рециркуляции |
| 02 - фильтр грубых нечистот | 18 - уровень рабочего режима |
| 03 - азрация в накопительном резервуаре | 19 - уровень аварийный |
| 04 - направляющая-фиксатор фильтра грубых нечистот | 20 - электро-щиток |
| 05 - азрлифт избытков активного ила | 21 - реле времени (доп поставка) |
| 06 - азрация стабилизатора активного ила | 22 - аварийная сигнализация (доп поставка) |
| 07 - азрлифт откачки избытков активного ила | 23, 23А - компрессора - 2 шт. |
| 08 - приток загрязненной воды | 24 - распределительная сеть воздуха аккумуляции |
| 09 - сток очищенной воды | 25 - распределительная сеть воздуха активации |
| 10 - управляющий поплавков | 26 - успокоитель вторичного отстойника |
| 11 - аварийный поплавок | 27 - эрлифт вторичного отстойника |
| 12 - аэрационный элемент | 28 - удаление плавучих загрязнений из вторичного отстойника |

Рисунок 1 – Технологическая схема работы локальной установки очистки сточных вод «ТОПАС».

К повышению уровня в накопительном резервуаре (А) может приводить и приток неочищенной воды, таким образом, время фазы рециркуляции уменьшается пропорционально количеству вновь поступающей неочищенной воды (в случае отсутствия притока неочищенной воды время фаз примерно одинаково). Таким образом, в ходе работы станции автоматически происходит удаление активного ила и поддержание его концентрации на уровне, необходимом для оптимальной очистки.

Достоинством выбранных локальных очистных сооружений сточных вод являются:

- небольшие размеры очистных сооружений с аэробными биологическими процессами;
- высокая степень очистки стоков, что в совокупности с предыдущим фактором позволяет существенно сократить объем работ по устройству автономной канализации;
- не требует дополнительных материалов в процессе эксплуатации;
- простота монтажа очистного сооружения канализации, не требуется специальная техника;

- локальное очистное сооружение может быть установлено в любом месте;
- корпус выполнен из пластика, который не ржавеет, легок и как следствие прост в установке и монтаже.

Разработанные системы водоснабжения и водоотведения позволят обеспечить работу систем питания, бытового и культурного обслуживания гостей и необходимый уровень коммунального благоустройства туристического комплекса.

СООРУЖЕНИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ КОТЕЛЬНОЙ

Денисова А.С. – студент, Шапов А.П. – студент, Бахтина И.А. – доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В тепловой сети в качестве теплоносителя, как правило, используется вода, которая подогревается на котельных. Для обеспечения необходимого качества теплоносителя исходная вода, поступающая в котельные установки, умягчается катионированием. При достижении рабочей обменной емкости катионитовые фильтры регенерируются растворами серной кислоты или поваренной соли в зависимости от типа катионита. Отработанные регенерационные растворы сбрасываются в водоотводящие сети совместно с бытовыми сточными водами. При этом, безусловно, предприятие платит за сброс загрязненных сточных вод, а также теряются регенерационные растворы, которые возможно было бы утилизировать из сточных вод и вернуть в качестве исходных реагентов, снизив при этом для предприятия как платежи за сброс загрязненных сточных вод, так и затраты на исходные реагенты для регенерации катионитовых фильтров.

В данной работе рассматривается цех водоподготовки котельной МУП «НТС» №1 г. Новоалтайска. В цехе происходит подготовка воды, которая далее поступает в тепловую сеть г. Новоалтайска. Сущность подготовки заключается в следующем. Подаваемая насосами исходная (сырая) вода поступает в бак сырой исходной воды. Затем исходная вода поступает в Na-катионитовый фильтр, где умягчается до жесткости не более 0,7 мг-экв/л. Фильтрованная вода поступает в бак-умягченной воды, и затем подается в деаэратор. Далее обработанная вода поступает в тепловую сеть.

Периодически осуществляется регенерация Na-катионитовых фильтров раствором поваренной соли NaCl. Сухая соль подается в баки мокрого хранения соли, где готовится раствор концентрацией 26%, а затем в баке – мернике разбавляется до рабочей концентрацией 8%. После регенерации фильтров отработанный раствор в настоящее время сбрасывается в водоотводящую сеть вместе с бытовыми стоками города. При этом, как отмечалось ранее, предприятие не только платит за сброс стоков, но и теряется регенерационный раствор, который возможно утилизировать.

В данной работе была поставлена задача разработки схемы утилизации отработанного солевого раствора. Предложенная схема заключается в следующем. Регенерационный раствор, вода от взрыхления и вода от отмывки после регенерации фильтров поступает в бак – сборник – усреднитель и через некоторое время направляется в реактор, где смешивается с раствором соды NaCO₃. Далее вода возвращается обратно в усреднитель, а осветленный и восстановленный раствор соли NaCl возвращается в бак – мерник, где доводится до рабочей концентрации. Осадок из реактора обезвоживается и утилизируется. Ввиду не токсичности образующегося осадка и его небольших объемов, складирование данного осадка не наносит вред окружающей среде.

Предложенная схема позволит улучшить экологические показатели котельной, снизить платежи предприятия за сброс сточных вод и уменьшить затраты на исходный реагент для регенерации катионитовых фильтров.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И ДРУГИХ РЕГИОНОВ РФ

Дружинин Т.В. – студент, Ильиных С.В. – аспирант, Гольцов Л.В. – аспирант,
Иванов В.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Потребности современной жизни заставляют заниматься программой резкого роста выработки электроэнергии. В этом значительная доля принадлежит нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии (НВИЭ), в том числе малой гидроэнергетики. В соответствии с распоряжением правительства РФ № 1-р от 08.01.2009 г. к 2020 году в России производство энергии за счет НВИЭ должно составлять 4,5 % от общего производства в России, что соответствует вводу около 25 ГВт мощности. Устойчивый спрос на производимую энергию и рост тарифов на электроэнергию способствуют развитию НВИЭ в стране и в отдельных регионах. Так, например, Администрация Алтайского края в период с 2009 по 2011 годы заключила ряд соглашений с инициаторами проектов в области НВИЭ на территории края, в том числе развития малой гидроэнергетики. Энергоснабжение с использованием НВИЭ (и в частности, отдаленных районов Алтайского края) все чаще рассматривается как альтернативный вариант сельской электрификации. Он считается экономически более приемлемым и экологически безопасным. К тому же более 50% электроэнергии Алтайский край получает извне. Примерно 46-48% электрической мощности край покрывает за счет собственных энергоисточников. Разработки в области НВИЭ, и в частности, малой гидроэнергетики являются востребованными и перспективными как для Алтайского края, так и для других регионов РФ.

Актуальность разработки и внедрения недорогих и эффективных гидроэнергетических установок (ГЭУ) малой мощности в Алтайском крае для электроснабжения автономных потребителей обусловлена активным развитием туристических зон, сельскохозяйственных предприятий, фермерских хозяйств, удаленных от централизованных электрических сетей. Кроме того, в Алтайском крае есть потребители, которые имеют централизованное электроснабжение, однако транспортировка электроэнергии, эксплуатация электрических сетей, трансформаторных подстанций обходится достаточно дорого, поэтому себестоимость электроэнергии в этих районах значительно превышает существующие тарифы на электроэнергию.

Коллектив авторов кафедры теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения энергетического факультета АлтГТУ занимается разработкой и внедрением гидроэнергетических установок малой мощности (ГЭУ) с водоналивными колесами и осевыми гидротурбинами для электроснабжения автономных потребителей Алтайского края (небольших производств, предприятий сельского хозяйства, фермерских хозяйств, дачных поселков, туристических баз, научно-исследовательских и поисковых станций МЧС и др.). Разрабатываемые ГЭУ вырабатывают мощность от 1 до 10 кВт и предназначены для электроснабжения автономных потребителей, располагающихся вблизи водных потоков с напорами от 1 до 5 м и расходами воды от 0,3 до 3,0 м³/с.

Основными задачами исследований и содержанием работ являются:

1. Обоснование требований к качеству электроэнергии и автоматизированным гидроагрегатам с водоналивными колесами, осевыми гидротурбинами и асинхронными самовозбуждающимися генераторами в сравнении с существующими.
2. Изыскание эффективных технических решений по составу и структуре низконапорных автоматизированных ГЭУ для автономных потребителей небольшой мощности, в том числе сельскохозяйственных.
3. Разработка математических моделей, проведение лабораторных и натурных испытаний экспериментальных образцов ГЭУ.
4. Разработка конструкторской документации на основные узлы и элементы ГЭУ.

22 сентября 2012 г. в п.Новозыково Красногорского р-на на реке Ташта (озеро «Киреево») Алтайского края состоялся запуск микроГЭС с водоналивным колесом под руководством д.т.н., профессора, зав.кафедрой «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение» (ТГиВВ) Иванова В.М. МикроГЭС установлена по заказу и при активном содействии директора ЗАО «Тайнинское» Киреева С.П. МикроГЭС состоит из верхненаливного колеса ($D=3$ метра, ширина 1 метр), электрогенератора, блока автоматического управления электрической нагрузкой (БАУЭН-1) и балластной нагрузки (электродвигатель). Высота плотины 5 метров. Предварительная работа велась в течение четырех лет в рамках дипломных проектов и практик студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение» и аспирантами каф.ТГиВВ специальности «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии». Были произведены необходимые расчеты, разработаны чертежи, изготовлен экспериментальный образец микроГЭС. Были выполнены поверочные расчеты водосбросных сооружений. Высокие технико-экономические показатели разрабатываемых ГЭС достигаются за счет применения оригинальных конструкторских решений защищенных патентами, авторами которых являются студенты и аспиранты АлтГТУ.

Литература:

1. Устройство для выработки электрической энергии из энергии воды (Патент на полезную модель) №95560 Заявка №2010105722; Заявл.17.02.10.- Оpubл. 10.07.10 г. Бюл. №19. Авторы: Иванов В.М., Сёмкин Б.В., Иванова Т.Ю., Жданов Е.П., Клейн Г.О., Степанова П.В.
- 2.Микро-гидро-электростанция (Патент на полезную модель) №102065 - Заявка № 2010140030 Заявл. 29.09.10 г.; Оpubл. 10.02.11 г., Бюл.№4. Авторы: Иванов В.М., Иванова Т.Ю., Жданов Е.П., Клейн Г.О., Ладейщиков С.А., Ярыгин Н.А., Романов А.А.
- 3.Мобильная береговая гидроэлектростанция (Патент на полезную модель) № 110419 - Заявка №201111405/06; Заявл.11.04.11г. Оpubл.20.11.11 г.,Бюл.№32. Авторы: Иванов В.М., Сёмкин Б.В., Иванова Т.Ю., Гольцев Л.В., Ильиных С.В., Васильев А.Ю.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСТЕЧЕНИЯ СТРУИ НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ КАФЕДРЫ ТГиВВ АлтГТУ

Гусева А.Ю.– студент, Ламонов Э.А.- студент, Юренков В.Н.– к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Лабораторные работы являются важнейшими формами обучения в учебном процессе и имеют своей целью закрепление, углубление и расширение знаний студентов в процессе выполнения конкретной практической задачи. Изучение уравнения Д.Бернулли и его свойств является центральным местом при изучении механики жидкости и газа. Проведение опытов по истечению струй является одним из важных аспектов применения уравнения Бернулли. Возможность проведения этих опытов при изучении этой темы ограничена трудностью их реализации.

Была предложена весьма простая схема определения коэффициентов истечения жидкости через различные насадки. Насадки (цилиндрическое отверстие, диффузор, конфузор и отверстие в тонкой стенке) были изготовлены студентами. Они легко вставляются в специальное отверстие в стенке бака. Струя сливаемой жидкости из бака через них попадает в специальный мерный бачок, позволяющий определить расход жидкости объемным способом. Знание расхода позволяет определить коэффициент расхода.

Коэффициент скорости определяется по координатам одной из точек струи. В отличие от лабораторной работы в прежнем варианте в данной лабораторной работе ордината точки струи является фиксированной величиной, а абсцисса распределяется расстоянием от точки выхода струи из насадка (начало отсчета) до точки соприкосновения струи с дном

расходомерного бачка. Для определения координат точки струи не требуется сложных приборов. Точность определения абсциссы и ординаты струи ± 2 мм, что лимитируется размерами поперечного сечения струи.

КОНЦЕПЦИЯ РАСЧЕТА АСИММЕТРИЧНОГО ТЕЧЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРОПЕЛЛЕРНОЙ ТУРБИНЫ МИКРОГЭС.

Бибихова Т.Н. – студент, Клейн Г.О. – уч.мастер, Юренков В.Н. – к.т.н.,доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В осевой турбине микроГЭС профиль рабочей лопасти работает в закругленном потоке на расстоянии, удаленном от выходных кромок лопаток направляющего аппарата. Для расчета параметров потока перед входными кромками лопастей рабочего колеса требуются надежные экспериментальные данные по структуре углов потока. Для создания математической необходимо принять некоторые допущения. Важнейшими из них являются:

1. рабочая лопасть есть тонкий изогнутый профиль в виде дужки работающей в неограниченном потоке;
2. поток, которым обтекается тонкий профиль (в качестве которого используется изогнутая по винтовой линии пластина) является закрученным, закон закрутки определяется направляющим аппаратом;
3. в осевом зазоре, т.е. в пространстве между выходными кромками лопастей рабочего колеса, закрученный поток деформируется из-за сил трения.

Работа плоской пластины, обтекаемой потоком жидкости хорошо описана в литературе. Что касается пластины в виде дужки, работающей в закрученном потоке, то информации в литературе на этот счет мало и при выполнении расчетов по определению усилий на искривленной пластине, приходится пользоваться результатами, полученными для плоских пластин. Для оценки проекции относительной скорости на окружном направлении, которое необходимо для определения входного угла рабочей лопасти, вносится поправка, связанная с изменением окружной составляющей скорости по экспоненциальному закону, вытекающему из представлений о диффузии вихря в вязкой среде. Этот прием был разработан в монографии Д.Н.Попова «Нестандартные гидромеханические процессы». Параметр, связанный с затуханием вихря $T_w = \frac{D_0}{16\nu}$, постоянная времени диффузии динамического вихря, легко связывается с величиной осевого зазора $\delta_{ос}$ и позволят оценить уменьшение окружной составляющей закрученного направляющим аппаратом потока при прохождении им расстояния, равного осевому зазору. С учетом этого фактора, качество закрутки рабочей лопасти улучшается (т.е. соответствие углов натекания и геометрических углов профиля на разных диаметрах увеличивается).

Моделью реального течения жидкости в осевом зазоре осевой гидротурбины является асимметричный вращающийся поток вязкой жидкости в кольцевом канале. Одна из стенок этого канала вращается. Была предпринята попытка учесть эффект от вращения. Базовым источником для этой цели послужила глава «Вращающийся диск» из монографии Г.Шлихтенга «Теория пограничного слоя».

О СХЛОПЫВАНИИ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЬКОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ КАВИТАЦИИ В ГИДРОМАШИНАХ

Мануйлова О.В.- студент, Кривошеева Л.Д. - студент, Юренков В.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При объяснении процессов кавитации в жидкости важное место занимает так называемый критический радиус парового пузырька. При этом исходя из термодинамических соображений должны быть равны давление, температура и химический потенциал фаз – жидкости и пара. В этом случае сферический пузырёк пара будет находиться в метастабильном состоянии. При значении радиуса пузырька отличающегося от критической, паровой пузырёк существует лишь мгновения. При $r < r_{кр}$ он исчезает эволюционно, постепенно, без видимых последствий для потока в целом. При $r > r_{кр}$ его исчезновение происходит мгновенно с появлением в среде микроударных волн. Это связано с переходом вещества (воды) из жидкой фазы в паровую, в связи с чем масса пара в пузырьке возрастает и химический потенциал пара будет увеличиваться, а устойчивым состоянием системы будет являться жидкое состояние. Почти мгновенное исчезновение пузырька связано с выделением некоторого количества тепла при фазовом переходе, но оно всё-же недостаточно, чтобы разогреть среду внутри схлопывающегося пузырька до столь высоких температур, как это вытекает из модели схлопывания Рэля. Из некоторых чисто гидродинамических соображений следует, что паровой пузырек может свернуться в тор. (см.«Вестник Алтайской науки», изд-во АлтГТУ, 2004). Подтверждением этого могут служить результаты исследования развития кольцевых повреждений, вызванных лазерной кавитацией, опубликованные в 1998 году (см.РЖ «Турбостроение», реф.5.45.116, 1999 г.).

Данный подход к описанию схлопывания кавитационных пузырьков является новым, поэтому необходимо обсуждение этой модели. По этой причине авторы и решились опубликовать этот материал для обсуждения на страницах печати.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК И КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОСТИ КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Борисочкин В.А.- студент, Николаева О.А.– студент, Николаев А.М. – к.т.н., доцент,
Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для утилизации теплоты отработавшего сушильного агента в настоящее время все больше внимания уделяется помимо частичной рециркуляции раздельному или совместному использованию теплонасосных установок (ТНУ) и конденсационных теплоутилизаторов (КТУ). В предыдущей статье, посвященной этой теме [1], были предложены оптимальные схемы конвективных сушильных установок с применением рециркуляции и теплонасосных установок (ТНУ) в качестве утилизатора теплоты и осушителя отработанного в процессе сушки высоковлажного сушильного агента (воздуха) В качестве сушимого нетканого материала использовался синтепон, нашедший широкое применение в различных областях производства [2]. В результате совместного применения частичной рециркуляции отработанного сушильного агента и ТНУ температура сушильного агента на входе в электрокалорифер увеличилась до 35 - 40°C в холодное время года и до 50 - 60°C в теплое время года. Экономия энергии в электрокалорифере при этом составила величину около 15%. Целью данной работы являлась структурная оптимизация энергосберегающих схем установок конвективной сушки с применением в различных комбинациях: рециркуляции, конденсационного теплоутилизатора и теплонасосной установки. Всего рассматривалось более 10 энергосберегающих схем с применением перечисленных выше комбинаций. Расчет

основных энергетических показателей сравниваемых схем, представлял собой многофакторную задачу. Для этого была разработана математическая модель и программное обеспечение к ней, что позволило значительно ускорить получение результатов. Анализ результатов расчетов показал, что эффективность применения КТУ для подогрева свежего сушильного агента за счет теплоты отработанного крайне низка ввиду низкого теплоперепада между охлаждающим теплоносителем и отработанным сушильным агентом, стремящегося вместе с величиной сэкономленной энергией в калорифере к нулю. Оптимальным с точки зрения затрат первичной энергии оказался простейший вариант с КТУ (рисунок 1), использующим в качестве охлаждающего теплоносителя наружный воздух

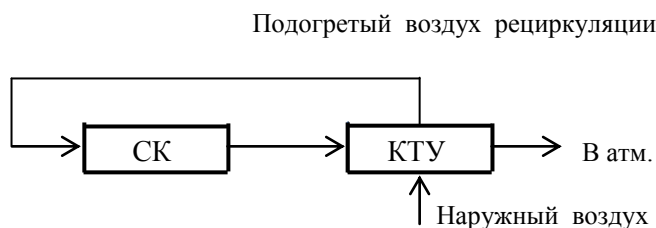


Рисунок 1 - Принципиальная схема с КТУ утилизации отработанного сушильного агента. СК – сушильная камера; КТУ – конденсационный теплоутилизатор

с температурой - 30°C, что уменьшило расход энергии в калорифере на 20%. Это хорошо для холодного времени года, тогда как для теплого такой экономии энергии не будет, так как температура отработанного сушильного агента при сушке синтепона 55°C (по технологическим условиям [2]). Из результатов проведенного анализа схем был сделан выбор наиболее перспективной комбинированной схемы, содержащий три способа энергосбережения: применение рециркуляции, ТНУ и КТУ (рисунок 2) вне зависимости от времени года и климатических условий.

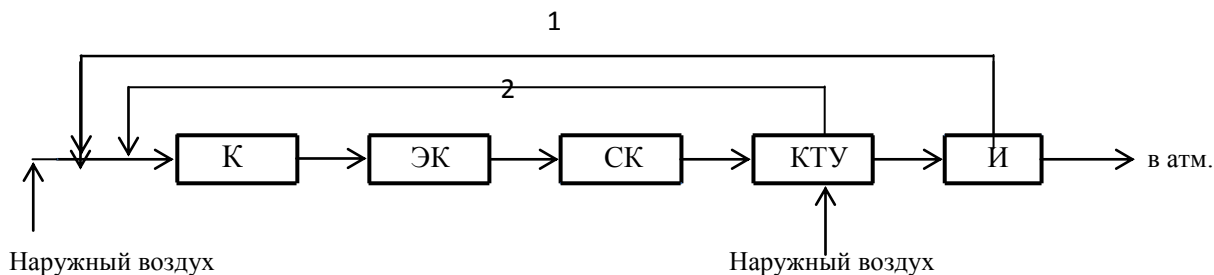


Рисунок 2 - Принципиальный вид схемы утилизации ВЭР отработанного сушильного агента конвективной сушильной установки с одновременным применением ТНУ и КТУ.

.К – конденсатор ТНУ; ЭК – электрокалорифер; СК – сушильная камера; КТУ- конденсационный теплоутилизатор; И – испаритель ТНУ; 1 – воздухопровод рециркуляции от испарителя ТНУ; 2 – воздухопровод рециркуляции от КТУ

Из схемы (рисунок 2) видно, что отработанный сушильный агент из сушильной камеры частично охлаждается в КТУ ,отдавая часть своей теплоты наружному воздуху, который, в свою очередь, подогревается и по воздухопроводу рециркуляции (2) направляется на вход конденсатора ТНУ для дополнительного подогрева и далее на вход электрокалорифера для достижения оптимальной начальной температуры 150°C [2]. Охлажденный и частично осушенный за счет конденсации влаги при температуре в КТУ, значительно меньшей точки росы для выходных параметров из СК ($t = 55^{\circ}\text{C}$ и $\varphi = 80\%$), отработанный сушильный агент

направляется в испаритель ТНУ. Там происходит его окончательная осушка, после чего он по воздухопроводу рециркуляции (1) направляется в конденсатор ТНУ. В целом данная схема позволяет получить величины экономии до 30 – 35% зимой и 40 - 45% летом; позволяет исключить недостатки схем, в которых КТУ и ТНУ используются отдельно, а именно: добиться экономии энергоресурсов летом, что недостижимо при использовании только КТУ, повысить надежность схемы в период аварии, ремонта или обслуживания одного из утилизаторов, поскольку в работе остается другой, снизить первоначальные капиталовложения в ТНУ, являющуюся самым дорогостоящим элементом.

Литература

1. Романов А.А., Мещерякова А.А., Николаев А.М. Использование тепловых насосов для повышения энергоэффективности конвективных сушильных установок в производстве синтетических нетканых материалов. Материалы IX Всероссийской научно – технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых «Наука и молодежь – 2012».(НИИМ - 2012).
2. Николаев А.М. Повышение экономичности конвективных сушильных установок регенерацией теплоты. Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики (ЭЭТПЭ – 2008). Материалы второй Всероссийской научно – практической конференции с международным участием. – Барнаул, 2008, с.169 – 171.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА МЕТОДОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Борисов М.П.- студент, Степанов Ю.М. – аспирант, Иванов В.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Полимерные материалы на основе полипропилена (ПП) и его производных широко применяются в различных областях человеческой деятельности и инженерных коммуникациях, в том числе в системах водоснабжения и водоотведения. ПП – пластический материал, отличающийся высокой прочностью при ударе и многократном изгибе, износостойкостью, высокой химической стойкостью, низкой паро- и газопроницаемостью. В тонких пленках практически прозрачен. ПП легко перерабатывается, хорошо смешивается с красителями. Изделия из ПП выдерживают кипячение и могут стерилизоваться паром без изменения их формы или механических свойств. Максимальная температура эксплуатации ПП — 120–140 °С.

Несмотря на широко развитую сферу применения полимерных материалов, возникает интерес к получению полимеров с определенным сочетанием свойств. Существует несколько способов изменения электрофизических свойств полимеров: добавление дисперсных наполнителей в объем полимера, модифицирование поверхности полимера различными поверхностно активными веществами, смешение различных полимеров и т.д. К преимуществам метода получения полимеров с заданными свойствами путем введения в полимерную матрицу дисперсного наполнителя можно отнести следующие факторы: улучшение механических свойств исходного полимера (прочности, твердости и т.д.), ускорение процесса разложения утилизированных полимеров.

В настоящее время имеется достаточно много работ по исследованию механических, оптических свойств композитов, их структуры (степени кристалличности, размера структурных единиц). Несмотря на это моделей, обосновывающих изменение электрических свойств полимеров при введении наполнителей, практически не имеется. В связи с этим является интересным исследование диэлектрических свойств модифицированных полимерных материалов и изучение влияния наполнителя на их свойства.

В ходе предлагаемого эксперимента получены температурные и частотные зависимости диэлектрических характеристик полимерных пленок в широком интервале температур.

Измерения проводились на установке "Concept 41" компании Novocontrol Technologies GmbH&Co, которая состоит из частотного анализатора импеданса (диапазон частот: $3 \cdot 10^{-6} - 20 \cdot 10^6$ Гц), измерительной ячейки, системы термостатирования (диапазон температур: $-100 - +250^{\circ}\text{C}$), системы автоматического сбора данных и сосуда дьюара с системой испарения и подачи газообразного азота (см. рисунок 1,2).



Рисунок 1 - Установка "Concept 41" Novocontrol Technologies.

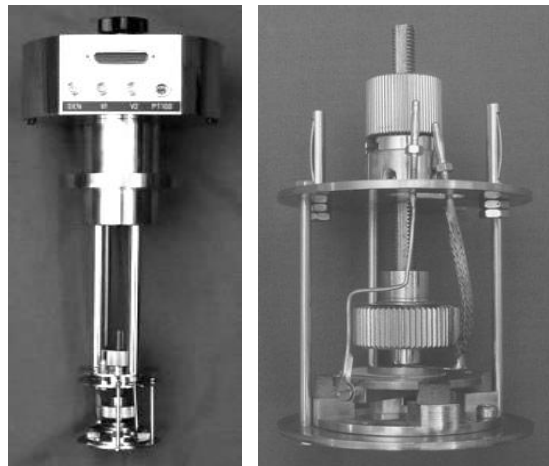


Рисунок 2 - Фото измерительной ячейки диэлектрического спектрометра.

На образец подавалось переменное напряжение $U(t) = U_0 \cos(\omega t)$ и проводилось измерение тока, проходящего через него и имеющего задержку по фазе относительно напряжения $I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi) = \text{Re}(I_0 \exp(i\omega t + \varphi))$

В комплексном виде ток выражается $I^* = I' + iI''$ Комплексный импеданс определяется соотношением

$$Z^*(\omega) = R + \frac{1}{i\omega C} = Z' + iZ'' = \frac{U_0}{I^*(\omega)} \quad (1)$$

Спектры комплексной диэлектрической проницаемости и комплексной проводимости рассчитывались из спектров импеданса по следующим формулам:

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon'' = \frac{-i}{\omega Z^*(\omega)} \frac{1}{C_0} \quad (2)$$

где: $C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ - емкость пустой ячейки;

$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ - емкость ячейки с образцом.

Комплексная проводимость выражается: $\sigma^* = \sigma' - i\sigma'' = \frac{-i}{\omega Z^*(\omega)} \frac{S}{d} \quad (3)$

В качестве исследуемого образца выбран полипропилен (ПП), модифицированный крахмалом картофельным (ГОСТ 7699-78). Смешение осуществляли в смесителе Brabender, приготовление плёнок проводили прессованием. Толщина образцов 250-300 мкм. Диэлектрические параметры измерялись в интервале температур от 0 до $+150^{\circ}\text{C}$, с частотой переменного сигнала $5 \cdot 10^{-2} - 10^5$ Гц.

**АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ
ПОЛИПРОПИЛЕНА МЕТОДОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**
Елизаров Е.С.- студент, Степанов Ю.М. – аспирант, Иванов В.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Частотная зависимость диэлектрической проницаемости ϵ' , измеренной при комнатной температуре для ПП с разным процентным содержанием крахмала представлена на рисунке 1.

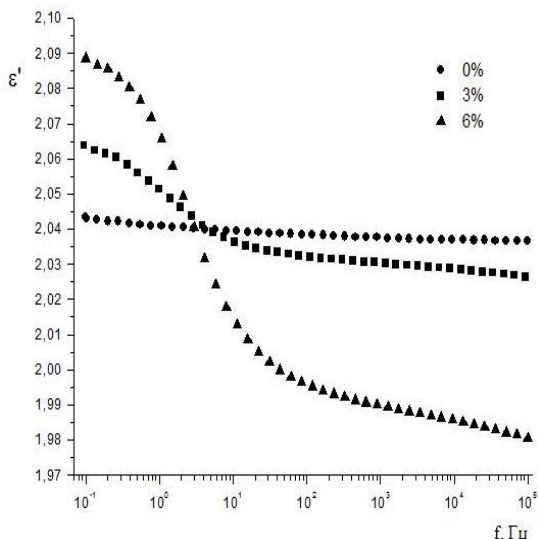


Рисунок 1 - Частотная зависимость диэлектрической проницаемости ϵ' для ПП с разным процентным содержанием крахмала ($T=20^\circ\text{C}$).

композита на частоте $f=10^3$ Гц. Полученные результаты хорошо согласуются с теоретической моделью диэлектрической проницаемости для биокомпозитов согласно которой величина $1/\epsilon'$ является линейной функцией от объемного процентного содержания наполнителя.

Изменение проводимости σ_{ac} как функция от частоты представлена на рисунке 3 для образцов с разным процентным содержанием крахмала. Внедрение наполнителя увеличивает проводимость полимера.

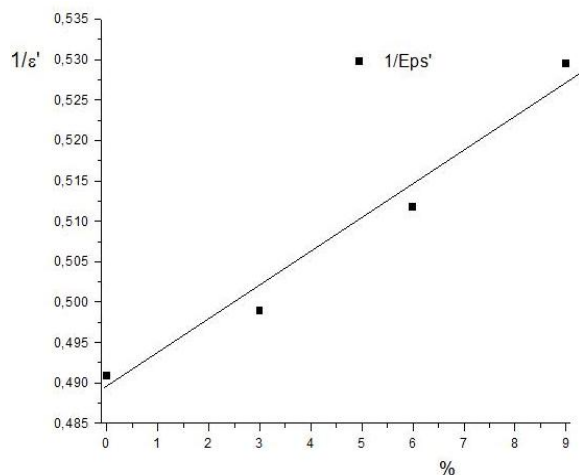


Рисунок 2 - Зависимость величины обратной диэлектрической проницаемости ϵ' образцов ПП с различным объемным содержанием крахмала ($f=10^3$ Гц).

Эффект внедрения модификатора проявляется в увеличении ϵ' во всем частотном интервале, влияние крахмала усиливается в области низких частот. Чистый ПП является неполярным полимером, для которого характерны ионная и электронная поляризации. Диэлектрическая проницаемость остается постоянной вплоть до частоты 10^3 Гц, ниже которой слабо увеличивается с уменьшением частоты. Внедрение крахмала вызывает появление полярных групп в неполярном материале, что объясняет увеличение поляризованности обусловленной переориентацией диполей. Увеличение поляризованности вызывается сочетанием трех механизмов: электронной, ионной и дипольной поляризации. Это проявляется в уменьшении ϵ' с увеличением частоты.

На рисунке 2 представлена зависимость обратной величины $1/\epsilon'$ от объемного процентного содержания крахмала для композита на частоте $f=10^3$ Гц. Полученные результаты хорошо согласуются с теоретической моделью диэлектрической проницаемости для биокомпозитов согласно которой величина $1/\epsilon'$ является линейной функцией от объемного процентного содержания наполнителя.

Изменение проводимости σ_{ac} как функция от частоты представлена на рисунке 3 для образцов с разным процентным содержанием крахмала. Внедрение наполнителя увеличивает проводимость полимера.

Частотная зависимость проводимости может быть описана выражением :
$$\sigma(\omega) \sim \omega^s$$

Показатель s в исследованных образцах принимает значения 0,5 для чистого ПП, а для композитов меняется в пределах от 0,5 (в области низких частот) до 1,0 (в области высоких частот). Данное обстоятельство свидетельствует о существовании прыжкового механизма переноса заряда. Отсутствие независимости проводимости от частоты при низких частотах указывает на существование неомического механизма проводимости при комнатной температуре для всех исследуемых образцов. Увеличение проводимости связано со случайным распределением молекул крахмала, приводящего к уменьшению

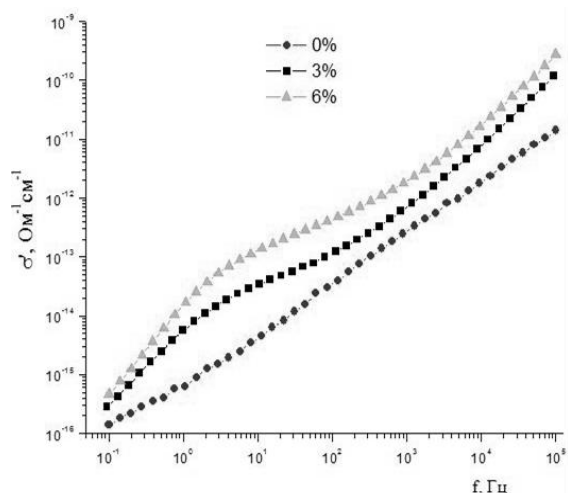


Рисунок 3. Частотная зависимость проводимости образцов ПП с различным объемным содержанием крахмала.

ростом температуры до достижения максимума, связанного с присутствием воды, а потом уменьшается. Положение максимума определяется содержанием воды, которая не могла быть удалена при изготовлении образцов. Максимум смещается в область более высоких температур при увеличении содержания воды. Вблизи температуры плавления ПП крутизна спада более заметна. Величина ϵ' уменьшается с увеличением частоты, как видно из рисунка 4, для двух частот 10 Гц и 10⁵ Гц.

Температурная зависимость диэлектрических потерь композитов строго обусловлена вкладом крахмала. Диэлектрический фактор потерь ϵ'' чистого ПП как функция от температуры представлен на рисунке 5. Известно, что для чистого ПП существуют две характерные температурные точки: первая – это температура стеклования при 263 К, и вторая – (примерно при T=323 К) связанная с релаксацией цепочек (мономеров) в кристаллической фазе. Такие характерные точки сложно обнаружить методом релаксационной диэлектрической спектроскопии (DRS) без специальной модификации или введения полярных групп в структуру полимера.

Отсутствие аномальных точек на температурной зависимости диэлектрических потерь объясняется неполярным характером структуры ПП. На рисунке 5 при температуре 324 К виден пик, вызванный релаксацией цепочек в кристаллической α -фазе. Такие слабые релаксационные процессы в спектре

среднего размера молекулярных цепей и реорганизации структуры полимера, что приводит к увеличению подвижности носителей заряда в присутствии внешнего электрического поля.

Температурная зависимость диэлектрической проницаемости для чистых образцов ПП и композитов представлена на рисунке 6. Для чистого ПП в исследованном диапазоне температур ϵ' заметно не меняется. Диэлектрический отклик композитов определяется релаксацией связанной с ориентационной подвижностью смешанной фазы крахмала с водой. Аналогичное поведение характерно для целлюлозы и ее производных. Диэлектрическая проницаемость композитов увеличивается с

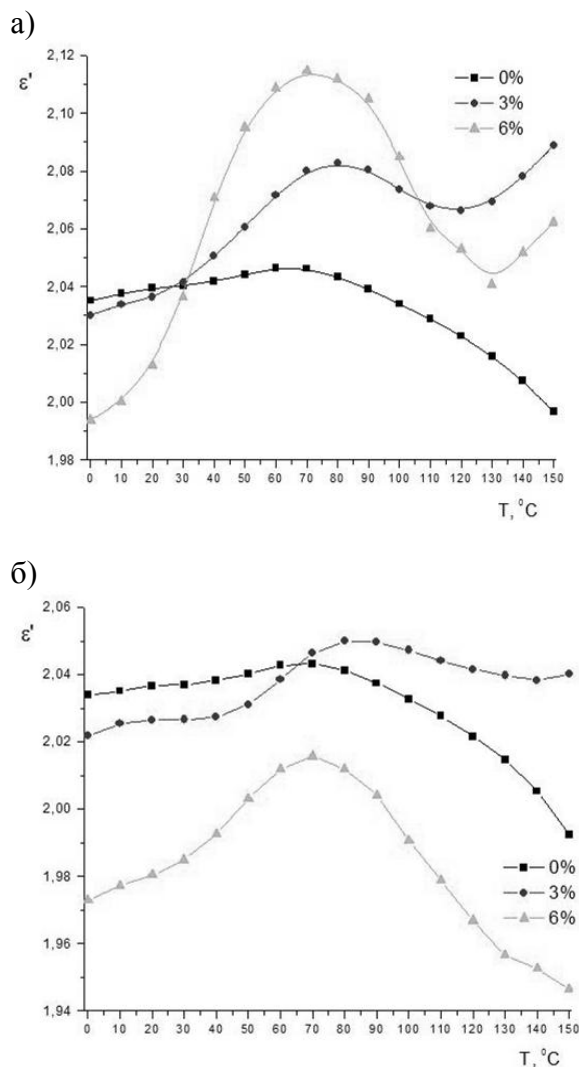


Рисунок 4. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости для образцов ПП с различным объемным содержанием крахмала при частотах 10 Гц (а) и 100 кГц (б).

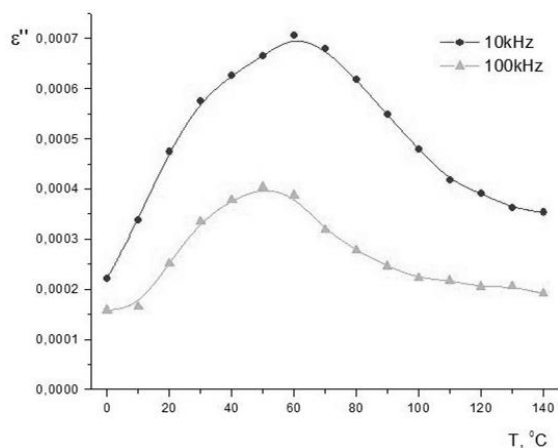


Рисунок 5. Температурная зависимость фактора диэлектрических потерь чистого ПП для частот 10кГц и 100кГц.

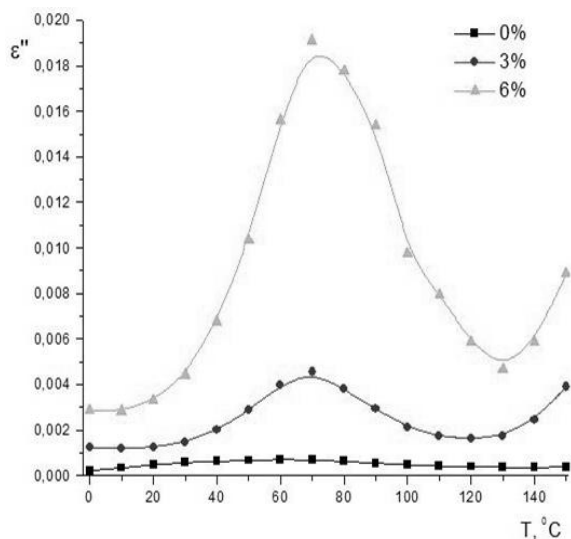


Рисунок 6. Зависимость фактора диэлектрических потерь от температуры для образцов ПП с различным объемным содержанием крахмала.

чистого ПП являются результатом присутствия малого количества полярных групп, вызванного проявлением нежелательных эффектов (термической деградацией цепочек и окислением) при формировании полимера.

На рисунке 6 представлена температурная зависимость фактора потерь ϵ'' для композитов. Особенности, вызванные присутствием полярных групп в композитах, легко обнаруживаются методом DRS.

В области температур выше комнатной (330-400К) обнаружен релаксационный пик. По форме этого пика можно судить о существовании двух релаксационных процессов в данном частотно-температурном интервале: β -релаксация связана с ориентационной подвижностью воды и δ -релаксация связана с подвижностью полимерных структур, образующихся при внедрении таких наполнителей. В связи с тем, что интенсивность δ -релаксации значительно меньше, чем интенсивность β -релаксации, можно говорить о преобладании одного процесса над другим.

Проведено исследование электрических свойств композитов на основе полипропилена методом диэлектрической спектроскопии. Температурно-частотные зависимости диэлектрических параметров характеризуются увеличением диэлектрической проницаемости ϵ' и проводимости σ с ростом процентного содержания наполнителя. Обнаруженные особенности диэлектрических спектров обусловлены присутствием воды и молекулярной подвижностью полимерных структур.

Полученные результаты указывают на возможность практического применения исследованных композитов. Увеличение диэлектрической проницаемости по сравнению с чистым полипропиленом может быть применено для накопления энергии в электрическом поле. Постоянство зависимостей ϵ' при частотах выше 100кГц говорит о возможности применения композитов в области высоких частот. Полученные композиты обладают меньшим проявлением статического электричества из-за увеличения проводимости во всем частотном диапазоне. Это делает эти материалы пригодными для использования в системах водоснабжения и водоотведения, в строительстве, в автомобильной промышленности, они могут способствовать улучшению качества жизни человека.