

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Методические указания
к практическим работам
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 628-048.37(075.8)

ББК 38.761-09я73

Р36

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» Е.А. Титов (ПГУАС)

Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения: методические указания к практическим работам по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»/ М.А. Сафронов. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 32 с.

Приведены примеры реконструкции систем и сооружений водоснабжения и водоотведения.

Методические указания подготовлены на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2016

© Сафронов М.А., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» составлены в соответствии с учебным планом по строительным направлениям бакалавриата.

В методических указаниях рассматриваются примеры решения типовых заданий по дисциплине и затем предлагаются задачи для самостоятельного решения.

Студенты могут использовать методические указания для выполнения расчетно-графических работ, а также контрольных заданий.

Целью изучения дисциплины «Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» является овладение студентами следующими компетенциями:

- знанием правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием;
- владением методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения;
- владением методами мониторинга и оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных объектов, оборудования;
- способностью организовать профилактические осмотры и текущий ремонт, приемку и освоение вводимого оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования.

В результате изучения дисциплины «Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» обучающийся должен:

Знать:

– ГОСТ, СНиП, СП, ТУ, указания для проектирования и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения, очистных сооружений и их конструктивных элементов, методы оптимальной реновации водопроводных и водоотводящих сетей и сооружений на них.

Уметь:

– проектировать реконструкцию схем водоснабжения и водоотведения;
– проектировать восстановление различных систем водоснабжения и водоотведения;

– рационально использовать существующие сети и сооружения и разрабатывать планы производства строительных работ на реконструкцию инженерных сетей и сооружений;

– проектировать комплексы сооружений инженерных сетей и сооружений, отдельных элементов их, предусматривать пути реконструкции инженерных сетей и сооружений и интенсификации их работы;

– применять современные и прогрессивные инженерные решения по реконструкции инженерных сетей и сооружений;

Владеть:

– методами расчета инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения и адаптировать их в условиях реконструкции систем и сооружений водоснабжения и водоотведения,

– последними достижениями науки и техники в области водоснабжения и водоотведения, строительных материалов и конструкций для оптимизации принимаемых технических решений и минимума материальных затрат на реконструкцию.

Иметь представление о:

– нормативных документах по реконструкции систем водоснабжения и водоотведения, нормативных сроках выхода на ремонты сооружений и оборудования, нормативах химико-технологического контроля.

1. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

Тема 1. Реконструкция систем и сооружений водоснабжения

Занятие 1. Анализ работы действующих очистных сооружений водопровода (ОСВ). Обоснование необходимости реконструкции, выбор мероприятий.

Произвести анализ работы действующих ОСВ. В случае необходимости предложить варианты реконструкции.

Исходные данные

ОСВ расположены на площадках «Подгорная» и «Кирпичная».

Общая проектная производительность ОСВ площадки «Подгорная» составляет 172 тыс.м³/сут, из них: первая-третья очереди – по 24 тыс.м³/сут (1000 м³/ч) каждая; четвертая-пятая очереди – по 50 тыс.м³/сут (2083 м³/ч) каждая.

Общая фактическая производительность находится на уровне 140 тыс. м³/сут (9583 м³/ч).

Очистные сооружения площадки "Подгорная" состоят из 5 блоков. Блоки №№ 1–3 включают распределительную камеру, вихревой железобетонный смеситель, осветлители (12 шт.), скорые фильтры с крупнозернистой загрузкой (16 шт.). Блоки №№ 4–5 каждый в своем составе имеют: вертикальный вихревой смеситель, горизонтальные отстойники со встроенными камерами хлопьеобразования (12 шт.), скорые фильтры (12 шт.).

Питьевая вода после фильтров из блоков №№ 1, 2, 3 поступает в резервуары чистой воды – $V=300$ м³, $V=1000$ м³, $V=1500$ м³, из блоков №№ 4, 5 – в резервуары $V=2 \times 2000$ м³ и $V=6000$ м³. В резервуар $V=6000$ м³ вода дополнительно поступает с площадки "Кирпичная", через перемычку d_y 1000 мм.

На территории площадки находятся здания реагентного хозяйства и хлораторная.

Суммарная проектная производительность очистных сооружений водопровода площадки «Кирпичная» составляет 250 тыс. м³/сут. В 1982 г. введены в эксплуатацию 1-й блок очистных сооружений производительностью 150 тыс. м³/сут и насосная станция II-го подъема. В 1990 г., введен в эксплуатацию 2-й блок очистных сооружений производительностью 100 тыс. м³/сут.

Из водохранилища насосной станцией I-го подъема вода по 2-м водоводам d_y 1200 мм поступает на два технологических блока обработки воды, идентичных по схеме очистки. Каждый блок состоит из контактных камер, камер хлопьеобразования, встроенных в горизонтальные отстойники (28 шт.), горизонтальных отстойников (28 шт.), скорых фильтров (14 шт.), блока вспомогательных сооружений (реагентного хозяйства).

На площадке ОСВ «Кирпичная» находятся два резервуара хранения чистой воды по 6000м³ каждый. На площадке ОСВ «Подгорная» находятся шесть резервуаров суммарным объемом 12800 м³.

Выполнение задания

Анализ работы ОСВ показал, что имеет место высокий износ осветлителей и фильтров на 1, 2 и 3 блоках площадки «Подгорная», а также отсутствуют на обеих площадках устройства для обработки сбросных вод, образующихся после промывки скорых фильтров.

Рекомендуемые мероприятия по реконструкции действующих сооружений связаны с заменой насосов возврата промывных вод фильтров в голову сооружений и устройством систем водовоздушной промывки скорых фильтров. Указанные мероприятия должны способствовать повышению энергосбережения на ОСВ площадках «Подгорная» и «Кирпичная».

Занятие 2. Расчеты по повышению эффективности работы оборудования ОСВ

Осуществить расчеты по повышению эффективности работы оборудования с применением водовоздушной промывки фильтров

Исходные данные

На ОСВ площадки «Подгорная» площадь скорых фильтров составляет для 1 блока от 17,0 до 25 м² (8 фильтров), для 2 блока от 30,5 до 32,8 м² (4 фильтра), для 3 блока от 31,0 до 33,0 м² (4 фильтра), для 4 и 5 блоков – по 43,2 м² (12 фильтров). Высота фильтров $H=4,5$ м. Интенсивность промывки фильтров составляет 15–17 л/с·м², время промывки 6–10 минут (по сезонам года). Количество промывок в сутки для каждого фильтра – 1. Промывная вода подается насосом Д 3200-33/2 ($Q_n=2500$ м³/ч, $H_n=17$ м), расположенным в НСВ 2-го подъема «Подгорная». Мощность двигателя насоса Д 3200-33/2 $N=160$ кВт. Подача насоса в зависимости от площади промываемого фильтра изменяется от 980 до 2500 м³/ч за счет дросселирования задвижки на напорном трубопроводе.

Выполнение задания

Характеристики насоса Д 3200-33/2 и трубопровода при промывке показаны на рис. 1, из которого видно, что при полностью открытой задвижке подача и напор насоса ($Q_n=2500$ м³/ч, $H_n=17$ м) соответствуют максимальному к.п.д. ($\eta=83\%$). При промывке фильтров малой площади (17,0 м²) расход падает до значения $Q_q=980$ м³/ч. В целях обеспечения требуемого напора ($H_q=16,2$ м) требуется дросселирование для «погашения» избыточного напора, составляющего $h_d=6,5$ м (рис. 1). К.п.д. насоса при этом резко уменьшается и составляет не более 55%.

В соответствии с рекомендациями п. 7.4 «Пособия по проектированию сооружений для очистки и подготовки вод» (к СНиП 2.04.02-84) площади отдельных фильтровальных сооружений, промываемых водой и воздухом, следует принимать до 40 м² на одно отделение (80 м² – на два отделения). В соответствии с рекомендациями п.7.11 Пособия промывку следует осуществлять в три этапа:

– 1-й этап – подача в загрузку воздуха для частичного разрушения скоплений взвеси в загрузке и выравнивания ее сопротивления по площади сооружения;

– 2-й этап – подача воздуха и воды с целью более полного разрушения скоплений взвеси и выноса основной массы загрязнений из загрузки;

– 3-й этап – подача воды (с большей, чем на 2-м этапе, интенсивностью) для удаления из загрузки заземленного в порах воздуха и восстановления ее пористости.

Ориентировочные параметры промывки приведены в табл. 1.

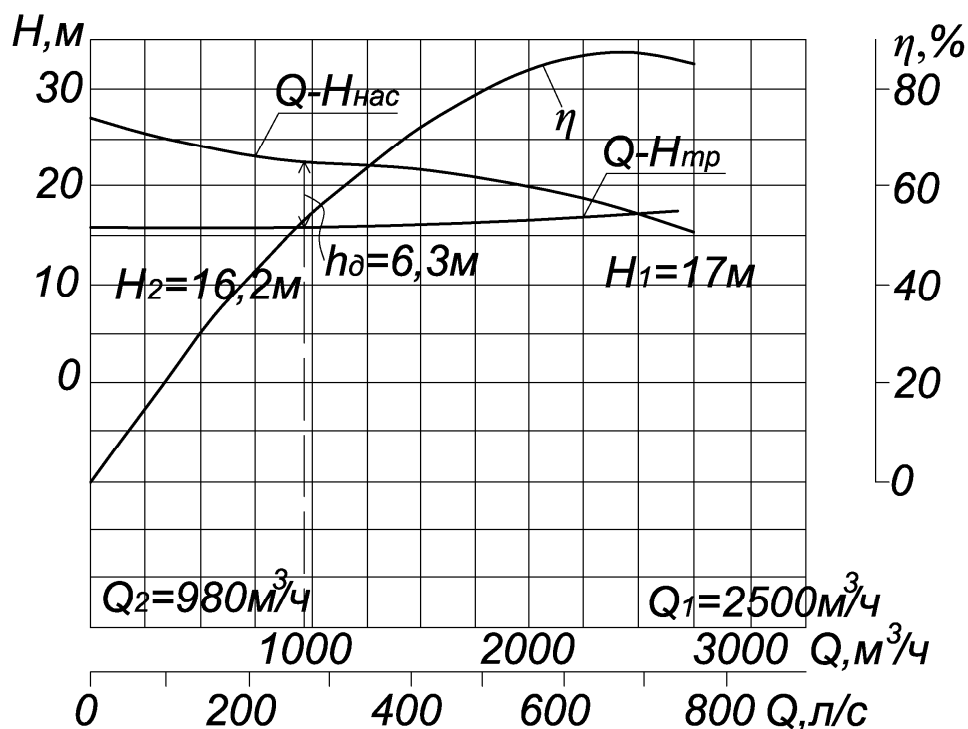


Рис. 1. Совместные характеристики насоса ДЗ200-33/2 и трубопровода при промывке фильтра

Т а б л и ц а 1

| Показатель | Этапы промывки | | |
|---------------------------------|----------------|---------|-----|
| | 1 | 2 | 3 |
| Интенсивность подачи, л/(с·м²): | | | |
| воды | - | 2,5-3,5 | 5-7 |
| воздуха | 15-20 | 15-20 | - |
| Продолжительность этапа, мин | 1-2 | 4-7 | 5-7 |

Подбор оборудования для водовоздушной промывки будем производить применительно к фильтрам блоков 4 и 5, имеющих наибольшую площадь ($F_1=43,5 \text{ м}^2$).

На первом этапе интенсивность подачи воздуха принимаем равной $\omega_1=18,0$ л/с·м² (см. табл. 1). Производительность воздухоудвки для данного этапа

$$Q_{B1} = \omega_1 \cdot F_1 \cdot 3,6 = 18,0 \cdot 43,2 \cdot 3,6 = 2800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

На втором этапе интенсивность подачи воздуха принимаем равной $\omega_2=18,0$ л/с·м², интенсивность подачи воды $\omega_2'=3,0$ л/с·м². Производительность воздухоудвки для данного этапа $Q_{B2} = Q_{B1} = 2800 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Производительность промывного насоса для второго этапа промывки

$$Q_{H2} = \omega_2' \cdot F_1 \cdot 3,6 = 3,0 \cdot 43,2 \cdot 3,6 = 467 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

На третьем этапе промывки интенсивность подачи воды принимаем $\omega_3'=6,0$ л/с·м². Производительность промывного насоса на третьем этапе промывки

$$Q_{H3} = \omega_3' \cdot F_1 \cdot 3,6 = 6,0 \cdot 43,2 \cdot 3,6 = 933 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Занятие 3. Подбор оборудования для водовоздушной промывки фильтров при реконструкции ОСВ

Выполнить подбор оборудования для водовоздушной промывки фильтров при реконструкции ОСВ

Исходные данные

Из расчетов занятий №1, 2.

Выполнение задания

1) Промывной насос

Производительность насоса принимаем по расчетному значению для второго этапа промывки $Q_H = 467 \text{ м}^3/\text{ч}$. Напор промывного насоса принимаем равным напору, развиваемому насосом Д 3200-33/2 ($H=17$ м). Для данных значений Q и H рекомендуется насос фирмы Wilo марки ASP 200A с двигателем мощностью $N=30$ кВт, диаметром рабочего колеса 267 мм, частотой оборотов $n=1450$ мин⁻¹, к.п.д. насоса составляет 84–85%. Характеристики насоса Wilo – ASP 200A показаны на рис. 2. На третьем этапе промывки рекомендуется включение одновременно двух насосов Wilo – ASP 200A по параллельной схеме.

При промывке фильтров 1 блока, имеющих незначительные площади, расход промывной воды может снижаться на втором этапе промывки до 184 м³/ч, а на третьем этапе до 368 м³/ч. В данном случае может быть рекомендована установка частотных преобразователей на электродвигателях насосов Wilo.

2) Воздуходувки

Производительность воздухоудвки принимаем равной $Q_B=2800 \text{ м}^3/\text{ч}$ (для первого и второго этапов промывки).

В соответствии с рекомендациями п. 7.22 «Пособия по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды» (к СНиП 2.04.02-84) макси-

мальный напор воздуходувки в пусковом режиме должен быть равен удвоенной высоте воды в фильтровальном сооружении плюс сумма потерь напора в системе $h_c=1$ м.

$$H_{вп}=2 \cdot H_{\phi}+h_c=9,0+1,0=10 \text{ м.}$$

Частота вращения 1450 об/мин

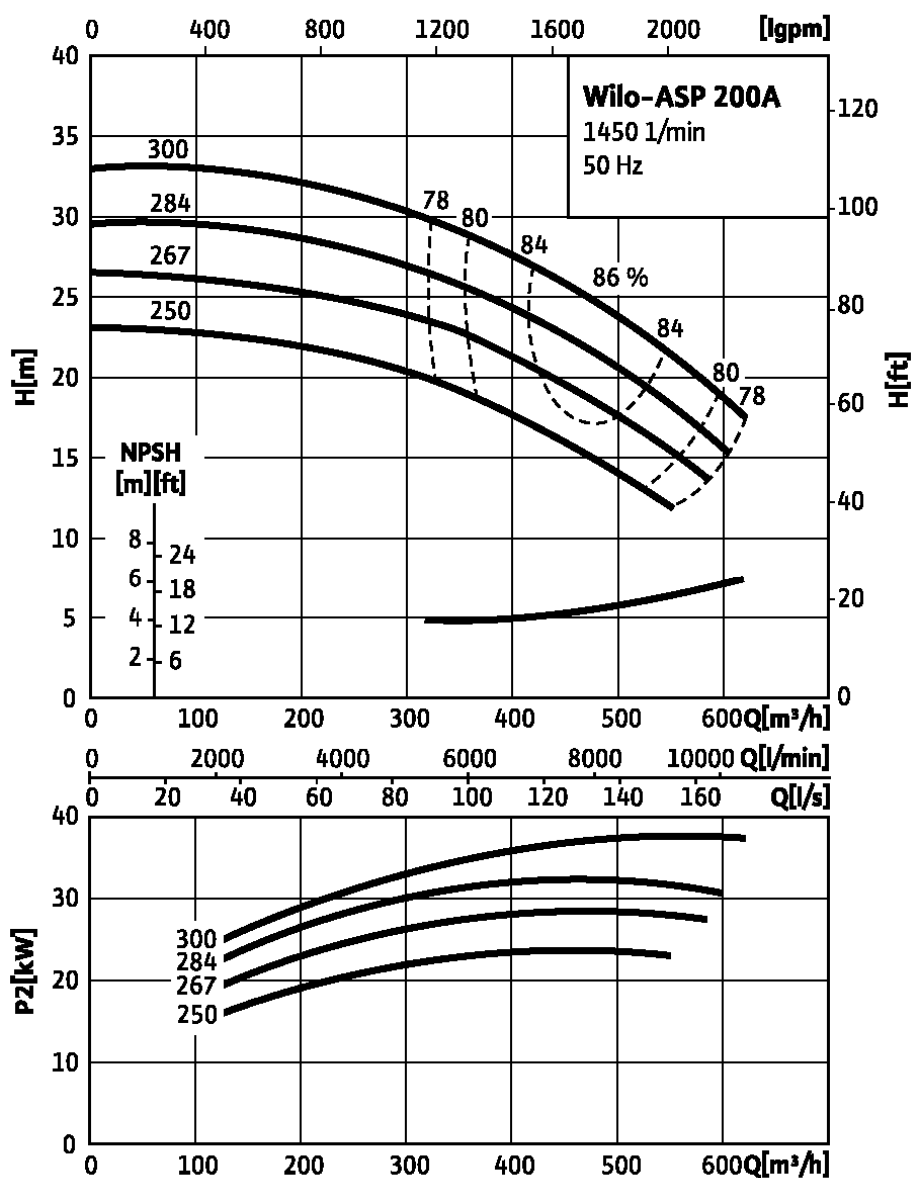


Рис. 2. Характеристика промывного насоса Wilo-ASP 200A

Напор воздуходувки в рабочем режиме принимается равным

$$H_{вп}=H_{\phi}+h_c=4,5+1,0=5,5 \text{ м.}$$

Для данных значений Q и H в качестве воздуходувки рекомендуется водокольцевой компрессор RVS40 фирмы Robuschi производительностью до $1610 \text{ м}^3/\text{ч}$, напором до 11 м и мощностью электродвигателя 42 кВт. Схема и

габаритные размеры компрессора показаны на рис. 3. Для фильтров площадью более 30 м² количество компрессоров – 2, для фильтров площадью до 25 м² рекомендуется использование одного компрессора.

При одной промывке фильтров в сутки в течение $t_{пр}=8$ мин количество часов работы в год для промывного насоса Д 3200-33/2 составит

$$t = \frac{N_{\phi} \cdot t_{пр} \cdot 365}{60} = \frac{28 \cdot 8 \cdot 365}{60} = 1363 \text{ ч,}$$

где N_{ϕ} – количество фильтров на станции, $N_{\phi}=28$.

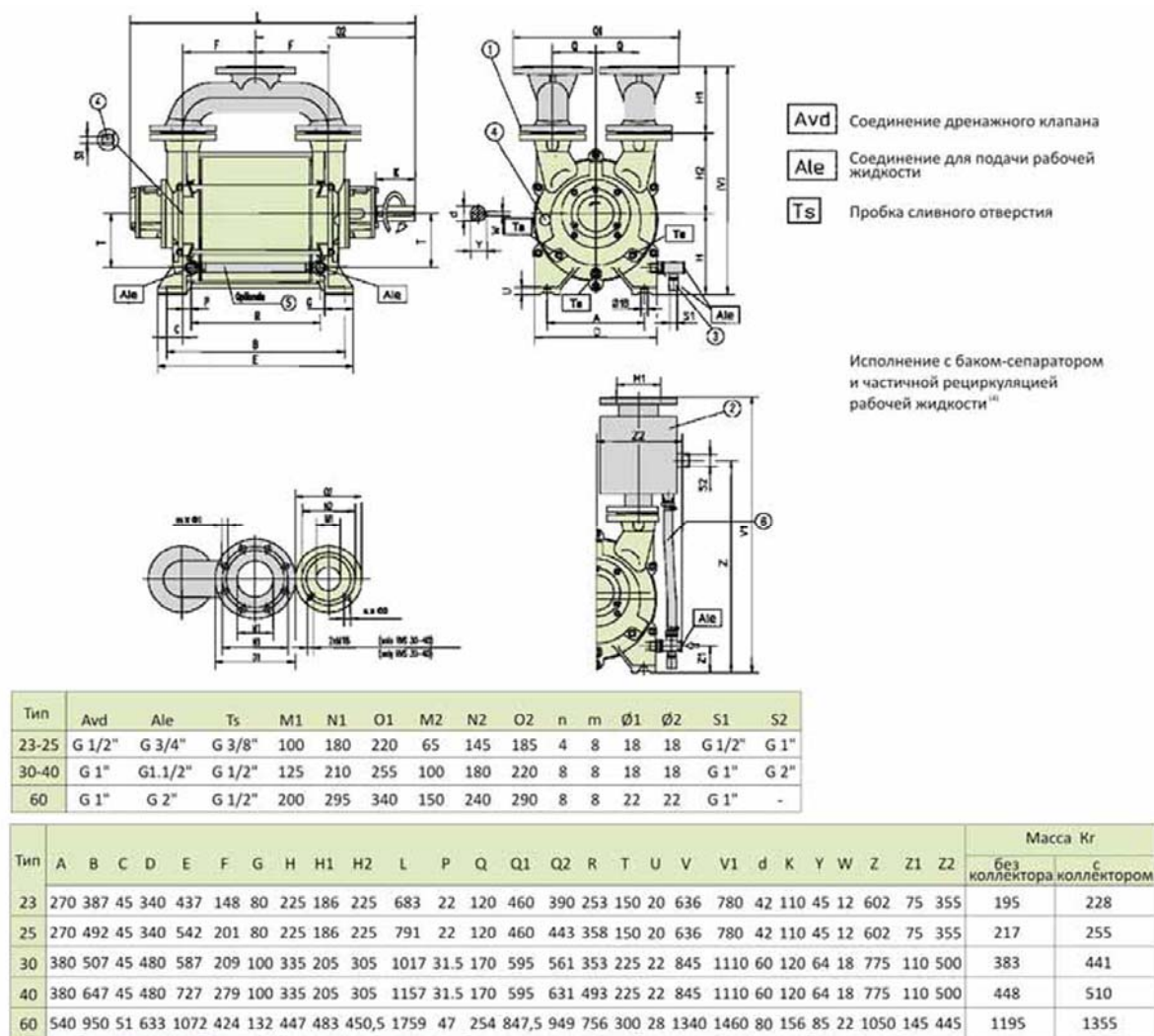


Рис. 3. Схема и габаритные размеры компрессоров R/S

Количество электроэнергии за год, потребляемой насосом Д 3200-33/2 с мощностью электродвигателя $N=160$ кВт

$$\mathcal{E}_1 = N \cdot t = 160 \cdot 1363 = 218\ 080 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Время работы промывных насосов Wilo – ASP 200A за год для второго этапа водовоздушной промывки составит

$$t_2 = \frac{N_{\phi} \cdot t_{\text{пр2}} \cdot 365}{60} = \frac{28 \cdot 6 \cdot 365}{60} = 1022 \text{ ч,}$$

где $t_{\text{пр2}}$ – продолжительность второго этапа промывки, $t_{\text{пр2}}=6$ мин (см. табл.1).

Для третьего этапа промывки

$$t_3 = \frac{N_{\phi} \cdot t_{\text{пр3}} \cdot 365}{60} = \frac{28 \cdot 6 \cdot 365}{60} = 1022 \text{ ч,}$$

где $t_{\text{пр3}}$ – продолжительность третьего этапа промывки, $t_{\text{пр3}}=6$ мин (см. табл.1).

На втором этапе промывки используется 1 насос с мощностью электродвигателя $N_1=30$ кВт, на третьем этапе промывки – 2 насоса.

Количество электроэнергии, потребляемое за год насосами при водовоздушной промывке

$$\mathcal{E}_{\text{вн}}=N_1 \cdot t_2 + 2N_1 \cdot t_3 = 30 \cdot 1022 + 2 \cdot 30 \cdot 1022 = 30\,660 + 61\,320 = 91\,980 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Время работы воздуходувок (водокольцевых компрессоров) в течение первого и второго этапов водовоздушной промывки составит (см. табл. 1)

$$t_{\text{прв}}=2+6=8 \text{ мин.}$$

Количество фильтров с площадью менее 30 м^2 , обслуживаемых одним компрессором составляет $N_{1\phi}=8$ шт. Количество фильтров с $F>30 \text{ м}^2$, обслуживаемых двумя компрессорами $N_{2\phi}=20$ шт.

Годовое время работы одного компрессора

$$t_{1к} = \frac{N_{1\phi} \cdot t_{\text{прв}} \cdot 365}{60} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 365}{60} = 390 \text{ ч,}$$

двух компрессоров

$$t_{2к} = \frac{N_{2\phi} \cdot t_{\text{прв}} \cdot 365}{60} = \frac{20 \cdot 8 \cdot 365}{60} = 974 \text{ ч.}$$

Количество энергии, потребляемое компрессорами за год при мощности компрессора $N_k=42$ кВт,

$$\mathcal{E}_{\text{вк}}=N_k \cdot t_{1к} + 2N_k \cdot t_{2к} = 42 \cdot 390 + 2 \cdot 42 \cdot 974 = 16\,380 + 81\,816 = 98\,196 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Суммарное годовое количество электроэнергии, потребляемое при водовоздушной промывке

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_{\text{вн}} + \mathcal{E}_{\text{вк}} = 91\,980 + 98\,196 = 190\,176 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Годовая экономия электроэнергии при использовании водовоздушной промывки

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 218\,080 - 190\,176 = 27\,904 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Суточный расход воды при однократной водовоздушной промывке фильтров составит порядка $Q_{\text{пр.в}} = 4700 \text{ м}^3$, годовой расход

$$Q_{\text{год пр}} = Q_{\text{пр.в}} \cdot 365 = 4700 \cdot 365 = 1\,715\,500 \text{ м}^3.$$

Сокращение удельного расхода электроэнергии при использовании водовоздушной промывки

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{27904}{1715500} = 0,016 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3.$$

В целях большего сокращения потребляемой электроэнергии рекомендуется оснащение электродвигателей промывных насосов и компрессоров частотными преобразователями с учетом коэффициента неравномерности подачи воды и воздуха на различные фильтры $K_n = 1,2-1,3$.

Занятие 4. Расчеты по повышению эффективности работы насосов, осуществляющих возврат промывной воды фильтров

Выполнить расчеты, необходимые для осуществления реконструкции системы промывки фильтров.

Исходные данные

Для возврата промывной воды фильтров в голову очистных сооружений на площадке очистных сооружений «Кирпичная» установлен насос марки Д 200-90. Насос забирает грязную промывную воду из резервуара и под давлением подает ее в трубопровод исходной сырой воды.

Данные для расчета насоса:

- длина напорного трубопровода от насоса до точки врезки в трубопровод d 1200, подающий сырую воду на ОСВ, – $l = 250 \text{ м}$;
- отметка низа всасывающей трубы насоса – $Z_n = 146,05 \text{ м}$;
- отметка оси трубы для подачи сырой воды на ОСВ в точке врезки – $Z_{\text{вр}} = 148,25 \text{ м}$;
- давление в трубопроводе сырой воды до в точке врезки – $p = 1,2-1,4 \text{ атм}$;
- диаметр напорного трубопровода от насоса до точки врезки в трубу d 1200 – 400 мм

Выполнение задания

Требуемый напор насоса определяем по формуле

$$H = H_{\Gamma} + H_{\text{изб}} + H_{\text{вр}} + \Delta h = Z_{\text{вр}} - Z_n + H_{\text{изб}} + H_{\text{вр}} + SQ^2, \quad (1)$$

где $H_{изб}$ – избыточный напор, необходимый для свободного поступления возвратной промывной воды в трубопровод исходной сырой воды, $H_{изб}=10$ м;

H_r – геометрический напор, м;

$H_{вр}$ – напор в трубопроводе сырой воды в точке врезки, $H_{вр}=14$ м;

S – сопротивление напорного трубопровода d 400 мм, c^2/m^5 ;

Q – расход, m^3/c ;

Δh – потери напора, м.

Сопротивление напорного трубопровода d 400 длиной $l=250$ м

$$S = K \cdot A \cdot l, \quad (2)$$

где A – удельное сопротивление, по Ф.А. Шевелеву $A=0,191 c^2/m^6$;

K – коэффициент, учитывающий местные сопротивления и неквадратичный режим движения воды, $K=1,1$.

Тогда

$$S = 1,1 \cdot 0,191 \cdot 250 = 52,5 c^2/m^5.$$

Геометрическая высота подъема $H_r = 148,25 - 146,05 = 2,2$ м.

Определяем потери напора и требуемые напоры для трубопровода d 400

| | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------|
| При $Q_1 = 0,03 m^3/c$ | $\Delta h_1 = 0,05$ м | $H_1 = 26,25$ м |
| $Q_2 = 0,06 m^3/c$ | $\Delta h_2 = 0,19$ м | $H_2 = 26,39$ м |
| $Q_3 = 0,1 m^3/c$ | $\Delta h_3 = 0,53$ м | $H_3 = 26,73$ м |
| $Q_4 = 0,12 m^3/c$ | $\Delta h_3 = 0,76$ м | $H_3 = 26,96$ м |

По найденным координатам (Q_i, H_i) строим характеристику трубопровода $Q-H_{тр}$ и находим точку пересечения (т.А) с характеристикой $Q-H$ насоса Д 200-90 (рис. 4).

$$H_A = 26,9 \text{ м}, \quad Q_A = 420 m^3/ч, \quad \eta \leq 20\%.$$

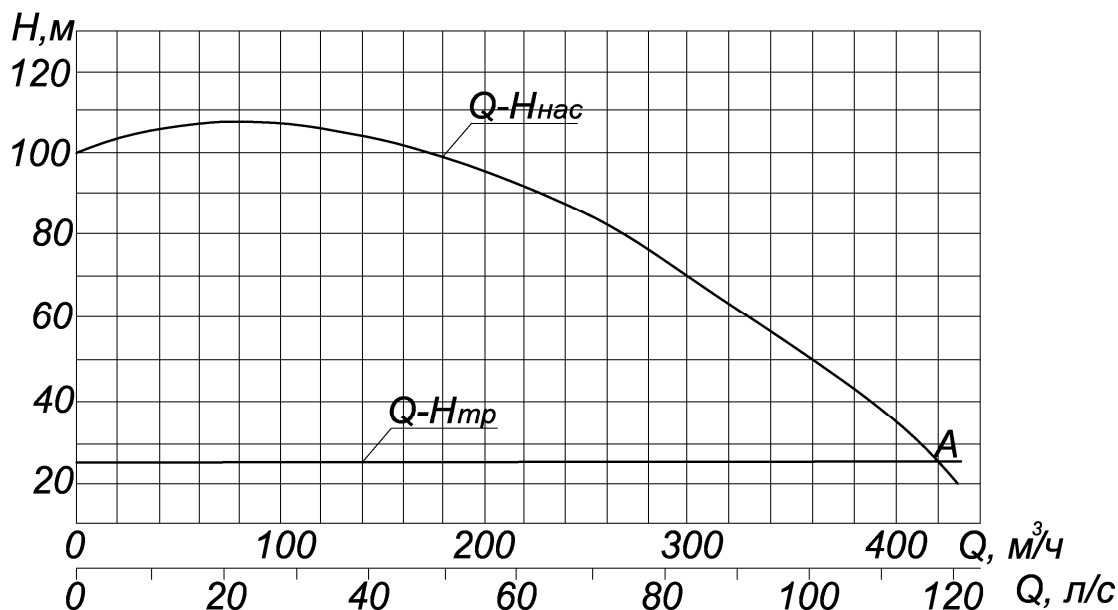


Рис. 4. Совместные характеристики насоса Д200-90 и трубопровода сброса промывной воды фильтра

При однократной промывке всех фильтров в течение суток расход промывной воды на площадке «Кирпичная» составит порядка $Q_{\text{пр}}=9500 \text{ м}^3/\text{сут}$. Таким образом, время работы насоса составит

$$t = \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_A} = \frac{9500}{420} = 22,6 \text{ ч.}$$

Так как насос Д 200-90, имеющий мощность двигателя $N=90 \text{ кВт}$, работает с очень низким к.п.д. и нерационально затрачивает значительное количество электроэнергии, рекомендуется заменить его на насос марки Wilo – ASP 150B с мощностью электродвигателя $N_1=37 \text{ кВт}$. Характеристики насоса приведены на рис. 5. При $Q_H=450 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H=19,0 \text{ м}$ к.п.д. насоса составляет 77%.

Частота вращения 1450 об/мин

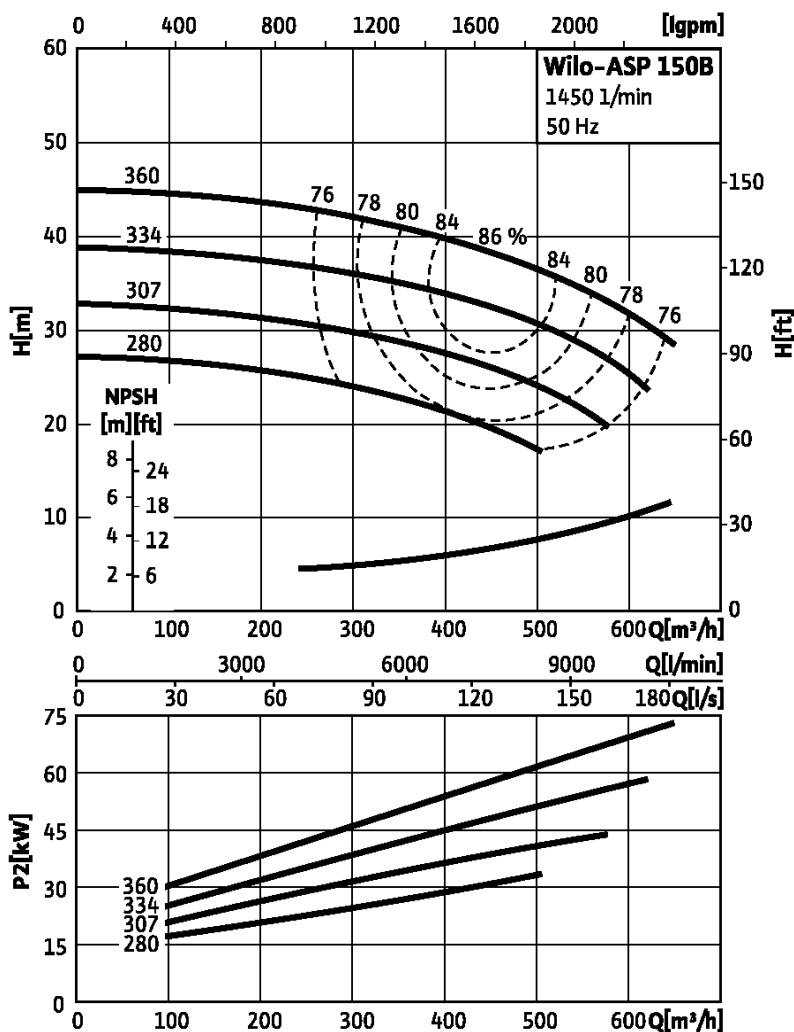


Рис. 5. Характеристика промывного насоса Wilo-ASP 150B

При времени работы в год

$$t=22 \cdot 365=8030 \text{ ч}$$

экономия электроэнергии при замене насоса возврата промывной воды составит

$$\Delta \mathcal{E} = (N - N_1) \cdot t = (90 - 37) 8030 = 425\,590 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Годовой расход промывной воды

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{пр}} \cdot 365 = 9500 \cdot 365 = 3\,467\,500 \text{ м}^3.$$

Сокращение удельного расхода электроэнергии составит

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{\Delta \mathcal{E}}{Q_{\text{год}}} = \frac{425590}{3467500} = 0,123 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3.$$

При двух промывках в сутки рекомендуется установка второго рабочего насоса Wilo – ASP 150B по параллельной схеме. В случае использования водовоздушной промывки расход воды сокращается более чем в 2 раза, поэтому при числе промывок фильтров в сутки $n=2$ остается один рабочий насос Wilo – ASP 150B.

Занятие 5. Реконструкция водопроводных насосных станций (ВНС)

Произвести анализ работы действующих ВНС. В случае необходимости предложить варианты реконструкции, осуществить необходимые расчеты.

Исходные данные

ВНС «Коллективная» снабжает водой три улицы одного из районов, города. На станции установлены 3 насоса марки 300Д90. Работает один насос 300Д90 24 часа в сутки с избыточным напором на вводе 25–30 метров. Рабочее колесо насоса имеет обрезку по литеру А. Производительность насоса 1250 м³/ч, напор 64–80 м, мощность электродвигателя 400 кВт. Вода подается в сеть по трем водоводам d 500 мм каждый, задвижка на напорном трубопроводе насоса дросселируется с различной степенью закрытия в течение суток. В соответствии с данными организации, осуществлявшей эксплуатацию ВНС, время работы насоса 300Д-90 на НСВ «Коллективная» составляет $t_{\text{год}} = 8700$ час.

Выполнение задания

Анализ работы ВНС показал, что насос 300Д-90 имеет завышенную мощность электродвигателя ($N=400$ кВт) и может быть заменен на насос марки Wilo-ASP 250D с мощностью электродвигателя $N_1=355$ кВт.

При производительности $Q_{\text{ф}}=1250$ м³/ч насос Wilo-ASP 250D развивает напор до 80 м (при диаметре рабочего колеса 494 мм) и имеет к.п.д. $\eta=84\%$. Характеристики насоса Wilo-ASP 250D, а также электродвигателя приведены на рис. 6.

Годовая экономия электроэнергии при замене насоса 300Д-90 на насос Wilo-ASP 250D будет равна

$$\Delta \mathcal{E} = (N - N_1) t_{\text{год}} = (400 - 355) 8700 = 391\,500 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Так как задвижки на напорных линиях рабочих насосов 300Д-90 дросселируются с изменением расхода в пределах 40%, то в данном случае рекомендуется установка на электродвигателе частотных преобразователей.

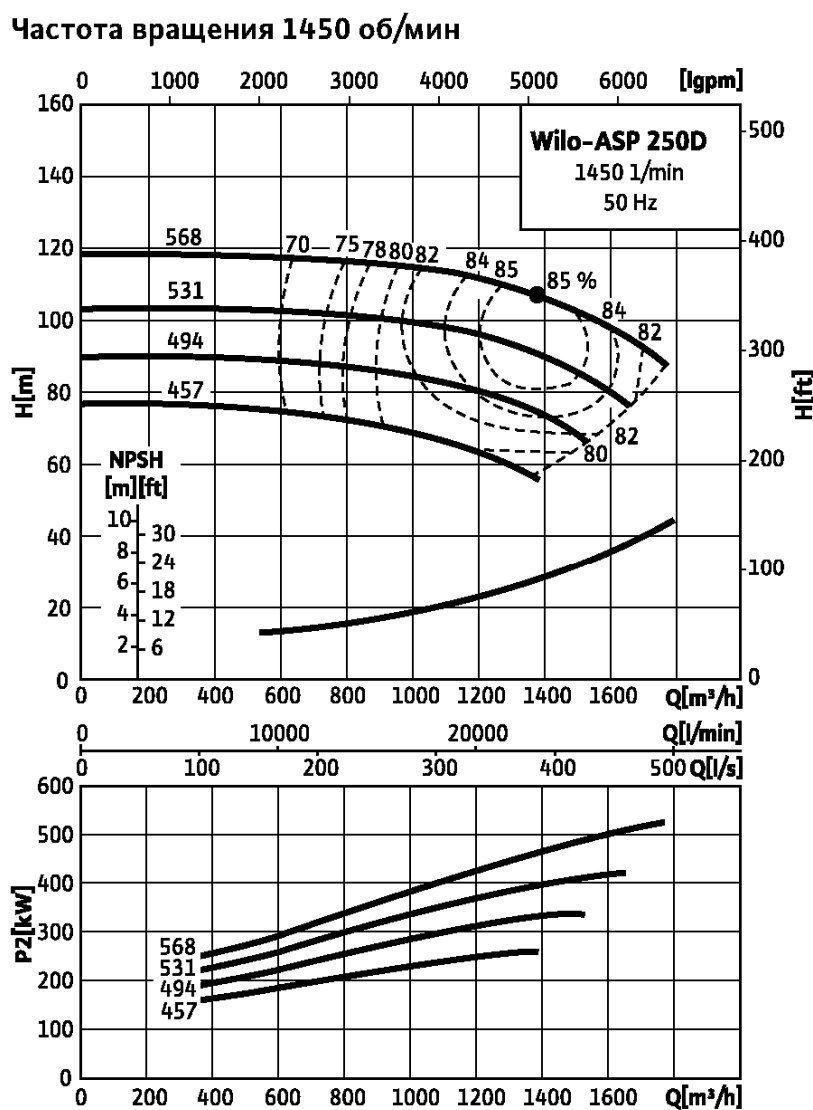


Рис. 6. Характеристика насоса Wilo-ASP 250D

Тема 2. Реконструкция систем и сооружений водоотведения

Занятие 6. Анализ работы действующих очистных сооружений канализации (ОСК). Обоснование необходимости реконструкции, выбор мероприятий

Исходные данные

Очистные сооружения канализации были построены в 2 очереди.

Проектный общий суточный расход сточных вод первой очереди составляет 200 тыс. м³/сут, фактический – около 130 тыс. м³/сут. На ОСК первой очереди установлены 4 механические дуговые решетки, 2 горизонтальные

песколовки, 4 первичных отстойника радиального типа, 6 вторичных отстойника радиального типа, 2 илоуплотнителя радиального типа, 4 секции четырехкоридорных аэротенков с аэраторами из полимерных перфорированных труб. Подача воздуха производится 1 воздуходувкой ТВ-300/1,6 и 1 воздуходувкой ТГ-750.

Проектный общий суточный расход сточных вод второй очереди составляет 100 тыс. м³/сут, фактический – менее 110 тыс. м³/сут.

На ОСК второй очереди установлены 2 механические дуговые решетки, 2 двухсекционные аэрируемые песколовки, 3 первичных отстойника радиального типа, 4 вторичных отстойника радиального типа, 2 илоуплотнителя радиального типа, 3 четырехкоридорных аэротенка с аэраторами из полимерных перфорированных труб. Подача воздуха так же, как и для аэротенков ОСК первой очереди производится 1 воздуходувкой ТВ-300/1,6 и 1 воздуходувкой ТГ-750.

На ОСК отсутствуют доочистка и обеззараживание очищенной сточной воды. Так же отсутствует обработка осадка.

Измерение расходов воздуха и сточных вод на разных этапах очистки производится косвенным методом по времени работы и паспортным характеристикам насосов и воздуходувных агрегатов.

Расходы и характеристики сточных вод на ОСК приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Расходы и характеристики сточных вод на ОСК за последние два года

| | | | І очередь | ІІ очередь |
|------------------------------------|---------|---------------------|-----------|------------|
| Ежедневный объем сточных вод | Средний | м ³ /сут | 117 200 | 104 800 |
| | Мин. | м ³ /сут | 87 500 | 82 500 |
| | Макс. | м ³ /сут | 182 500 | 142 500 |

| Определяемая характеристика | Ед. изм. | ВХОД | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | | средний | | минимум | | максимум | |
| | | І оче- редь | ІІ оче- редь | І оче- редь | ІІ оче- редь | І оче- редь | ІІ оче- редь |
| <i>t</i> летом зимой | °С | 23 15 | | 12,5 | 13 | 26 | 26 |
| рН | ед. | 7,45 | 7,56 | 7,03 | 7 | 8,53 | 8,06 |
| ХПК | мг/дм ³ | 448,6 | 383,2 | 140 | 88 | 1010 | 550 |
| БПК ₅ | мг/дм ³ | 164,5 | 162,2 | 91,2 | 98 | 316,2 | 243,6 |
| Азот аммония | мг/дм ³ | 20,82 | 25,51 | 13,23 | 18,67 | 26,4 | 34 |
| Азот нитритов | мг/дм ³ | 0,015 | 0,015 | н/о | н/о | 0,062 | 0,238 |
| Азот нитратов | мг/дм ³ | 0,105 | 0,086 | н/о | н/о | 0,166 | 1,37 |
| Фосфаты | мг/дм ³ | 7,12 | 8,92 | 3,15 | 3,591 | 10,4 | 12,03 |
| Взвешенные ве- щества | мг/дм ³ | 191,1 | 214,4 | 133 | 116 | 265 | 284,5 |

| Определяемая характеристика | Ед. изм. | ВЫХОД | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | | средний | | минимум | | максимум | |
| | | I очередь | II очередь | I очередь | II очередь | I очередь | II очередь |
| t летом зимой | °С | 23 15 | | 12,5 | 14 | 26 | 26 |
| рН | ед. | 7,69 | 7,57 | 7,30 | 7,11 | 7,99 | 7,86 |
| ХПК | мг/дм ³ | 48,2 | 42,55 | 26,0 | 15,8 | 86,0 | 86,0 |
| БПК ₅ | мг/дм ³ | 5,87 | 5,03 | 2,4 | 2,5 | 26,0 | 21,0 |
| Азот аммония | мг/дм ³ | 3,0 | 0,628 | 0,04 | 0,2 | 10,27 | 2,80 |
| Азот нитритов | мг/дм ³ | 0,2 | 0,044 | 0,01 | 0,01 | 0,38 | 0,19 |
| Азот нитратов | мг/дм ³ | 7,01 | 18,72 | 0,83 | 6,56 | 17,93 | 25,11 |
| Фосфаты | мг/дм ³ | 4,22 | 7,35 | 0,96 | 2,32 | 10,03 | 10,67 |
| Взвешенные вещества | мг/дм ³ | 13,1 | 13,7 | 6,4 | 4,1 | 49,0 | 88,1 |

| Определяемая характеристика | Ед. изм. | Аэротенки | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | | средний | | минимум | | максимум | |
| | | I очередь | II очередь | I очередь | II очередь | I очередь | II очередь |
| О ₂ раств. | мг/дм ³ | 3,42 | 5,15 | 1,0 | 1,0 | 9,4 | 12,9 |
| Ил по массе | г/дм ³ | 2,12 | 3,33 | 0,71 | 1,17 | 4,48 | 8,28 |
| Ил по объему | см ³ /дм ³ | 48,2 | 42,55 | 26,0 | 15,8 | 86,0 | 86,0 |
| Иловый индекс | см ³ /г | 233 | 222 | 125 | 110 | 497 | 309 |

Выполнение задания

На основе исходных данных можно сделать вывод о необходимости осуществления реконструкции действующих ОСК с целью осуществления мероприятий по энергосбережению, основными из которых являются:

- подбор оптимальной мощности электродвигателей воздуходувных агрегатов;
- оснащение системами частотного регулирования электропривода.

Занятие 7. Расчеты требуемого количества воздуха на сооружениях при реконструкции ОСК

Произвести расчеты требуемого количества воздуха на сооружениях ОСК при осуществлении реконструкции.

Исходные данные

Из занятия №6.

Выполнение задания

Удельный расход воздуха для аэротенков ОСК определяем по формуле (61) СНиП 2.04.03– 85

$$Q_{air} = \frac{q_O(L_{en} - L_{ex})}{K_1 K_2 K_T K_3 (C_a - C_O)}, \quad (3)$$

- где Q_o – удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК_{полн},
– $Q_o = 1,1$ мг/мг;
 L_{en}, L_{ex} – величины БПК_{полн} сточных вод на входе и выходе из аэротенков;
 K_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка f_{az}/f_{at} по табл. 42 СНиП, при $f_{az}/f_{at}=0,1$ $K_1=1,47$;
 K_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов h_a и принимаемый по табл. 43 СНиП, $K_2=2,52$;
 K_T – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, который следует определять по формуле

$$K_T=1+0,02(T_w-20); \quad (4)$$

- здесь T_w – среднемесячная температура воды в летний период, °С, при $T_w=20^\circ\text{C}$, $K_T=1$;
 K_3 – коэффициент качества воды, принимаемый для городских сточных вод 0,85;
 C_a – растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л, определяемая по формуле

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6} \right) C_T; \quad (5)$$

- здесь h_a – глубина погружения аэратора, м;
 C_T – растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры и атмосферного давления, принимаемая по справочным данным, $C_T=9,02$ мг/л;
 C_o – средняя концентрация в аэротенке по СНиП, $C_o=2$ мг/л.
Из формулы (5) при $h_a=4,3$ м получим

$$C_a = \left(1 + \frac{4,3}{20,6} \right) 9,02 = 10,9 \text{ мг/л.}$$

С учетом коэффициента пересчета, равного 1,3, среднее значение БПК_{полн} сточных вод на входе в аэротенки первой очереди составит $L_{en}=213,5$ мг/л при БПК₅=164,5 мг/л, на выходе из аэротенков $L_{ex}=7,6$ мг/л при БПК₅=5,87 мг/л (см. табл. 3).

Величина удельного расхода воздуха для аэротенков 1-й очереди, рассчитанная по (3), составит

$$q_{air}^1 = \frac{1,1(213,5 - 7,6)}{1,47 \cdot 2,52 \cdot 1 \cdot 0,85(10,9 - 2,0)} = \frac{226,49}{28,02} = 8,08 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

При среднечасовом расходе сточных вод на 1 очереди

$$q_{\text{час}}^1 = \frac{117200}{24} = 4883 \text{ м}^3/\text{ч},$$

требуемый расход воздуха составит

$$Q_{\text{в}}^1 = q_{\text{час}}^1 q_{\text{air}}^1 = 4883 \cdot 8,08 = 39457 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для аэротенков второй очереди среднее значение БПК_{полн} на входе составит $L_{\text{en}}=210,9$ мг/л при БПК₅=162,2 мг/л, на выходе $L_{\text{ex}}=6,5$ мг/л при БПК₅=5,03 мг/л (см. табл.3).

Величина удельного расхода воздуха для аэротенков 2-й очереди, рассчитанная по (3), составит

$$q_{\text{air}}^2 = \frac{1,1(210,9 - 5,03)}{1,47 \cdot 2,52 \cdot 1 \cdot 0,85(10,9 - 2,0)} = \frac{226,46}{28,02} = 8,08 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

При среднечасовом расходе сточных вод на 2 очереди

$$q_{\text{час}}^2 = \frac{104800}{24} = 4367 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Требуемый расход воздуха составит

$$Q_{\text{в}}^2 = q_{\text{час}}^2 q_{\text{air}}^2 = 4367 \cdot 8,08 = 35283 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарный требуемый расход воздуха на все аэротенки ОСК

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{в}}^1 + Q_{\text{в}}^2 = 39457 + 35283 = 74\,740 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарная подача воздуходувок ТВ 300/1,6 и ТГ-750 при противодействии 0,06 МПа составляет 63 000 м³/ч (рис. 7 и 8).

При меньших значениях противодействия (0,03–0,04 МПа), что фактически имеет место на ОСК, указанные воздуходувки способны подавать не менее 80–85 тыс. м³/ч, что обеспечивает потребность аэротенков ОСК в воздухе.

Занятие 8. Подбор оборудования для реконструкции воздуходувных станций ОСК

Осуществить подбор оборудования для реконструкции воздуходувных станций ОСК.

Исходные данные

Из занятия №6.

Выполнение задания

Существующую рабочую воздуходувку ТГ-750 с подачей 45 000 м³/ч, избыточным напором до 6 м и мощностью электродвигателя $N=1250$ кВт предлагается заменить на 2 воздуходувки фирмы Robuschi GRBS-CRBS с

компрессорным блоком RBS-225. При расходе $Q_B=24870$ м³/мин и противо-давлении $p=0,04$ МПа мощность электродвигателя 1 воздуходувки составляет $N_1=400$ кВт (рис.7).

Существующую рабочую воздуходувку ТВ 300/1,6 с подачей 18 000 м³/ч, избыточным напором до 6 м и мощностью электродвигателя $N'=400$ кВт предлагается заменить на 1 воздуходувку фирмы Robuschi GRBS и CRBS с компрессорным блоком RBS-225. При расходе $Q_B=21000$ м³/ч и избыточном давлении $p=0,04$ МПа мощность электродвигателя воздуходувки составит $N_1=315$ кВт.

Технические характеристики предлагаемых воздуходувок приведены на рис. 7.

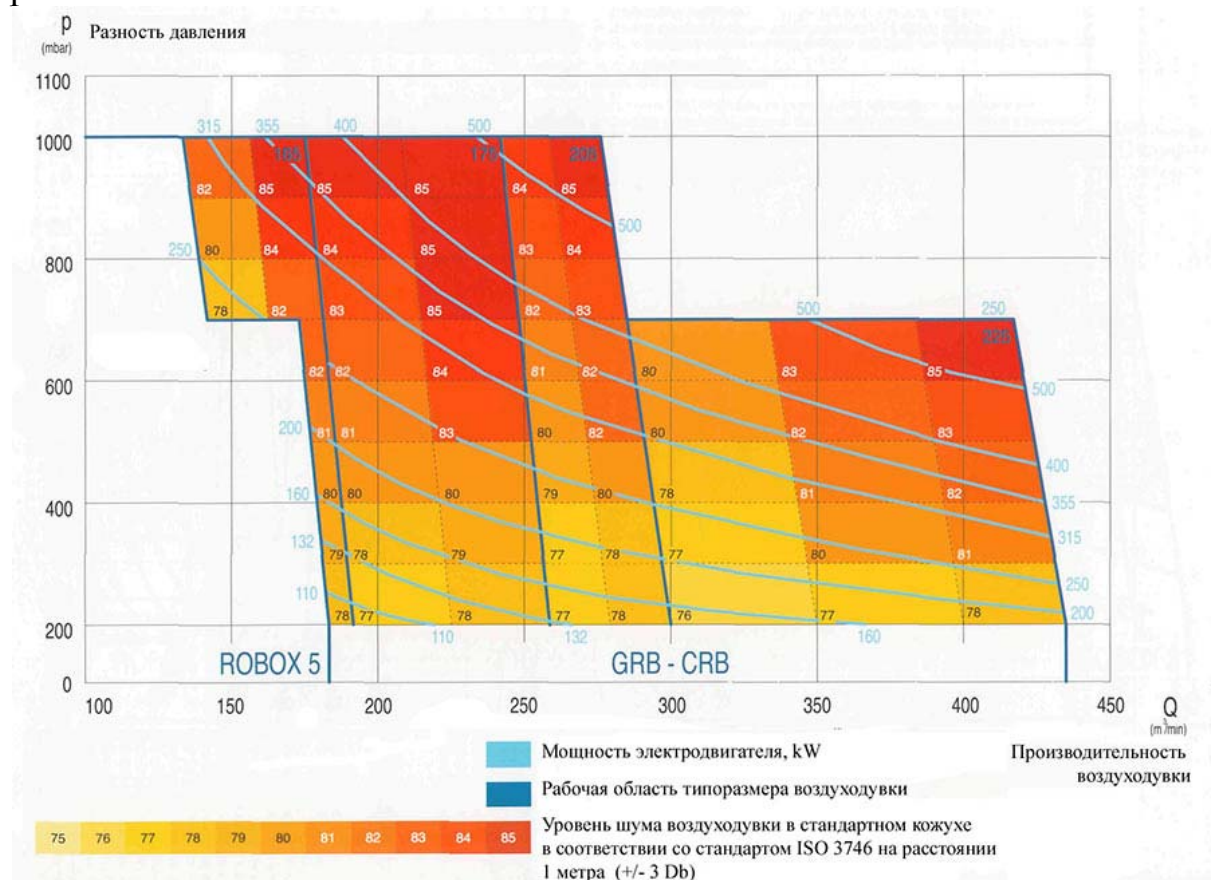


Рис. 7. Характеристика воздудувок CRBS и GRBS

При круглосуточной работе время работы воздудувок за год составит

$$t_{\text{год}}=24 \cdot 365=8760 \text{ ч.}$$

Экономия электроэнергии при замене двух существующих воздудувок ТВ 300/1,6 и ТГ-750 на 4 воздудувки Robuschi (с учетом увеличения производительности ОСК г. Н на 30 %) составит

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E} &= (N + 2N' - 2N_1 - 2N_2) \cdot t_{\text{год}} = (1250 + 2 \cdot 400 - 2 \cdot 400 - 2 \cdot 315) \cdot 8760 = \\ &= 620 \cdot 8760 = 5431200 \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \end{aligned}$$

Средний годовой расход сточных вод на 1-й и 2-й очередях ОСК г. Н (см. табл. 2) с учетом его увеличения на 30% в перспективе

$$Q_{\text{год}} = 1,3(117200 + 104800) \cdot 365 = 105\,339\,000 \text{ м}^3.$$

Удельная экономия электроэнергии от внедрения новых воздуходувок составит

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{\Delta \mathcal{E}}{Q_{\text{год}}} = \frac{5431200}{105339000} = 0,052 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3.$$

Так как часовой коэффициент неравномерности поступления сточных вод на ОСК достигает значения $K_{\text{час}} = 1,2$, для большей экономии электроэнергии рекомендуется оснащать электродвигатели воздуходувок частотными преобразователями.

Занятие 9. Реконструкция канализационных насосных станций (КНС)

Произвести анализ работы действующих КНС. В случае необходимости предложить варианты реконструкции, осуществить необходимые расчеты.

Исходные данные

На КНС поступают сточные воды из шести районов города. Стоки перекачиваются на ОСК. В работе находится 1 насос СДВ 2700/26,5, в резерве – насосы СДВ 2700/26,5 – 3 шт. и ФГ 800/32 – 2 шт. Расходомеры на КНС отсутствуют. В режиме максимальной подачи насосы работают 9–10 ч в сутки, остальное время – с дросселированием задвижек и открытой байпасной линией.

Данные для расчета насосов КНС:

- длина трубопровода от КНС до ОСК $l = 2\,842 \text{ м}$;
- в том числе длина участка $d\,1200$ $l_1 = 267 \text{ м}$;
длина участка $d\,1400$ $l_1 = 2\,575 \text{ м}$;
- геометрическая отметка верха приемной камеры ОСК $Z_1 = 144,7 \text{ м}$;
- геометрическая отметка оси насоса ЛГНСК $Z_n = 128,5 \text{ м}$;
- материал трубопровода – сталь.

По данным организации, осуществлявшей эксплуатацию КНС, рабочий насос СДВ 2700/26,5 на КНС должен подавать сточные воды с расходом $Q = 2\,700 \text{ м}^3/\text{ч}$ при максимальных значениях к.п.д.

Выполнение задания

Характеристика трубопровода ($Q-H_{\text{тр}}$) строится по следующей зависимости

$$H = H_r + SQ^2 = H_r + \Delta h, \quad (6)$$

- где H – требуемый напор в конце трубопровода, м;
 H_r – геометрический напор, м;
 S – сопротивление трубопровода, $\text{с}^2/\text{м}^5$;
 Q – расход, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $\Delta h = SQ^2$ – потери напора в трубопроводе, м.

Сопротивление трубопровода определяется по формуле

$$S = K \cdot A \cdot l = K \sum_{i=1}^n A_i \cdot l_i, \quad (7)$$

- где A – удельное сопротивление, $\text{с}^2/\text{м}^6$;
 l – длина трубопровода, м;
 A_i – удельное сопротивление i -го участка, $\text{с}^2/\text{м}^6$;
 l_i – длина i -го участка трубопровода, м;
 K – коэффициент запаса на неквадратичность сопротивления, коррозию и отложения в трубах, $K=1,5$.

Величина удельного сопротивления A определяется по таблицам Ф.А. Шевелева.

Для труб d 1200 $A_1=0,00065$, для труб d 1400 $A_2=0,00029$.

Суммарное сопротивление двух участков

$$S=1,5(A_1 \cdot l_1 + A_2 \cdot l_2) = 1,5 (0,00065 \cdot 267 + 0,00029 \cdot 2\,575) = 1,38 \text{ с}^2/\text{м}^5.$$

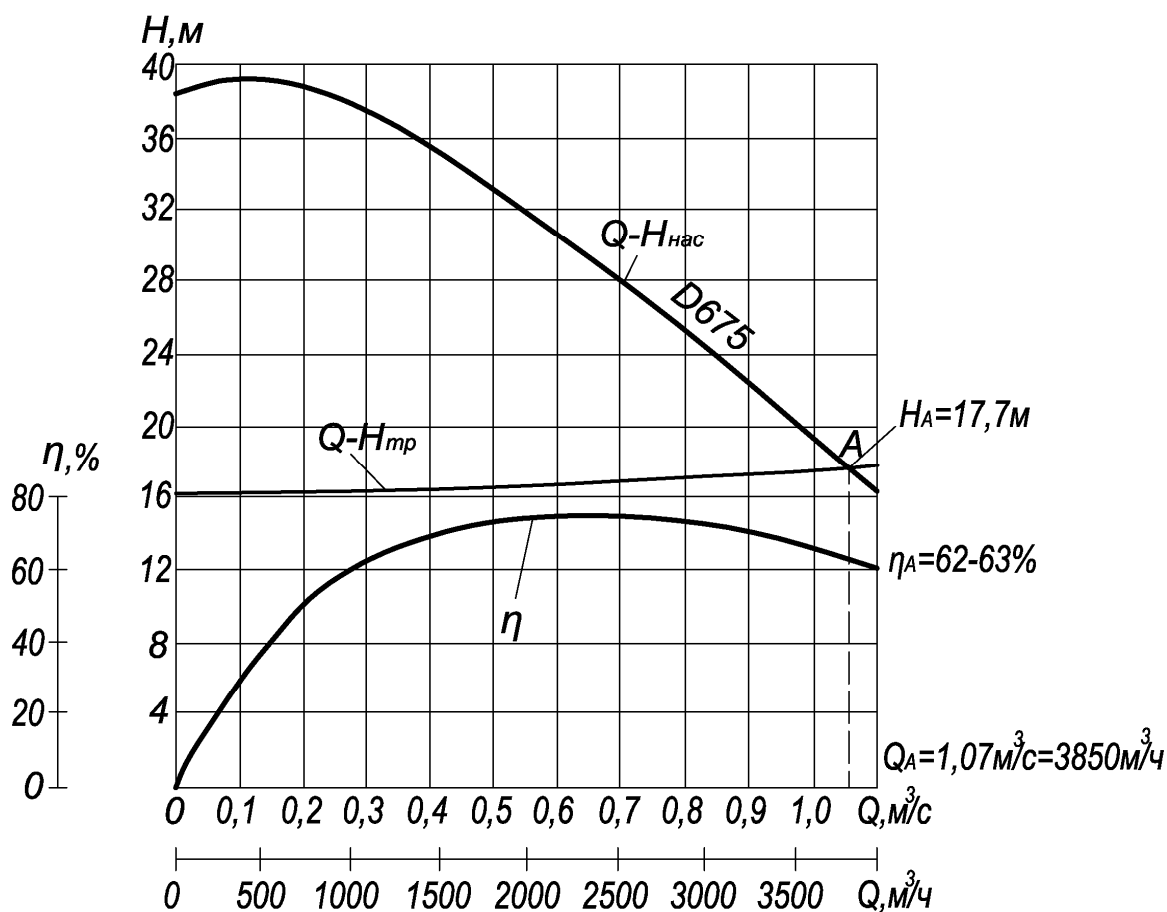


Рис. 8. Совместные характеристики трубопровода и насоса СДВ 2700/26,5

Построим характерные точки для трубопровода.

Геометрическая высота подъема воды

$$H_{\Gamma} = Z_1 - Z_{\text{н}} = 144,7 - 128,5 = 16,2 \text{ м.}$$

Определяем потери напора и требуемый напор по формуле (6)

| | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| При $Q_1 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ | $\Delta h_1 = 0,12 \text{ м}$ | $H_1 = 16,32 \text{ м}$ |
| $Q_2 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$ | $\Delta h_2 = 0,5 \text{ м}$ | $H_2 = 16,7 \text{ м}$ |
| $Q_3 = 0,9 \text{ м}^3/\text{с}$ | $\Delta h_3 = 1,1 \text{ м}$ | $H_3 = 17,3 \text{ м}$ |
| $Q_4 = 1,1 \text{ м}^3/\text{с}$ | $\Delta h_4 = 1,6 \text{ м}$ | $H_4 = 17,8 \text{ м}$ |

По данным точкам (Q_i, H_i) строим характеристику трубопровода и определим параметры точки пересечения кривых $Q-H_{\text{тр}}$ и $Q-H_{\text{насоса}}$ (точка А, см. рис. 8)

$$H_A = 17,7 \text{ м}, Q_A = 3850 \text{ м}^3/\text{с}, \eta = 62-63\%.$$

Фактически насос работает с завышенным расходом, низким к.п.д., и, следовательно, нерациональным энергопотреблением.

Предлагаемые варианты реконструкции

1 вариант. Замена насоса СДВ 2700/26,5 с мощностью электродвигателя $N=400 \text{ кВт}$ на насос фирмы Wilo марки FA 50.98 V, характеристики которого представлены на рис. 9.

Фекальные насосы

740 мин⁻¹
FA 50.98V

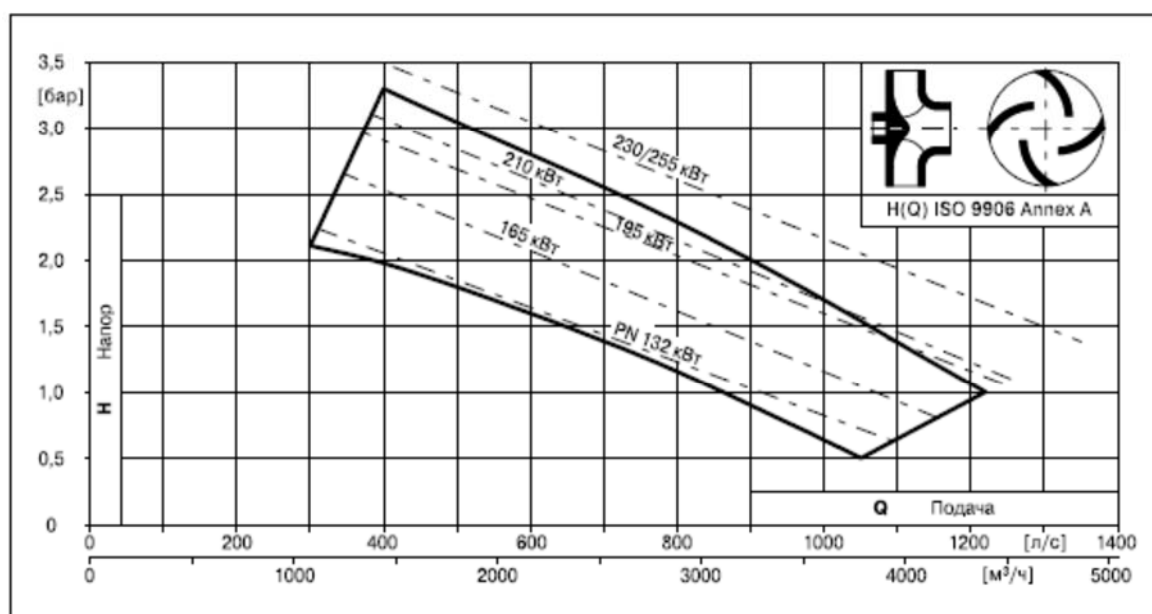


Рис. 9. Характеристика фекального насоса Wilo марки FA 50.98 V

Установка насоса – сухая с вертикальным валом.

При $Q_{\text{ф}}=3\ 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H_{\text{ф}}=17,5 \text{ м}$ рекомендуемая мощность двигателя насоса Wilo $N_1=230 \text{ кВт}$, $n=740 \text{ мин}^{-1}$ (с учетом возможного увеличения производительности станции на 30%).

Годовая экономия электроэнергии

$$\Delta \mathcal{E} = (N - N_1) t_{\text{год}}, \quad (8)$$

где $t_{\text{год}}$ – расчетное время работы насосов СДВ 2700/26,5 на КНС,
 $t_{\text{год}}=8000 \text{ час}$.

По 1 варианту

$$\Delta \mathcal{E} = (400 - 230) \cdot 8\,000 = 1\,360\,000 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

2 вариант. Замена насоса СДВ 2700/26,5 на насос фирмы Grundfos марки S3.145.500.2500.10.L806. При $Q_{\phi} = 3\,500 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H_{\phi} = 17,5 \text{ м}$ рекомендуемая мощность двигателя насоса Grundfos $N_1 = 250 \text{ кВт}$, $n = 593 \text{ мин}^{-1}$, характеристики которого представлены на рис. 10.

S 78, низкое давление, 10-полюсный

S3.145.500.1600, S3.145.500.2000, S3.145.500.2500, S3.145.500.3150 и S3.145.500.3500

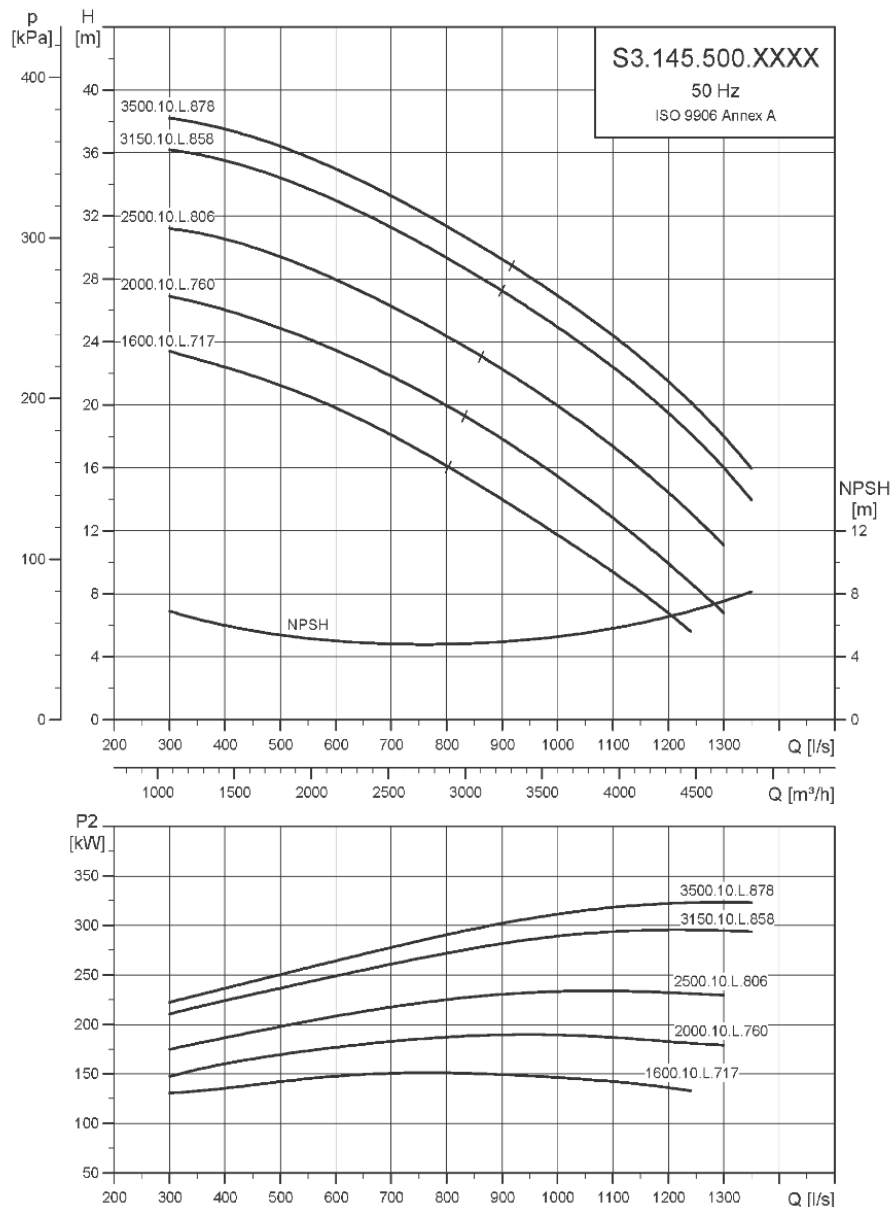


Рис. 10. Характеристика насоса Grundfos марки S3.145.500.2500.10.L806

Установка насоса – сухая горизонтальная.

Годовая экономия электроэнергии по (8) для второго варианта составит:

$$\Delta \mathcal{E} = (400 - 250) \cdot 8\,000 = 1\,200\,000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Так как поступление сточных вод на КНС в течение суток неравномерное, то насосы рекомендуется оснащать частотными преобразователями.

Ориентировочный режим работы насосов КНС:

- максимальная подача ($Q_{\text{ф}} = 2\,700 \text{ м}^3/\text{ч}$, $K = 1$) – 9–10 ч в сутки;
- сниженная подача $K = 0,8-0,9$ – 10 ч в сутки;
- минимальная подача $K = 0,5-0,7$ – 4-5 ч в сутки.

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Тема 1. Реконструкция систем и сооружений водоснабжения

Занятие 1. Произвести анализ работы действующих ОСВ. В случае необходимости, предложить варианты реконструкции.

Исходные данные

Производительность ОСВ составляет 56 тыс.м³/сут, из них: первая–третья очереди – по 24 тыс.м³/сут (1000 м³/ч) каждая; четвертая очередь – 75 тыс.м³/сут.

Очистные сооружения состоят из 5 блоков. Блоки №№ 1-3 включают распределительную камеру, вихревой железобетонный смеситель, осветлители (10 шт.), скорые фильтры с крупнозернистой загрузкой (18 шт.). Блоки №№ 4–5 каждый в своем составе имеют: вертикальный вихревой смеситель, осветлители со слоем взвешенного осадка (12 шт.), скорые фильтры (12 шт.).

Питьевая вода после фильтров из блоков №№ 1, 2, 3 поступает в резервуары чистой воды – $V=300$ м³, $V=1000$ м³, $V=1500$ м³, из блоков №№ 4, 5 – в резервуары $V=2\times 2000$ м³ и $V=6000$ м³. В резервуар $V=6000$ м³.

На территории площадки ОСВ находятся здания реагентного хозяйства и хлораторная.

Занятие 2. Осуществить расчеты по повышению эффективности работы фильтров с применением водовоздушной промывки

Исходные данные

На ОСВ площадь скорых фильтров составляет для 1 блока от 15 до 20 м² (6 фильтров), для 2 блока от 30 до 35 м² (4 фильтра), для 3 блока от 32 до 33 м² (4 фильтра), для 4 и 5 блоков – по 40 м² (4 фильтра). Высота фильтров $H=6$ м. Интенсивность промывки фильтров составляет 15-17 л/с·м², время промывки 6-10 минут (по сезонам года). Количество промывок в сутки для каждого фильтра – 1. Промывная вода подается насосом Д 2500-62 ($Q_H=2500$ м³/ч, $H_H=62$ м), расположенным в насосной станции второго подъема. Мощность двигателя насоса 500 кВт. Подача насоса может изменяться за счет дросселирования задвижки на напорном трубопроводе.

Занятие 3. Выполнить подбор оборудования для водовоздушной промывки фильтров при реконструкции ОСВ

Исходные данные

Из расчетов занятий №1, 2.

Занятие 4. Проанализировать работу системы промывки фильтра, осуществить расчеты, необходимые для реконструкции

Исходные данные

Для возврата промывной воды фильтров в голову очистных сооружений на очистных сооружениях установлен насос марки К 200/18. Насос забирает грязную промывную воду из резервуара и под давлением подает ее в трубопровод исходной сырой воды.

Данные для расчета насоса:

- длина напорного трубопровода от насоса до точки врезки в трубопровод d 1200, подающий сырую воду на ОСВ – $l=150$ м;
- отметка низа всасывающей трубы насоса – $Z_n=160,05$ м;
- отметка оси трубы для подачи сырой воды на ОСВ в точке врезки – $Z_{вр}=162,25$ м;
- давление в трубопроводе сырой воды до в точке врезки – $p=1,7$ атм;
- диаметр напорного трубопровода от насоса до точки врезки в трубу d 1200 – 500 мм

Занятие 5. Произвести анализ работы насосной станции второго подъема. В случае необходимости предложить варианты реконструкции, осуществить необходимые расчеты.

Исходные данные

На насосную станцию 2-го подъема установлены 4 насоса 20 НДС, один насос Д 3200-75, пять насосов Д 1250-125 и два насоса марки 32Д19 (для промывки скорых фильтров). Насос 20 НДС подает воду в сеть нижней подзоны правого берега р. Суры по двум водоводам d 800 мм и d 900 мм. Производительность насоса 20 НДС составляет 2700 м³/ч, напор 39 м, электродвигатель мощностью 400 кВт, время работы – 24 часа в сутки. Два насоса Д 1250-125 работают постоянно (24 часа в сутки) для подачи воды в напорно-регулирующие резервуары средней зоны (Арбеково). Производительность насосов Д 1250-125 составляет 1250 м³/ч, напор 125 м, электродвигатель каждого насоса имеет мощность 630 кВт. Кроме того, для подачи воды в среднюю зону дополнительно подключается еще два насоса со временем работы от 6 до 12 часов в сутки. Задвижки на станции не дросселируются.

Тема 2. Реконструкция систем и сооружений водоотведения

Занятие 6. Очистные сооружения канализации состоят из двух очередей.

Проектный общий суточный расход сточных вод составляет 150 тыс. м³/сут. На ОСК первой очереди установлены 4 механические дуговые решетки, 3 горизонтальные песколовки, 5 первичных отстойников радиального типа, 6 вторичных отстойников радиального типа, 2 илоуплотнителя радиального типа, 4 секции четырехкоридорных аэротенков с аэраторами из полимерных перфорированных труб. Подача воздуха производится 1 воздуходувкой ТВ-200/1,12 и 1 воздуходувкой ТГ-500.

Проектный общий суточный расход сточных вод второй очереди составляет 70 тыс. м³/сут.

На ОСК второй очереди установлены 3 механические дуговые решетки, 2 двухсекционные аэрируемые песколовки, 4 первичных отстойника радиального типа, 4 вторичных отстойника радиального типа, 2 илоуплотнителя

радиального типа, 3 четырехкоридорных аэротенка с аэраторами из полимерных перфорированных труб. Подача воздуха так же, как и для аэротенков ОСК первой очереди производится 1 воздуходувкой ТВ-200/1,4 и 1 воздуходувкой ТГ-500.

На ОСК г. Н отсутствуют доочистка и обеззараживание очищенной сточной воды. Также отсутствует обработка осадка.

Измерение расходов воздуха и сточных вод на разных этапах очистки производится косвенным методом по времени работы и паспортным характеристикам насосов и воздуходувных агрегатов.

Расходы и характеристики сточных вод на ОСК г. Н приведены в табл. 2.

Занятие 7. Произвести расчеты требуемого количества воздуха на сооружениях ОСК при осуществлении реконструкции

Исходные данные

Из занятия №6.

Занятие 8. Осуществить подбор оборудования для реконструкции воздуходувных станций ОСК.

Исходные данные

Из занятия №6.

Занятие 9. Произвести анализ работы действующих КНС. В случае необходимости предложить варианты реконструкции, осуществить необходимые расчеты.

Исходные данные

На КНС поступают сточные воды трех районов города. Стоки перекачиваются на ОСК. В работе находится 1 насос ФГ 800/32, в резерве – насосы ФГ 800/32 – 4 шт., СД 160/10 – 1 шт. Расходомеры отсутствуют. В режиме максимальной подачи насосы работают 9–10 часов в сутки, остальное время с дросселированием задвижек.

Исходные данные для расчета насосов КНС:

- длина трубопровода от КНС до ОСК $l=2900$ м;
- в том числе длина участка d 900 $l_1=900$ м;
- длина участка d 1000 $l_2=2000$ м;
- геометрическая отметка верха приемной камеры ОСК $Z_1=145,3$ м;
- геометрическая отметка оси насоса КНС $Z_н=131,2$ м;
- материал труб – чугун, сталь.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Павлинова, И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник для бакалавров [Текст] / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2015.
2. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение [Текст]: учебник для вузов / Н.Н. Абрамов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Интеграл, 2014.
3. Орлов, В.А. Водоснабжение [Текст]: учебник / В.А. Орлов, Л.А. Квитка. – М.: ИНФРА-М, 2015.
4. Фрог, Б.Н. Водоподготовка [Текст]: учебник для вузов / Б.Н. Фрог, А.Г. Первов. – М.: АСВ, 2014.
5. Воронов, Ю.В. Водоотведение [Текст]: учеб. издание / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, Е.А. Пугачев. – М.: АСВ, 2014.
6. Орлов В.А. Бестраншейные технологии [Текст]: учебник / В.А. Орлов, И.С. Хантаев, Е.В. Орлов. – М.: АСВ, 2011.
7. Белоконев, Е.Н. Водоотведение и водоснабжение [Текст]: учебное пособие для бакалавров / Е.Н. Белоконев, Т.Е. Попова, Г.Н. Пурас. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2012.
8. Татура, А.Е. Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Татура. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2003.
9. Краснов, В.И. Реконструкция трубопроводных инженерных сетей и сооружений [Текст]: учеб. пособие / В.И. Краснов. – М.: ИНФРА-М, 2008.
10. Саломеев, В.П. Реконструкция инженерных систем и сооружений водоотведения [Текст]: моногр. / В.П. Саломеев. – М.: АСВ, 2009.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ..... | 3 |
| 1. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ | 5 |
| 2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ | 27 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 30 |

Учебное издание

Сафронов Максим Александрович

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Методические указания
к практическим работам
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Редактор Н.Ю. Шалимова
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 14.09.2016. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,86. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 80 экз.
Заказ № 576.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.