

[12]. Розміри ж бульбашок повинні знаходитись в межах 15-30мкм, а отже, будуть мати сферичну форму та швидкість підйому в ламінарній області режимів руху, тому можуть розраховуватись за законом Стокса.

Як видно з викладеного для побудови математичної моделі необхідно враховувати такі фактори як: крайовий кут змочування, розмір і форму бульбашки, а також сили, які допомагають приєднати бульбашку та завислу частку і підняти агрегат, що утворився, на поверхню.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод: Навчальний посібник / [С.М. Епоян, В.Д. Колотило, О.Г. Друшляк та ін.]. – Харків: Фактор, 2010 – 192 с.
2. Сыроватский А.А. Пути повышения эффективности очистки природных маломутных цветных вод методом напорной флотации / А.А. Сыроватский, С.П. Бабенко, А.Г. Гайдучок, Ю.М. Рыбачук // Научный вестник строительства. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – № 2 (80). – С. 209-213.
3. Сыроватский А.А. Повышение качества очистки маломутных цветных вод / А.А. Сыроватский, А.Г. Гайдучок // Научный вестник строительства. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – № 4 (82). – С. 154-158.
4. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник для вузов. М.: Недра, 1984. – 383 с.
5. Дерягин Б.В., Духин С.С., Рулев Н.Н. Микрофлотация: Водоочистка, обогащение. – М.: Химия, 1986. – 112 с.
6. Алексеев Д.В., Николаев Н.А., Лаптев А.Г. Комплексная очистка стоков промышленных предприятий методом струйной флотации. – Казань: КГТУ, 2005. – 156 с.
7. Рубинштейн Ю. Б., Филиппов Ю.А. Кинетика флотации. – М.: Недра, 1980. – 375 с.
8. Haarhoff, J. Dissolved air flotation: progress and prospects for drinking water treatment. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 2008, 57 (8), P.555-567.
9. Бабенко С.П. Методы очистки воды от взвешенных веществ и пути их совершенствования / С.П. Бабенко// Научный вестник строительства. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип.4 (82). – С. 158-161.
10. Дж. Перри. Справочник инженера – химика. Т.2 (Перевод с англ. под ред. акад. Жаворонкова Н.М. и чл.-корр. АН СССР Романкова П. Г.). М.: Химия, 1956. – 504с.
11. Петров А.Г. Аналитическая гидродинамика. Учеб. пособ для вузов. – М.: Физматлит, 2010. – 520 с.
12. Куликов Н.И. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. – Донецк: изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2009. – 298с.

УДК 628.355

**Эпоян С.М.,**  
*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*  
**Шаляпин С. Н., Шаляпина Т.С.,**  
*Харьковская электротехническая компания*  
**Зубко А.Л., Штонда Ю.И.,**  
*ООО «ЭКВИК», г. Харьков*  
**Штонда И.Ю.**  
*ГВУЗ «Ужгородский национальный университет»*

**ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД НА МАЛЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ  
ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ**

Эффективная работа существующих канализационных очистных сооружений

по очистке от загрязнений сточных вод является очень важной экологической и социально-значимой задачей.

Стабильная и эффективная работа канализационных очистных сооружений, зависит от качества работы систем энергоснабжения. Отсутствие электроэнергии на канализационных очистных сооружениях, более чем на два часа, приводит к гибели активного ила, и как следствие выход из работы всего комплекса биологической очистки. Поэтому, вопросы по обеспечению стабильной и эффективной работы систем энергоснабжения канализационных очистных сооружений чрезвычайно актуальны [1-3].

Постоянный рост цен на тепловую и электрическую энергию приводит к резкому росту тарифов на питьевое и горячее водоснабжение, а также на услуги водоотведения. Однако, приведение тарифов к экономически обоснованным нормативам упирается в неплатёжеспособность населения, что не позволяет в должной степени компенсировать затраты коммунальных предприятий и приводит к росту задолженности перед энергогенерирующими и энергораспределяющими компаниями, к появлению взаимозачётов, возникновению хозяйственных споров и т.п. Всё это диктует необходимость широкого внедрения в практику водоснабжения и водоотведения энергосберегающих технологий. К сожалению, применение только одних энергосберегающих технологий позволяет снизить затраты только на 10 – 15%, что не обеспечивает компенсацию затрат на использованные энергоресурсы. Поэтому наряду с внедрением энергосберегающих технологий актуальным становится поиск альтернативных источников энергоснабжения.

Анализируя широко применяемые схемы водоотведения промышленных, хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод приходится часто сталкиваться с тем, что в большинстве случаев отвод очищенной воды осуществляется по специально обустроенным каналам в самотёчном режиме. При этом расход воды, протекающей по одному каналу, как правило, составляет от 400 до 3600 м<sup>3</sup>/ч (0,11 – 1,0 м<sup>3</sup>/с), а скорость течения воды в канале составляет от 2 до 4 м/с. Это наталкивает на мысль, о возможности использования отводящихся сточных вод для получения

электрической энергии, которую можно применить для частичной компенсации энергозатрат, связанных с технологическим процессом очистки воды или использовать для других целей. Например, для освещения территории КОС или питания ультрафиолетовых (УФ) установок для обеззараживания сточных вод, которые содержат в себе, возбудителей таких опасных заболеваний как холера, дизентерия, тиф, сальмонеллез, вирусный гепатит, полиомиелит, энтеровирусные и аденовирусные инфекции, лямблиоз, лептоспироз, бруцеллёз, туберкулёз, гельминтозы и другие.

УФ излучение является губительным для большинства присутствующих в воде микроорганизмов. Особенно опасно УФ излучение действует на бактерии и вирусы, которые возбуждают такие опасные заболевания, как дизентерия, холера, тиф, туберкулез, вирусный гепатит, полиомиелит и другие. УФ обеззараживание сточной воды осуществляется за счёт прямого действия ультрафиолетовых лучей на клеточную и молекулярную структуру микроорганизмов, что вызывает разрушение молекул ДНК и повреждение оболочек клеток микроорганизмов, что приводит к их мгновенной гибели. Обеззараживание воды с помощью УФ излучения осуществляется без внесения в воду вредных химических соединений. Единственным условием применения метода УФ обеззараживания является правильно выбранная доза УФ облучения, т.е. количество ультрафиолетовой энергии, которая необходима для уничтожения находящихся в воде микроорганизмов [4-7].

Простой анализ энергетического потенциала используемых на очистных сооружениях водоотводящих каналов позволяет сделать вывод о том, что особой популярностью могут пользоваться небольшие свободнопоточные микрогидроэлектростанции (микроГЭС) единичной мощностью от 0,7 до 10 кВт. Главным достоинством таких микроГЭС является возможность их монтажа в существующем водоотводящем канале, либо по байпасной схеме рядом с водоотводящими каналом, откуда собственно и название - бесплотин-

ные или свободнопоточные гидроэлектростанции. В случае наличия естественного перепада высот достаточной величины (5 – 10 м) возможно применение деривационных микроГЭС.

Однако, на практике такие перепады высот встречаются довольно редко. На большинстве существующих водоочистных сооружениях перепад высот составляет всего несколько метров (обычно от 1,5 до 4 м). Наличие такого небольшого перепада высот позволяет применить ещё один перспективный тип микроГЭС – водовихревой (Wasserwirbeltechnik), разработанный Францом Цотлётерером (Franz Zotlöterer) [8]. К основным достоинствам такой микроГЭС относится возможность эффективной генерации электроэнергии при малых перепадах высот. Так установленная в городке Оберграфендорф (Obergrafendorf) водовихревая микроГЭС при перепаде высот в 1,2 м и расходе воды равным 1 м<sup>3</sup>/с обеспечивает выработку электрической энергии в количестве до 9,5 кВт·ч.

Одним из интересных свойств такой микроГЭС, которое может и должно найти своё применение в технологии очистки сточных вод, является то, что при работе лопастной турбины (которая вращается с низкой скоростью 60 – 75 об/мин) происходит принудительная аэрация всего проходящего через микроГЭС объёма воды, что положительно влияет на развитие живущих в воде микроорганизмов и конечную эффективность процесса очистки воды. Ещё одним из интересных свойств водовихревой микроГЭС является высокий коэффициент полезного действия гидротурбины, который превышает 79%.

Из приведенного краткого обзора видно, что для трансформации кинетической энергии воды в вырабатываемую гидроэлектростанцией электрическую энергию для вышеприведенных условий наиболее целесообразно применение либо свободнопоточных микрогидроэлектростанций, либо водовихревых микроГЭС, при этом из-за более высокого к.п.д. предпочтительнее применение последних.

Ещё одной немаловажной деталью микроГЭС, оказывающей большое влияние

на эффективность её работы, является тип применяемого электрогенератора. На сегодняшний день промышленностью выпускаются два основных типа генераторов, которые нашли применение в гидроэнергетике – это синхронные и асинхронные генераторы. Не останавливаясь на конструктивных особенностях синхронных и асинхронных генераторов необходимо заметить, что для обоих типов генераторов величина вырабатываемого напряжения зависит от частоты вращения его ротора, и что запуск генератора осуществляется при помощи специальных устройств, например при помощи конденсаторной батареи, или специального возбуждающего устройства. В большой и малой гидроэнергетике наибольшее распространение получили синхронные генераторы, которые характеризуются высокой стабильностью параметров вырабатываемой электроэнергии и хорошо приспособлены для работы в автономном режиме.

В последнее время в малой гидроэнергетике, а особенно в микрогидроэнергетике для получения электрической энергии стали применяться асинхронные генераторы, которые по сравнению с синхронными генераторами обладают более простой конструкцией, повышенной стойкостью к внешним авариям, значительным ресурсом и простотой технического обслуживания. Асинхронный генератор лучше защищён от попадания пыли и влаги, более устойчив к короткому замыканию и перегрузкам. Выходное напряжение асинхронного генератора по сравнению с синхронным генератором имеет меньше искажений [9].

Асинхронный генератор может работать как в автономном режиме, т.е. без включения в общую электрическую сеть, так и в режиме подключения к общей электросети. Особенно интересен режим работы асинхронного генератора совместно с внешней электрической сетью. В этом случае частота ЭДС асинхронного генератора определяется скоростью вращения магнитного поля статора, которое задаётся частотой тока в сети, к которой подключён генератор и при небольших изменениях скольжения  $s$  (от 2 до 5%) не зависит от

частоты вращения ротора (гидротурбины). Т.е. внешняя электрическая сеть стабилизирует частоту вырабатываемой генератором ЭДС, что упрощает систему управления. Так как обмотка статора подключена к внешней электрической сети напряжением равном выходному напряжению генератора и потребляет из сети намагничивающий ток, то в таком режиме асинхронный генератор потребляет из сети только реактивную энергию, которая необходима для создания вращающегося магнитного поля статора, и отдаёт в сеть активную энергию, получаемую в результате преобразования механической энергии гидротурбины. Т.е. асинхронный генератор выступает не только как источник электрической энергии, но и является своеобразным преобразователем реактивной мощности, что положительно сказывается на режиме работы всей электрической сети.

Выбор того или иного типа электрического генератора во многом зависит от конструктивных требований к микроГЭС и стабильности частоты вырабатываемого тока. Стоит также заметить, что стоимость асинхронных генераторов мощностью до 15 кВт меньше стоимости аналогичного синхронного генератора, а также то, что в качестве асинхронного генератора можно применять серийно выпускаемые асинхронные электродвигатели.

Следует отметить, что при работе асинхронного генератора в параллельном с внешней электрической сетью режиме необходимость в балластной нагрузке отпадает, т.к. в этом случае в качестве балластной нагрузки выступает сама электрическая сеть. В этом режиме работы микроГЭС выступает как дополнительный источник электрической энергии. При величине потребляемой полезной нагрузкой мощности меньше выходной мощности микроГЭС часть избыточно вырабатываемой электрической энергии передаётся во внешнюю электрическую сеть, обеспечивая постоянную нагрузку генератора тем самым стабилизируя величину выходного напряжения и частоту вырабатываемого электрического тока. При превышении потребляемой нагрузкой мощности происходит потребление элект-

роэнергии из внешней сети, что также положительно сказывается на стабилизации выходного напряжения генератора и частоты вырабатываемого тока.

Проведенный анализ работы оборудования для обеззараживания сточных вод на существующих канализационных очистных сооружениях с помощью УФ излучения [5-7] и микроГЭС [8] показал, что в зависимости от неравномерности поступления сточных вод, микроГЭС обеспечивает на 65-80% количество необходимой электроэнергии для эффективного обеззараживания сточных вод.

Для обеспечения необходимого количества электроэнергии для эффективного обеззараживания сточных вод, при использовании на существующих канализационных очистных сооружениях микроГЭС, возможно использование солнечных электростанций [10,11]. Для размещения солнечных электростанций на Украине наиболее приемлемо и эффективно для дальнейшего развития – побережье Азовского и Черного морей и территорий прилегающих к ним [11]. Комплексное использование микроГЭС и солнечных электростанций позволяет полностью обеспечить электроэнергией работу оборудования для обеззараживания сточных вод, а в солнечные дни, выдавать во внутреннюю электрическую сеть канализационных очистных сооружений дополнительную электроэнергию.

### **ВЫВОДЫ**

1. Проведенный краткий анализ показывает, что в условиях существующих канализационных очистных сооружений наиболее перспективным является применение двух типов микроГЭС- свободнопоточных и водовихревых. Оба эти типа микроГЭС могут за счёт кинетической энергии потока сбрасываемых очищенных сточных вод обеспечить получение электрической энергии, которую можно использовать для технологических нужд.

2. Для обеспечения экологической безопасности прибрежной зоны водоемов, предлагается для устойчивого и бесперебойного обеспечения электроснабжением оборудования для обеззараживания сточных вод на существующих канализационных очистных сооружениях с помощью УФ излучения,

использовать совместную работу микроГЭС и солнечных аккумуляционных электростанций, что позволит обеспечить эффективное и устойчивое обеззараживания очищенных сточных вод.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Василенко О.А., Епоян С.М., Смірнова Г.М., Корінько І.В., Василенко Л.О., Айрапетян Т.С. Водовідведення та очистка стічних вод. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник. – Київ – Харків, КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. – 540 с.
2. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 760 с.
3. Erojan S., Shtonda I., Shtonda Yu., Zubko A., Zvyagintsev Yu. Solar energy usage for the improvement of the treatment efficiency and operation stability at small-scale wastewater treatment plants. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. Simferopol-Lublin, 2011– Volume 13С. – 2011. - P. 91-96.
4. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.
5. Эпоян С.М., Штонда І.Ю., Шаляпин С.М., Шаляпина Т.С., Зубко О.Л., Штонда Ю. І. Ультрафіолетові установки для знезараження стічних вод та шляхи їх вдосконалення // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2015. - № 1(79). - С. 237 – 241.
6. Шаляпін С.М., Штонда Ю.І., Шаляпіна Т. С. Застосування УФ опромінення для знезараження стічних вод на малих очисних спорудах. // Водопостачання та водовідведення. Вироб. практ. журнал. – К., 2013. - №2/13. – С. 14-19.
7. Эпоян. С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Шаляпина Т.С., Зубко А.Л. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях при использовании ультрафиолетового излучения // Motrol. Commission of motorization and energttics in agriculture. – Volume 15 №6. – Lublin - Rzeszow. – 2013. С. 85-92.
8. Zotlöterer F. Wasserwirbeltechnik. Режим доступа: <http://www.zotloeterer.com>.
9. Встовский А.Л., Федий К.С., Архипцев М.Г., Спиринов Е.А. Система управления асинхронным генератором для возобновляемых источников энергии // Известия Томского политехнического университета.- Томск, 2014. Т. 324. №4. С. 133 – 138.
10. Штонда Ю. И., Звягинцев Ю.М. Зубко А.Л. Автономное энергоснабжение канализационных очистных сооружений в АР Крым. // Водопостачання і водовідведення. Вироб. практ. журнал. – К., 2012. - №1/12. – С. 54-57.
11. Эпоян С.М., Штонда Ю. И., Зубко А.Л. Звягинцев Ю.М. Автономное энергоснабжение КОС города Евпатория с использованием фотоэлектрических преобразователей и горизонтальных ВЭУ с асинхронными генераторами. // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2012.- Вип.67.- С.270-275.

УДК 628.35

**Горносталь С.А., Петухова Е.А.**

*Национальный университет гражданской защиты Украины*

**Айрапетян Т.С.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

**СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА, ПОЛУЧЕННЫХ ДЛЯ РАЗНЫХ ВАРИАНТОВ ПОДАЧИ СТОЧНЫХ ВОД В АЭРОТЕНК**

Несмотря на постепенное снижение расхода сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, их процент с недостаточной степенью очистки к общему количеству

сбрасываемых стоков остается достаточно высоким [1]. Существующие физико-химические методы извлечения и деструкции органических веществ позволяют достичь высокой степени очистки.