

Реконструкция воздуходувной станции городских очистных канализационных сооружений г. Читы

А. Н. Ядрищенский¹, Н. Н. Филиппова², К. А. Булыгин³, Г. И. Колобова⁴, А. В. Гордейчик⁵, А. П. Усачев⁶

- ¹ Ядрищенский Андрей Николаевич, генеральный директор АО «Водоканал-Чита»
672000, Россия, г. Чита, ул. Забайкальского рабочего, 63, тел.: +7 (3022) 35-58-97, e-mail: vodokanal@chgvk.ru
- ² Филиппова Наталья Николаевна, первый заместитель генерального директора, АО «Водоканал-Чита»
672000, Россия, г. Чита, ул. Забайкальского рабочего, 63, тел.: +7 (3022) 26-55-60, e-mail: vodokanal@chgvk.ru
- ³ Булыгин Константин Александрович, главный энергетик, АО «Водоканал-Чита»
672000, Россия, г. Чита, ул. Забайкальского рабочего, 63, тел.: +7 (3022) 35-58-97, e-mail: vodokanaloge@mail.ru
- ⁴ Колобова Галина Иннокентьевна, ведущий инженер-технолог, АО «Водоканал-Чита»
672000, Россия, г. Чита, ул. Забайкальского рабочего, 63, тел.: +7 (3022) 35-58-97, e-mail: g.kolobova@chgvk.ru
- ⁵ Гордейчик Алексей Владимирович, заместитель директора по направлению «Электропривод и автоматизация», ООО «Сибирь-мехатроника»
630087, Россия, г. Новосибирск, а/я 36, тел.: +7 (383) 399-00-55, e-mail: gorden@sibmech.ru
- ⁶ Усачев Алексей Павлович, кандидат технических наук, технический директор, ООО «Сибирь-мехатроника»
630087, Россия, г. Новосибирск, а/я 36, тел.: +7 (383) 399-00-55, e-mail: usachev@sibmech.ru

Приводятся результаты реконструкции канализационных очистных сооружений г. Читы в части системы снабжения воздухом действующих секций аэротенков без замены воздуходушных агрегатов. Основная цель реконструкции — экономия электроэнергии и автоматизация подачи воздуха в аэротенки при обеспечении достаточных концентраций кислорода в сооружениях биологической очистки сточных вод. Для изменения производительности нагнетателей в состав системы автоматики включены два высоковольтных преобразо-

зователя частоты по числу нагнетателей, находящихся в работе. Для регулирования подачи воздуха в секции аэротенков установлены восемь регулируемых затворов и восемь датчиков растворенного кислорода (по числу действующих секций). Экономия электроэнергии за четыре месяца эксплуатации составила порядка 16,4% от аналогичного периода прошлых лет. **Ключевые слова:** канализационные очистные сооружения, аэротенк, регулируемая воздуходушная станция, частотное управление нагнетателями, преобразователь частоты.

ENERGY CONSERVATION

Reconstruction of the air blower station at the wastewater treatment facilities in Chita

A. N. Iadrishchenskii¹, N. N. Filippova², K. A. Bulygin³, G. I. Kolobova⁴, A. V. Gordeichik⁵, A. P. Usachev⁶

- ¹ Iadrishchenskii Andrei, General Director, «Vodokanal-Chita» JSC
63 Zabaikal'skogo Rabochego St., 672000, Chita, Russian Federation, tel.: +7 (3022) 35-58-97, e-mail: vodokanal@chgvk.ru
- ² Filippova Natal'ia, First Deputy of the General Director, «Vodokanal-Chita» JSC
63 Zabaikal'skogo Rabochego St., 672000, Chita, Russian Federation, tel.: +7 (3022) 26-55-60, e-mail: vodokanal@chgvk.ru
- ³ Bulygin Konstantin, Chief Power Engineer, «Vodokanal-Chita» JSC
63 Zabaikal'skogo Rabochego St., 672000, Chita, Russian Federation, tel.: +7 (3022) 35-58-97, e-mail: vodokanaloge@mail.ru
- ⁴ Kolobova Galina, Leading Process Engineer, «Vodokanal-Chita» JSC
63 Zabaikal'skogo Rabochego St., 672000, Chita, Russian Federation, tel.: +7 (3022) 35-58-97, e-mail: g.kolobova@chgvk.ru
- ⁵ Gordeichik Aleksei, Deputy Director for «Electric Drive and Automation» line, «Sibir'-mekhatronika» LLC
P. o. Box 36, 630087, Novosibirsk, Russian Federation, tel.: +7 (383) 399-00-55, e-mail: gorden@sibmech.ru
- ⁶ Usachev Aleksei, Ph. D. (Engineering), Technical Director, «Sibir'-mekhatronika» LLC
P. o. Box 36, 630087, Novosibirsk, Russian Federation, tel.: +7 (383) 399-00-55, e-mail: usachev@sibmech.ru

The results of the reconstruction of the wastewater treatment facilities in the city of Chita are presented with regard to the system of supplying air to the operating sections of the aeration tanks without replacing the air blower units. The main goal of the reconstruction was energy saving and automation of air supply to the aeration tanks while ensuring sufficient oxygen concentrations in the wastewater biological treatment facilities. To change the capacity of the air blowers the automation system includes two high-voltage frequency converters for the number of blowers in operation. To regulate the air supply eight regulated valves and eight dissolved oxygen sensors (for the number of operating sections) are installed in the sections of the aeration tanks. Energy savings over four months of operation amounted to about 16.4% compared to the same period of previous years.

Key words: wastewater treatment facilities, aeration tank, controllable air blower station, variable-frequency control of blowers, frequency converter.

Очистные сооружения канализации г. Читы введены в эксплуатацию в 1972 г. Комплекс аэротенков (рис. 1) включает восемь действующих секций (две секции из первой очереди и шесть – из второй) и воздуходушную станцию (ВДС-1), содержащую четыре воздуходушных агрегата марки 360-22-2 (нагнетатели).

Все воздуходушные машины (номинальная производительность 16 200 м³/ч, абсолютное давление 1,78 атм) оснащены асинхронными двигателями марки КАМО-350-2 (6 кВ, 400 кВт, 3000 об/мин). В настоящее время два нагнетателя находятся в работе, два – в резерве, обеспечивая воздухом все восемь действующих секций аэротенков.

Система подачи воздуха в аэротенки была запроектирована и реализована как нерегулируемая. В 2017 г. АО «Водоканал-Чита» было принято решение о реконструкции системы с регулируемой подачей воздуха в автоматическом режиме [1], не меняя воздуходушные агрегаты. Проект реконструкции был подготовлен совместно с ООО «Сибирь-мехатроника», г. Новосибирск. Специалистами АО «Водоканал-Чита» выполнены технологическая часть реконструкции и строительные-монтажные работы, силами

ООО «Сибирь-мехатроника» – работы по автоматике, включая поставку и пусконаладку соответствующего оборудования.

Основная цель реконструкции – экономия электроэнергии [2] и автоматизация подачи воздуха в аэротенки при обеспечении достаточных концентраций кислорода в сооружениях биологической очистки сточных вод. Для изменения производительности нагнетателей установлены два высоковольтных преобразователя частоты (ВПЧ) по числу нагнетателей, находящихся в работе, а также электрифицированные затворы на подаче воздуха в секции аэротенков. В каждой секции помещены датчики концентрации растворенного кислорода серии *Oxumax* производства фирмы *Endress + Hauser*, в воздуховод питания аэротенков установлен расходомер производства *Endress + Hauser*.

Проектом предусмотрена автоматизация работы воздушных нагнетателей для поддержания заданного давления воздуха в напорной магистрали, а также система распределения воздуха по секциям аэротенков первой и второй очереди с целью поддержания заданной концентрации растворенного кислорода в каждой секции [1].

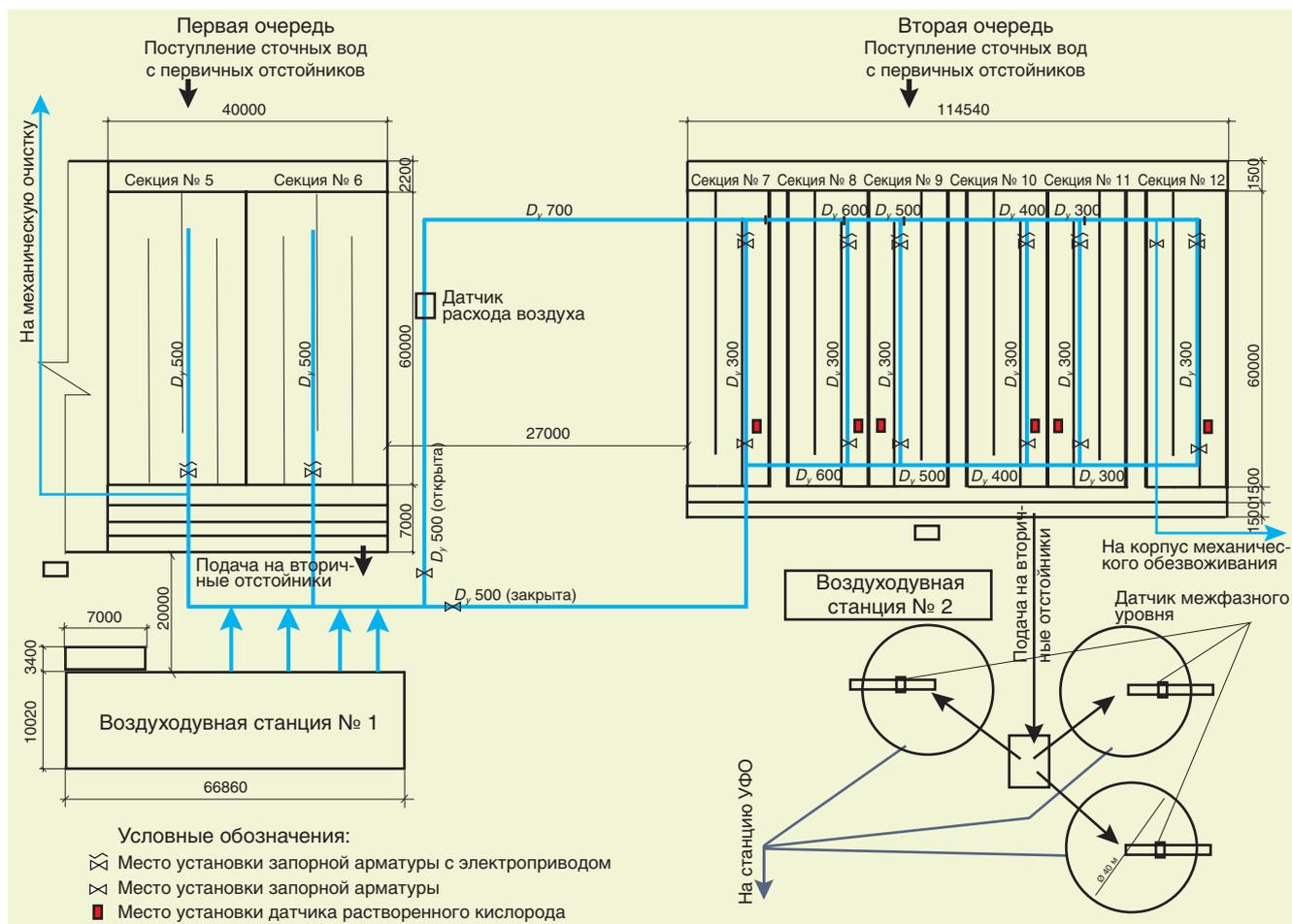


Рис. 1. Схема комплекса аэротенков

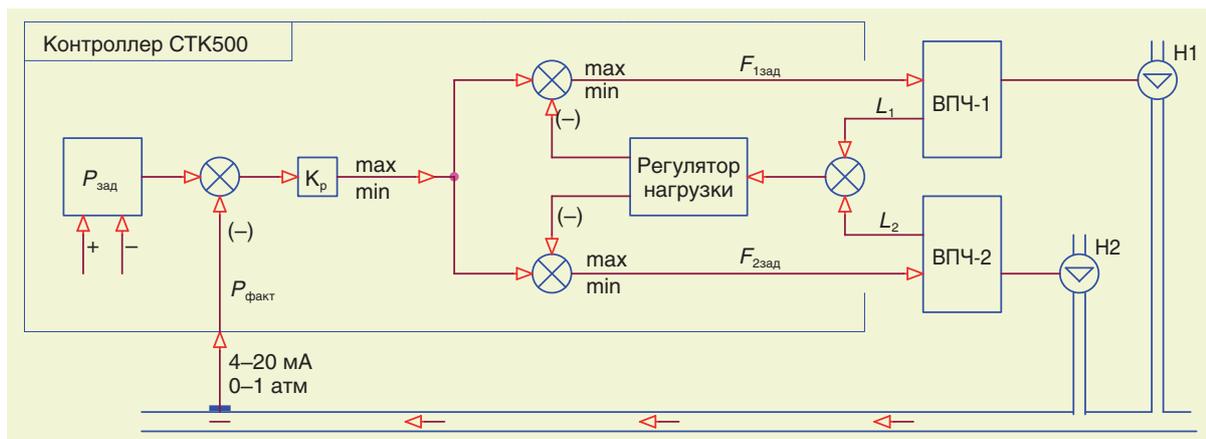


Рис. 2. Схема управления нагнетателями

$P_{\text{факт}}$ – фактическое значение давления воздуха в напорной магистрали; K_p – коэффициент передачи регулятора; L – ток нагнетателя (выходной ток ВПЧ); $F_{\text{зад}}$ – заданное значение частоты питания двигателя нагнетателя

Для изменения производительности нагнетателей в состав системы автоматики включены два высоковольтных преобразователя частоты производства «Л-Старт». Проектом предусмотрена установка двух ВПЧ, по числу одновременно работающих нагнетателей. Управление работой нагнетателей осуществляется центральным контроллером СТК500 ВДС-1. Система автоматики обеспечивает синхронное изменение производительности нагнетателей в автоматическом режиме с целью поддержания заданного давления воздуха в напорной магистрали, которое определяется оператором ВДС-1 на панели контроллера СТК500. Фактическое давление воздуха измеряется датчиком, установленным на напорной магистрали, и его значение поступает на контроллер СТК500 в виде сигнала 4–20 мА ($P_{\text{факт}}$). Контроллер вычисляет отклонение фактического давления от заданного значения. В зависимости от величины отклонения функция пропорционально интегрального регулятора формирует сигнал заданной скорости вращения нагнетателя (в диапазоне 35–50 Гц).

При недостаточном уровне давления выходной сигнал регулятора увеличивается, при избыточном – уменьшается. При равенстве фактического и заданного значений давления скорость вращения нагнетателей не изменяется. Структурная схема управления нагнетателями приведена на рис. 2.

Каждый нагнетатель имеет уникальные характеристики, что может приводить к значительной разнице в производительности даже при вращении на одной скорости, особенно в области низких скоростей. Для предотвращения этого введен регулятор нагрузки, который обеспечивает выравнивание производительности нагнетателей, работающих в режиме частотного

управления. Контроллер СТК500 вычисляет разницу в токовой нагрузке двигателей, работающих в режиме частотного управления. Регулятор нагрузки формирует сигнал, корректирующий скорость вращения нагнетателя для минимизации разницы. Так, если нагрузка первого нагнетателя превышает нагрузку второго, то скорость первого снижается до минимальной разницы в токе (предельная величина коррекции по скорости составляет 3 Гц).

Уровень подачи воздуха обеспечивается индивидуальным входным затвором на воздуховоде для каждой секции. Структурная схема управления затвором приведена на рис. 3.

Процесс регулирования осуществляется индивидуальным блоком управления затвором СР200, который обеспечивает позиционирование затвора в функции недостаточной/избыточной концентрации растворенного кислорода. При недостаточной концентрации затвор приоткрывается до требуемого положения, в случае избыточной концентрации затвор закрывается. Измеряется текущая концентрация кислорода индивидуальным датчиком Охумах соответствующей секции. Сигнал от датчика (4–20 мА / 0–10 мг/л) передается в блок СР200 как фактическое значение концентрации растворенного кислорода.

Заданное значение концентрации растворенного кислорода ($K_{\text{зад}}$) определяется в блоке СР200. Величина $K_{\text{зад}}$ может быть изменена как с пульта блока СР200, так и через окно «Управление» центрального контроллера СТК500 ВДС-1 в диапазоне 0–9,99 мг/л. Контроллер СР200 вычисляет сигнал отклонения фактической концентрации от заданного значения. Встроенный в СР200 регулятор производит расчет требуемого положения затвора на входе секции. Коэффици-

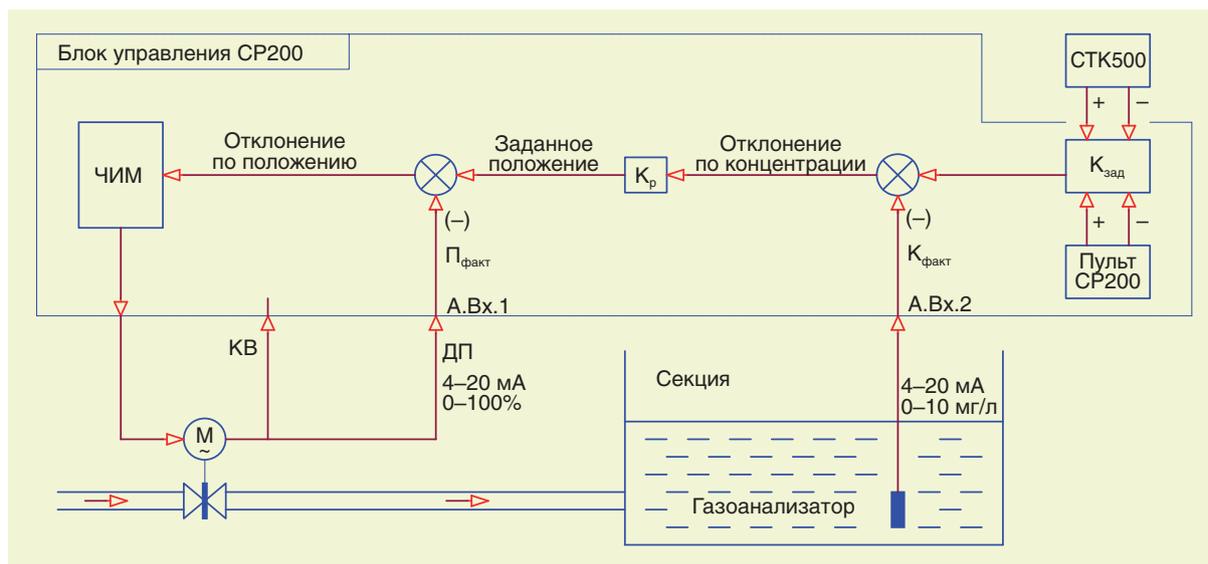


Рис. 3. Схема управления затвором

$K_{\text{факт}}$ – фактическое значение концентрации растворенного кислорода; $P_{\text{факт}}$ – сигнал датчика положения затвора

ент регулятора (K_p) определяет точность поддержания заданной концентрации и стабильность (устойчивость) работы системы.

Информация о текущем положении затвора ($P_{\text{факт}}$) поступает в блок СР200 от датчика в виде сигнала 4–20 мА (4 мА соответствует положению «закрыто», 20 мА – «открыто»). Вычисленное значение отклонения по положению поступает на блок частотно-импульсного модулятора (ЧИМ) блока СР200, который формирует временные импульсы на открытие/закрытие входного затвора таким образом, чтобы его положение соответствовало заданному значению. Чем выше отклонение по положению, тем длиннее и чаще формируются импульсы. При уменьшении отклонения импульсы становятся реже. При равенстве текущего и заданного положения переключение затвора не производится.

Информация о текущем состоянии каждого блока СР200 поступает в центральный контроллер СТК500 ВДС-1 через информационный интерфейс RS485.

Выводы

Значительная суточная и сезонная неравномерность притока сточных вод на очистных сооружениях канализации и колебания температуры воздуха обуславливают целесообразность регулирования подачи воздуха в аэротенки. В нас-

тоящее время ведется пробная эксплуатация системы (с середины ноября 2018 г.) с целью выявления параметров настройки, для чего необходим годовой цикл. Однако, несмотря на то что параметры окончательно не определены, система обеспечивает существенную экономию электроэнергии. За прошедшие месяцы (по сравнению с тем же периодом до реконструкции) экономия составляет порядка 16,4%. При этом проводится непрерывное измерение концентрации кислорода на выходе из каждого аэротенка, и, как следствие, ведется косвенный контроль эффективности биологической очистки. Выполняется автоматическое регулирование подачи воздуха в зависимости от фактического содержания кислорода в каждой секции аэротенков. Информация о концентрации кислорода непрерывно передается на панель оператора аэротенков и технолога очистных сооружений, а также в центральную диспетчерскую АО «Водоканал-Чита».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березин С. Е. Выбор способа регулирования воздухоудовок для аэрации сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 11. С. 59–66.
2. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. 360 с.

REFERENCES

1. Berezin S. E. [Choosing the method of air blower control for wastewater aeration]. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaiia Tekhnika*, 2012, no. 11, pp. 59–66. (In Russian).
2. Leznov B. S. *Energoberezhnie i reguliruemyi privod v nasosnykh b vozdukhoduvnykh ustanovkakh* [Power saving and variable-speed drive in pumping and air blower units. Moscow, Energoatomizdat Publ., 2006. 360 p.].

