

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Науковий журнал

№ 3(109)
Частина 1

Луганськ 2007

ВІСНИК СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 3 (109) 2007 Ч.1
НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ – ДВАНДЦЯТЬ РАЗІВ
НА РІК

ЗАСНОВНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
ЖУРНАЛ ЗАРЕЄСТРОВАНО
МІНІСТЕРСТВОМ
УКРАЇНИ У СПРАВАХ ПРЕСИ ТА
ІНФОРМАЦІЇ
СВІДОЦТВО ПРО ДЕРЖАВНУ РЕЄСТРАЦІЮ
СЕРІЯ КВ № 2411 ВІД 19.12.96 Р.

VISNIK

OF THE EAST UKRAINIAN NATIONAL
UNIVERSITY NAME
AFTER OF VOLODYMYR DAL
№ 3 (109) 2007 P.1
SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED TWELVE TIMES
A YEAR

FOUNDER
EAST UKRAINIAN NATIONAL
UNIVERSITY
NAME AFTER VOLODYMYR DAL
REGISTERED BY
THE MINISTRY OF UKRAINE
FOR PRESS AND
INFORMATION
REGISTRATION CERTIFICATE
KV № 2411 DATED 19.12.96

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України № 2 (Бюл. ВАК №5 (13) 1999 р.), №3 (Бюл. ВАК №6 (14) 1999 р.) та № 4 (Бюл. ВАК №2 (16) 2000 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, історичних та економічних наук* відповідно.

Головна редакційна колегія: Голубенко О.Л., член-кор. Академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор), Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Арлінський Ю.М., докт. фіз-мат. наук, Будіков Л.Я., докт. техн. наук, Бузько І.Р., докт. екон. наук, Голубничий П.І., докт. фіз-мат. наук, Гончаров В.М., докт. екон. наук, Грібанов В.М., докт. техн. наук, Довжук І.В., докт. іст. наук, Дорошко В.І., докт. техн. наук, Житна І.П., докт. екон. наук, Козаченко Г.В., докт. екон. наук, Куліков Ю.А., докт. техн. наук, Лазор П.І., докт. юр. наук, Литвиненко В.Ф., докт. істор. наук, Максимов В.В., докт. екон. наук, Михайлюк В.П., докт. іст. наук, Нагорний Б.Г., докт. соціол. наук, Носко П.Л., докт. техн. наук, Петров О.С., докт. техн. наук, Рач В.А., докт. техн. наук, Суханцева В.К., докт. філос. наук, Третьяченко В.В., докт. психол. наук, Тюпало М.Ф., докт. хім. наук, Ульшин В.О., докт. техн. наук, Шевченко Г.П., член-кор. Академії педагогічних наук України, докт. пед. наук.

Відповідальний за випуск: Осенін, докт. екон. наук, проф.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (протокол № 8 від 28.04 2007 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2007

© East Ukrainian National University name after Volodymyr Dal, 2007

З М І С Т

Технічні науки

Алексенко О.В., Неня В.Г., Смертяк С.Ю. МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СЕТИ, ОСНАЩЕННОЙ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ С ПРИВОДНЫМИ И РЕКУПЕРАТИВНЫМИ ГИДРОТУРБИНАМИ	6
Бадах В.Н., Головки Ю.С., Куклевский А.Н. ВЫБОР ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И КОНСТРУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРОВ С ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ЖИДКОСТИ	11
Бобров В.Б. ТЕЧЕНИЕ В СЛОЕ ПЕРЕЛИВА ГРАВИТАЦИОННОГО СГУСТИТЕЛЯ	15
Буреніков Ю.А., Козлов Л.Г., Репінський С.В., Петров О.В., Лозінський Д.О. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГІДРОПРИВОДОМ З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ	20
Вашенко С.М. ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРИВОШИПНО- ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА	26
Веретельник Т.И. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАВИТАЦИИ В СИСТЕМАХ ВОДООЧИСТКИ ЧЕРКАССКОГО ОАО «АЗОТ»	30
Виноградов А.Г. РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНИЙ ТЕПЛООБМІН НА СТІНЦІ РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ НАФТОПРОДУКТІВ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ	34
Гавриленко О.М., Кулініч С.П. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ ДЛЯ СИНХРОННИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ	39
Гаев Е.А., Шихалиев С.З., Гаева Е.А. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗА ПОРИСТОЙ ВСТАВКОЙ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ	44
Гашин О.Р., Вітенько Т.М. ГІДРОДИНАМІЧНА КАВІТАЦІЯ В ПРОЦЕСАХ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПІД ДІЄЮ ХІМІЧНИХ ОКИСЛЮВАЧІВ	49
Герман В. Ф., Гусак А. Г., Кочевский А.Н. СОЗДАНИЕ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ СВОБОДНО-ВИХРЕВЫХ НАСОСОВ ПОВЫШЕННОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ	53
Губарев А.П., Ганпанцурова О.С., Шульга В.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕТРОАГРЕГАТОВ ПУТЕМ СОГЛАСОВАНИЯ ЗВЕНЬЕВ ЦЕПИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ	59
Губарев О.П., Піжжиков Ю.О., Левченко О.В. ВИБІР СХЕМНИХ РІШЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОВИТРАТ БАГАТОПРИВІДНОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ	65
Дрягин Д. П. КОНТУРОЗВЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ	71
Дубінський В.В., Кулініч С.П. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОВПЛИВУ ДВИГУНІВ В БАГАТОДВИГУННОМУ ПРИВОДІ	77
Евтушенко А.А., Моргалъ А.С., Панченко В.А., Соляник В.А., Шастун В.Ф. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ СВОБОДНОВИХРЕВОГО НАСОСА ТИПА «TURBO» С ЦЕЛЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА	82
Елін О.В., Каплун І.П., Кочевський О.М., Щеляєв О. Є. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІ В МАЛОГАБАРИТНОМУ НАСОСНОМУ СТУПЕНІ ШНЕКОВОГО ТИПУ	85
Загорюлько А.В., Гудков С.Н.	

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТОРЦОВЫХ САЛЬНИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ С ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКОЙ ПАРЫ ТРЕНИЯ.....	91
Зинченко В.В., Вансеев С.М., Сапожников С.В. РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПОДАЧИ ВОЗДУХА НА АЭРАЦИЮ В ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ.....	97
Зубахин А.Н., Гулый А.Н., Щеляев А.Е. ВОССТАНОВЛЕНИЕ СКОРОСТНОГО НАПОРА НА ВЫХОДЕ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ КАК ФАКТОР ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ РОТОРОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ.....	101
Іскович-Лотоцький Р.Д., Севастьянов І.В. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРОПРЕСОВОГО ОБЛАДНАННЯ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ВТОРИННИХ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОВНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ.....	105
Калашников А.Н., Калинин И.В. РАСЧЕТ НЕИЗОЭНТАЛЬПИЙНОГО ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ОБРАТНО-НАПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТАХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ.....	109
Кириченко О.В., Акиншин В.Д., Цыбулин В.В., Яценко И.В., Ващенко В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ НИТРАТНЫХ СИСТЕМ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	114
Ковальов І.О., Казіснко Д.В. СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ВІДЦЕНТРОВО-ДОЦЕНТРОВОГО СТУПЕНЯ ДИНАМІЧНОГО НАСОСУ ЛОПАТОВОГО ТИПУ.....	120
Ковальов С.Ф., Павченко А.А. БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧІ АГРЕГАТИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СПИРТОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	124
Ковалев В.А., Яхно О.М. РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИНЕРЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОГО ТОПЛИВА НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	129
Коваль О.Д., Зубченко О.М., Трофімов І.Л., Захарчук В.П. РОЗРОБКА СЕПАРАТОРА ТА ГІДРОЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИСТКИ РОБОЧИХ РІДИН.....	135
Копоненко А.П. ДАВЛЕНИЯ И МОЩНОСТИ КОЛЬЦЕВОГО ВОДОВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПОДЪЕМНОЙ ТРУБЕ ЭРЛИФТА.....	141
Кравецкий Ю.А., Трофимов В.А., Монсеев В.Г., Губарев А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА СО СТРУЙНОЙ ТРУБКОЙ И ЦИФРОВЫМ РЕГУЛЯТОРОМ.....	148
Лисенко В.С., Буслев В.К., Таурит Т.Г. СТРУКТУРНІ СХЕМИ ГІДРОПЕРЕДАЧ З ДРОСЕЛЬНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ ШВИДКОСТІ.....	152
Луговой А.Ф., Мовчанюк А.В. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПЬЕЗОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ МЕХАТРОНИКИ.....	158
Лурье З.Я., Ремарчук Н.П., Федоренко И.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОАГРЕГАТОВ СТАЦИОНАРНЫХ МАШИН.....	164
Малахов А.В., Харин В.М., Бачериков В.А. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ СУДОВОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	169
Неня А.В., Евтушенко А.А., Луговая С.О. ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ НАСОСНОЙ СТУПЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.....	174
Нигора В.М., Білецький І.М.	

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНОВОГО КОЛЕКТОРА ДЛЯ ГІДРОСТРУМЕНЕВОГО ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ.....	180
Ніконов О.Я. ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНІ СЛІДКУЮЧІ ПРИВОДИ З НЕЙРОКЕРУВАННЯМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ВИСОКОЇ ПРОХІДНОСТІ.....	184
Обертюх Р.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Архипчук М.Р., Мовчанюк М.А. НОВІ ГІДРОІМПУЛЬСНІ ПРИВОДИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВІБРОМАШИН ІЗ ЗАХИСТОМ ГІДРОНАСОСА ВІД ДІЇ ПУЛЬСУЮЧОГО ТИСКУ.....	189
Поліщук Л.К., Адлер О.О., Штурма А.Л. КЕРУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ГІДРОПРИВОДА ІЗ ЗМІННИМ НАВАНТАЖЕННЯМ НА РОБОЧОМУ ОРГАНІ.....	195
Сахно Ю.О., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В., Волик В.С., Горбатко М.В. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРИВОДА КЕРУВАННЯ ТОВЩИНОЮ МАСЛЯНОЇ ПЛІВКИ В РЕГУЛЬОВАНИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ.....	201
Струтинський В.Б., Сахно С.Ю., Шевченко Я.В. ПІДВИЩЕННЯ КУТОВОЇ ЖОРСТКОСТІ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ЗАВДЯКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ОПОРИ.....	206

Економічні науки

Белоусова Л.І. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СУТНОСТІ І ЗМІСТУ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	212
Єфремов О.С. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ.....	223

7. Фалалеев С.В., Чегодаев Д.Е. Торцовые бесконтактные уплотнения двигателей летательных аппаратов: Основы теории и проектирования: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1998. – 276 с.
8. Young L.A., Lebeck A.O. The design and testing of a wavy-tilt-dam mechanical face seal // STLE Lub. Eng. 1989, V.45, No5. – P. 322-329.
9. W.E. Key, R. Dickau, R.L. Carlson. Mechanical seals with wavy SiC faces for a severe duty NGL/Crude pipeline application // Proc. of the twenty-first international pump users symposium – 2004. Turbomachinery Laboratory, Texas A&M University, College Station, Texas. P. 77-87.
10. Крексун Э.П. Торцовые герметизаторы вращающихся валов. – Мн.: «Арти-Фекс», 1998. – 148 с.
11. Muller H.K. Concepts of sealing mechanism of rubber lip type rotary shaft seals // Proc. of the 11th BHRA international conference on fluid sealing, Cannes, France. London: Elsevier; 1987. P. 698-709.
12. K. Tonder, R. Salant. Non-leaking lip seals: A roughness effect study // Journal of Tribology, July 1992, vol.114, P. 595-599.
13. Bogdan Antoszewski. Własności laserowo i plazmowo modyfikowanych szlizgowych węzłów tarcia na przykładzie uszczelnienia czołowych. – Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1999. 135 p.
14. A.D. McNickle, I. Etsion. Near-contact laser surface textured dry gas seals // Journal of Tribology, Vol. 126, October 2004, P. 788-794.
15. EP 0037210 A1. High pressure upstream pumping seal combination / Crane packing company (Sedy E.). – 1980.
16. US. Pat. 4421321. Hydrodynamic noncontacting seal for rotary machines / Lipschitz A. – 1983.
17. Etsion. A new concept of zero-leakage noncontacting mechanical face seal. Journal of Tribology, July 1984, vol.106. P. 338-343.
18. K.-D. Meck. A new sealing interface technology for high performance mechanical seal applications // Proc. pump users. International forum 2004, Karlsruhe, 29-30 September. 12 p.

УДК 621.65

Зинченко В.В., Ванев С.М., Сапожников С.В.

РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПОДАЧИ ВОЗДУХА НА АЭРАЦИЮ В ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Проанализированы особенности эксплуатации систем биологической очистки на примере работы очистных сооружений пневматического принципа действия г. Сумы. Предложены способы снижения энергоёмкости процесса очистки стоков как за счёт проведения организационно-технических мероприятий, так и внедрения перспективных технических разработок специализированного оборудования. Ист.4.

В современных условиях развития и роста городов и при все большем возрастающем уровне развития промышленности, транспорта и других областей деятельности людей, защита окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов является одной из наиболее важных задач современного общества. Это особенно актуально в отношении использования воды.

Возрастающее количество сбрасываемых загрязнённых вод, наличие в них токсических веществ сегодня существенно ограничивают способность водоемов к самоочищению и могут приводить к серьезным экологическим проблемам.

Учитывая это, каждый город, который имеет централизованную систему водоснабжения и водоотведения, обеспечивается собственными очистными сооружениями. Городские очистные сооружения перерабатывают и очищают городские сточные воды, состоящие из бытовых и промышленных отходов. При их очистке на разных этапах применяются механический, химический и биологический способы [1,2].

Технологический процесс очистки сточных вод на городских очистных сооружениях обычно состоит из стадий предварительной очистки и стадий вторичной обработки. Предварительные стадии очистки включают задержание крупных отходов (с помощью решеток) и удаление песка для защиты механического оборудования от абразивных воздействий. При первичной обработке удаляются осаждаемые органические вещества, составляющие 30-50% находящихся в стоках веществ. Вторичная обработка проводится методом аэрации в открытых резервуарах – аэротенках, куда подается возвратный ил. Избыточный активный ил, осажденный во вторичных отстойниках удаляется, а верхний осветленный слой воды после дезинфекции сбрасывается в природный водоем.

Основным и самым энергозатратным участком в технологической схеме очистки сточных вод является подача воздуха на аэрацию в аэротенки, где происходит биологическая аэрация. Так на городских очистных сооружениях г. Сумы затраты электроэнергии на аэрацию достигают 70% (18000 кВт·ч/сутки) от общей потребляемой электроэнергии очистных сооружений.

Появление пузырьков воздуха в жидкости обусловлено подачей сжатого воздуха, нагнетаемого компрессорами через погруженные в сточную воду рассеивающие фильтровые элементы. Скорость процесса при переходе кислорода воздуха в растворённое состояние зависит от характеристик сточных вод и, что самое важное, от физических и конструктивных свойств системы аэрации, таких, как тип диффузора, глубина погружения аэратора, степень турбулентности при перемешивании и конфигурации бассейна. Биологическая активность аэробных процессов зависит от концентрации растворенного кислорода (она должна быть выше минимального критического значения).

Система водоснабжения и водоотведения г. Сумы была рассчитана с перспективой на рост города. В результате нескольких реконструкций проектная мощность очистных сооружений г. Сумы была доведена до 135 тыс. м³/сутки. Поэтому расчет мощностей и подбор технологического оборудования был проведен исходя из этих соображений. В результате изучения и оценки возможностей снижения расхода электроэнергии в КП «Горводоканал» СГС г. Сумы были предложены следующие организационно-технические мероприятия:

1. Оптимизация количества подачи сжатого воздуха в аэротенки

Чтобы определить действительную нагрузку очистных сооружений в начале 2003 года был приобретен и установлен прибор учета стоков ЛП-1. Благодаря этому появилась возможность точно измерять количество стоков поступающих на очистные сооружения в течение суток. По результатам измерений средняя суточная нагрузка очистных сооружений составила порядка 65-70 тыс. м³/сут., вместо проектных 135 тыс. м³/сут. и предполагаемых 90 тыс. м³. В результате проведенных работ оказалось возможным скорректировать количество подаваемого воздуха и вывести в резерв воздуходувку мощностью 400 кВт/ч, которая работала круглосуточно.

Знание точного количества стоков поступающих на очистные сооружения позволило также более рационально перераспределить нагрузку между аэротенками: нагрузить те, которые обладают лучшими показателями и заняться капитальным ремонтом аэротенков выведенных в резерв.

2. Модернизация очистных сооружений с применением прогрессивных методов аэрации

Наиболее широкое применение в существующих очистных сооружениях нашла пневматическая аэрация. В этом случае аэрационный бассейн представляет собой длинный прямоугольный резервуар с расположенными вдоль одной его стороны аэраторами для насыщения жидкости кислородом и создания движения. Такой процесс очистки благодаря простоте технической реализации и безопасности эксплуатации нашел широкое применение, в том числе и в Сумах.

Но обратной стороной простоты этого процесса очистки является высокая энергоёмкость самого процесса. Основная часть энергии затрачивается на обеспечение меха-

нического перемешивания жидкости и избежания осаждения или исключительно с помощью воздуха. Но интенсивность перемешивания не всегда способствует насыщению кислородом жидкости из-за быстрого выхода в атмосферу поданного в аэротенк воздуха. Кроме этого, и сам процесс передачи механической энергии воздуха воде при пневматической аэрации обладает самым низким «КПД» среди существующих методов аэрации.

Гораздо энергоэффективнее механическая (высокоскоростная) аэрация [1]. В этом случае насыщение воды кислородом воздуха и ее перемещение происходит с помощью механических аэраторов. В роли аэраторов используются погружные насосы, подающие газожидкостную смесь в аэротенк по принципу инжектора, всасывая воздух с поверхности и жидкость из бассейна, захватывая, перемешивая и растворяя воздух в воде турбулентным потоком. Жидкость при этом подается обратно в бассейн, обеспечивая перемешивание и циркуляцию содержимого аэротенка. Такие системы являются прогрессивными, о чем свидетельствуют разработки ведущих зарубежных производителей насосного оборудования, например фирмы "EMU" (системные струйные аэраторы «Rofox», погружные мешалки). Но в силу больших финансовых затрат на полную модернизацию существующих очистных сооружений такой способ аэрации является перспективой отдаленного будущего.

Поэтому в реальных условиях наиболее доступным и целесообразным с точки зрения затрат является сочетание пневматического и механического способов аэрации путем модернизации или дооснащения существующей пневматической системы. Благодаря такому подходу, переход на новую технологию можно делать поэтапно и остается возможность использования существующего технологического оборудования, обеспечив снижение его энергоемкости. Это достигается путем возложения функции механического перемещения воды и рассеивания (растворения) воздуха в воде на специальные механизмы погружного или наружного исполнения, устанавливаемые в аэротенках. Такие устройства имеют гораздо более высокий гидравлический КПД передачи энергии жидкости в сравнении с воздухом. Воздух при этом подается через существующие системы аэраторов. В результате снижается энергоемкость всей системы в целом благодаря снижению расхода воздуха, подаваемого в такие комбинированные аэрационные системы до уровня, достаточного только для насыщения воды кислородом.

В качестве погружных механизмов можно использовать как готовые технические решения (погружные мешалки фирмы "EMU"), так и оптимизированные под конкретные условия погружные насосные агрегаты отечественного производства. Например возможно использовать для этих целей осевые погружные насосы с лопастной системой ОПВ (разработка СумГУ), либо мешалки вихревого принципа действия, все потери энергии у которых в таких условиях работы - будут полезными.

Это направление предполагает решение целого ряда научных и инженерных задач, что представляет значительный интерес для разработчиков.

3. Модернизация системы подачи воздуха в аэротенки

Значительные средства можно также сэкономить на оптимизации и модернизации имеющейся системы подачи и распределения воздуха на очистных сооружениях. В настоящее время воздух на очистных сооружениях г. Сумы подается из двух цехов. В первом цехе установлены 3 нагнетателя 360-22-2 производства Новгородского машиностроительного завода. Во втором цехе установлены 4 воздуходувки ТВ-300-1,6МВ2 производства завода «Узбекхиммаш», г. Чирчик.

Система подачи воздуха наращивалась и достраивалась совместно с расширением и добавлением мощностей. Подобное расширение велось на основании коммуникаций первоначального проекта очистных сооружений. Это привело к тому, что на сегодняшний момент узел подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор выполнен нерационально.

Были проведены энергетические обследования системы подачи воздуха на аэрацию в городских очистных сооружениях. Результаты этих обследований показывают,

что имеются большие потери давления в узле подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор (4000 Па и более). Замеры в 20 контрольных точках системы распределения воздуха показали, что в узле подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор потери энергии (падение давления) составляют 80 % от потерь энергии (падения давления) по всей длине воздухопроводов до самой дальней точки системы, удаленной на 300 метров.

Для определения величины потерь энергии в узлах подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор были проведены расчеты на ЭВМ. Математический расчет дал следующие результаты:

- 1) Потери энергии в узле подвода при работе отдельно каждой из воздуходувок:
 - при работе первой воздуходувки – 1842 Па;
 - при работе второй воздуходувки – 1661 Па;
 - при работе третьей воздуходувки – 1841 Па;
 - при работе четвертой воздуходувки – 1577 Па.
- 2) Потери энергии в узле подвода при совместной работе воздуходувок:
 - при совместной работе 1^й и 2^й воздуходувок – 2918 Па;
 - при совместной работе 1^й и 3^й воздуходувок – 2890 Па;
 - при совместной работе 2^й и 3^й воздуходувок – 2912 Па;
 - при совместной работе 1^й и 4^й воздуходувок – 1876 Па;
 - при совместной работе 2^й и 4^й воздуходувок – 1729 Па;
 - при совместной работе 3^й и 4^й воздуходувок – 1937 Па;
 - при совместной работе 1^й, 2^й и 3^й воздуходувок – 4138 Па;

Сравнение полученных результатов с экспериментальными результатами энергетических обследований показывает, что расчетные значения потерь давления в узле подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор меньше опытных значений. Это может быть связано с неполным открытием регулирующей задвижки и с недоучетом ряда факторов связанных с течением газа в некоторых местных сопротивлениях: например, неравномерности поля скоростей перед местным сопротивлением. В частности в линии первой воздуходувки поле скоростей перед приточным тройником может быть неравномерным, так как расстояние от острого колена при повороте потока на 90° до приточного тройника недостаточно для выравнивания эпюры скоростей. Эта неравномерность должна учитываться корректирующим коэффициентом, данных по которому для приточных и симметричных тройников в литературе нет, хотя, например, при входе потока в диффузор сразу после поворота или на расстоянии менее 2d от поворота этот коэффициент равен 6,8. Таким образом, сравнивая расчетные и экспериментальные значения потерь давления в коллекторе можно определить величины соответствующих корректирующих коэффициентов.

Результаты расчетов и энергетических обследований показывают, что имеются значительные потери энергии (давления) в узле подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор. Даже расчетные значения этих потерь недопустимо большие, так как по рекомендациям [3,4] суммарная величина потерь напора за счет местных сопротивлений и сопротивления на трение по всей длине в воздухопроводах на очистных сооружениях не должна превышать 3500 Па; при этом сопротивления в узлах подвода воздуха в общий коллектор в расчетах часто не учитываются, так как они должны быть очень незначительными по сравнению с потерями по всей длине коллектора. Однако при существующей конструкции узла подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор, получается наоборот: потери давления в узле подвода во много раз больше потерь по длине коллектора (отношение этих потерь при работе одной воздуходувки составляет от 5.6 до 6.6 раз при работе двух воздуходувок – от 1.7 до 2.6 раз). Расчеты показали, что, изменив узел подвода воздуха от воздуходувок в общий коллектор и подобрав трубы нужного диаметра, можно значительно снизить гидравлические потери.

Снижение потерь давления за счет модернизации узла подачи воздуха позволит установить в системе отсутствующие обратные клапаны на каждый агрегат, что в свою

очередь повышает надежность работы воздуходувок в системе и полностью исключает их механическое повреждение в результате аварийной остановки, что обеспечит дополнительную экономию средств.

Стоит отметить, что по результатам проведенной работы на ОС КП «Горводоканал» СГС г. Сумы, уже установлена воздуходувка меньшей производительности. Это мероприятие позволило более гибко регулировать количество поданного воздуха в систему аэрации, избегая регулирования работы большой воздуходувки методом дросселирования или работы очистных сооружений в режиме избыточной аэрации.

Выводы

Рассмотренные авторами возможные методы снижения затрат энергоносителей при работе очистных сооружений, созданных на основе типовых проектов, применимы во всех аналогичных системах вполне применимы и в других городах. Это, в свою очередь, открывает значительные возможности энергосбережения. Учитывая это, предложенный подход по снижению энергопотребления может являться основой для разработки мероприятий по модернизации систем подачи и распределения сжатого воздуха, а также инженерной методике подбора, расчета и прогнозирования параметров ОС с применением новых технических решений.

Литература

1. Хаммер М. Технология обработки природных и сточных вод: Пер с англ. – М.: Стройиздат, 1979. - 400 с.
2. Вороновский Г.К., Переверзев Н.П. Экология и энергетика – Х.: Курсор, 2000 -274 с.
3. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калидин В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб. пособие для вузов. – М.: Выс. школа, 1981. - 232 с.
4. Очистка производственных сточных вод в аэротенках / Я.А. Карелин, Д.Д. Жуков, В.Н. Журов – М.: Стройиздат, 1973. – 223 с.

УДК 62-137

Зубахин А.Н., Гулый А.Н., Щеляев А.Е.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СКОРОСТНОГО НАПОРА НА ВЫХОДЕ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ КАК ФАКТОР ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ РОТОРОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Описаны результаты математического моделирования течения жидкости в щелевом уплотнении центробежного насоса и предложены рекомендации по проектированию узлов уплотнений и более точному учёту параметров щели при исследовании ротора на динамическую устойчивость. Рис.4, Табл.0, Ист.5.

В практике проектирования центробежных насосов динамическое состояние роторов принято оценивать по отстройке их собственных частот от частоты вращения [1]. Расчет собственных частот поперечных колебаний ротора ведут с учетом радиальной жесткости щелевых уплотнений проточной части, которая зачастую превышает изгибную жесткость вала. Такие методики позволяют не производить весьма сложных расчетов амплитуд вынужденных радиальных колебаний вала и амплитуд вибраций на корпусе насоса, поскольку при достаточной отстройке от резонансных режимов они будут заведомо малы. Однако использование подобных методик может приводить к избыточным запасам жесткости роторной системы и, соответственно, ухудшению массогабаритных и технических характеристик насосных агрегатов, поскольку, вследствие высоких демпфирующих свойств щелевых уплотнений, близость собственных частот и частоты вращения ротора далеко не всегда приводит к повышенным вибрациям.