

После проведения ряда комплексных вычислений получены графики (рис. 3) с границами затопления территории ниже гидроузла для левого и правого берега в различные моменты времени при нарастании и спаде расхода (в зависимости от гидрографа паводковых расходов рассматриваемой реки).

Литература

1. Щедрин, В. Н. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланов, О. А. Баев, Е. Д. Михайлов // Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 283 с.
2. ТКП 45-3.04-169-2009 (02250). Гидротехнические сооружения. Строительные нормы проектирования // Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь.– Мн, 2011 – 74 с.
3. Калинин, М. Ю. Водохранилища Беларуси: Справочник / М. Ю. Калинин [и др.]. – Минск, 2005. – 183 с.
4. Грушевский, М. С. Волны попусков и паводков в реках. // Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 336 с.
5. Klohn-Crippen. Red River one-dimensional unsteady flow model: final report submitted to International Joint Commission // Richmond (British Columbia), 1999. May. – 88 pp.
6. Ahmad S., Simonovic S.P. Comparison of One-Dimensional and Two-Dimensional Hydrodynamic Modeling Approaches for Red River Basin, final report to International Joint Commission // Winnipeg: University of Manitoba, 1999. December. – 52 pp.
7. Веремеюк, В. В. Приближенная методика расчета затопления поймы реки при экстремальных попусках из водохранилища в период половодья / В. В. Веремеюк, В. В. Ивашечкин, Я. А. Семенова, О. В. Немеровец // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – с. 67–74.

УДК 628.1

Методика расчета снижения энергопотребления на водозаборах подземных вод в результате регенерации скважин и замены закольматированных трубопроводов

Крицкая В. И.¹, Ивашечкин В. В.¹, Шейко А. М.², Назаров И. И.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²ОАО «Белгорхимпром»

Минск, Республика Беларусь

Существенное снижение энергопотребления на водозаборах подземных вод может быть достигнуто путем проведения ряда мероприятий: 1) регенерации фильтров снизивших дебит скважин; 2) промывки или замены закольцованных трубопроводов.

Регенерация скважин. Регенерация скважины позволяет удалить загрязнения из фильтра и его прифильтровой зоны, увеличить пропускную способность фильтра. За счет снижения потерь напора в фильтре, происходит повышение динамического уровня в скважине при работе насоса и уменьшается его геометрический напор H_{Γ} . Снижение геометрического напора ΔH_{Γ} в результате регенерации скважины можно определить по формуле

$$\Delta H_{\Gamma} = H_{\Gamma 1} - H_{\Gamma 2} = (H_{\text{ст}} + S_1) - (H_{\text{ст}} + S_2), \quad (1)$$

где $H_{\Gamma 1}$, $H_{\Gamma 2}$ – геометрические напоры насоса, соответственно, до и после регенерации, м²/ч; $H_{\text{ст}}$ – величина статического уровня воды в скважине; S_1 , S_2 – понижения уровня воды в скважине относительно статического до и после регенерации: $S_1 = Q/q_1$; $S_2 = Q/q_2$ (Q – дебит скважины, м³/ч; q_1 , q_2 – удельные дебиты скважины, соответственно, до и после регенерации, м²/ч).

Окончательно снижение геометрического напора насоса ΔH_{Γ} в результате регенерации скважины можно найти по формуле

$$\Delta H_{\Gamma} = Q \left(\frac{1}{q_1} - \frac{1}{q_2} \right). \quad (2)$$

Тогда снижение гидравлической энергии, передаваемой насосом жидкости, рассчитывается по формуле [1]

$$\Delta P_W = \frac{Q \Delta H_{\Gamma} \rho}{367000}, \quad (3)$$

где ΔP_W – снижение гидравлической мощности [2, 3], передаваемой насосом, кВт; ρ – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³.

Снижение электрической мощности насоса рассчитывается по формуле

$$\Delta P_e = \frac{\Delta P_W}{\eta_p \eta_M}, \quad (4)$$

где η_p – КПД насоса; η_M – КПД двигателя.

Экономический эффект C при работе насоса со сниженным напором

$$C = \Delta P_e T c_3, \quad (5)$$

где T – время работы насоса, ч; c_3 – стоимость, кВт/ч.

Промывка (замена) закольцованных трубопроводов. Контроль состояния линий подключения скважин к сборным водоводам и участков сборных водоводов включает в себя замеры их гидравлического сопротивления с помощью манометрической съемки, определение значения удельного сопротивления и сравнение с табличными значениями, взятым для новой трубы.

Измеренные фактические потери напора $\Delta h_{\text{факт}}$ при расходе Q определяют по формуле

$$\Delta h_{\text{факт}} = (M_1 + z_1) - (M_2 + z_2), \quad (6)$$

где z_1 и z_2 – геодезические отметки точек, в которых установлены манометры, м; M_1 и M_2 – показания манометров, м.

Теоретические потери напора $\Delta h_{\text{теор}}$ определяют по зависимости

$$\Delta h_{\text{теор}} = (A L) Q^2, \quad (7)$$

где A – табличное значение удельного сопротивления участка трубы, $\text{с}^2/\text{м}^6$; L – длина участка, м; Q – расход воды в трубе, $\text{м}^3/\text{с}$.

При большом расхождении значений $\Delta h_{\text{факт}}$ и $\Delta h_{\text{теор}}$ принимают решение о регенерации (замене) трубы. После выполнения мероприятий находят величину достигнутого снижения потерь напора

$$\Delta h_{\text{дост}} = \Delta h_{\text{факт}} - \Delta h_{\text{теор}}. \quad (8)$$

Снижение электрической мощности и экономический эффект C вычисляют по ГОСТ с использованием формул (4), (5).

Пример. Предложенная методика расчета снижения энергопотребления была применена на водозаборе Петровщина г. Минск. Регенерация производилась на скважине № 13б. Значения удельного дебита q_1 и q_2 скважины соответственно равны $2,45 \text{ м}^2/\text{ч}$ и $3,13 \text{ м}^3/\text{ч}$. Снижение геометрического напора ΔH_r (2) составило 5,67 м. При дебите скважины $Q = 64 \text{ м}^3/\text{ч}$ разница гидравлической мощности P_W (3) до и после регенерации составила 0,99 кВт. При значениях КПД насоса η_p ЭЦВ 8-65-70, равному 78 % и

КПД двигателя η_M того же насоса равному 84 % снижение электрической мощности насоса $\Delta P_e = 1,5$ кВт.

На линии подключения скважины № 10б к сборному водоводу потеря напора $\Delta h_{\text{факт}}$ (5) при расходе $Q = 63,1$ м³/ч составляла 12,58 м, а теоретические потери напора $\Delta h_{\text{теор}}$ (6) были равны 0,33 м. Из-за большого расхода значений $\Delta h_{\text{факт}}$ и $\Delta h_{\text{теор}}$ было принято решение заменить трубу. Разница гидравлической мощности P_W (3) до и после регенерации составила 2,1 кВт. При значениях КПД насоса η_p wilo K85-3+NU501-2/22 равному 74 % и КПД двигателя η_M того же насоса равному 83,1 % снижение электрической мощности $\Delta P_e = 3,41$ кВт.

В среднем насосы на скважине № 13б и № 10б работают 14 часов в сутки, за полгода количество отработанных часов равно 2520 часов. Для определения полугодового экономического эффекта \mathcal{E}_{ne} используем формулу (5). Полугодовой экономический эффект на двух скважинах составил 2163,1 рубля.

Это может говорить лишь о том, что правильный подбор оборудования и своевременный ремонт могут сэкономить для предприятия деньги.

Литература

1. Энергетическая эффективность. Оценка энергоэффективности насосных систем: ГОСТ 33969–2016 (ISO/ASME 14414:2015) (2017, Москва, Стандартинформ)
2. Фисенко, В. Н., Индексы энергетической эффективности группы погружных центробежных насосов, работающих с переменным профилем нагрузки в водозаборных скважинах / В. Н. Фисенко // Вода Magazine. – 2017. – № 9. – С. 24–30;
3. Фисенко, В. Н., Энергетическая эффективность насосов в системах водоснабжения и водоотведения / В. Н. Фисенко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – № 6. – С. 52–63.