

передвигаются ленты с закреплёнными щётками, которые передвигают в поперечном направлении наносы, прижимая их ко дну. Поэтому взмучивание наносов минимально. Ленты приводятся в движение тяговой лебёдкой с дизель-генератором. Если смотреть с кормы баржи, то транспортер, установленный с правой стороны, движется против часовой стрелки, а с левой стороны – по часовой. Глубина погружения судна, определяется при помощи датчиков давления. Опускание конструкции производится за счёт наполнения водой секторов днища баржи.

УДК 628.112

### Теоретическое исследование кинетики растворения кольматирующих отложений при затрубной циркуляционной регенерации скважин

Автушко П.А., Ивашечкин В.В., Машук Ю.С., Курч А.Н.  
Белорусский национальный технический университет

При регенерации скважин с затрубными системами промывки циркуляционно-реагентным способом в гравийную обсыпку по нагнетательным трубкам непрерывно подают реагент и одновременно вместе с продуктами растворения откачивают его из ствола скважины. Математическая модель процесса растворения отложений описывается системой двух уравнений: уравнение движения и сохранения массы (1) и уравнение кинетики (2):

$$\begin{cases} n_c \frac{\partial C}{\partial t} - \frac{q}{r} \frac{\partial C}{\partial r} + \rho_{oc} \frac{\partial b}{\partial t} = 0, & (1) \\ \frac{\partial b}{\partial t} = -\Phi \cdot (C_m - C), & (2) \end{cases}$$

$$\text{где } \Phi = \frac{B_i}{\rho_{oc}} \cdot f(b), \quad B_i = A_1 \cdot \left(\frac{D^4}{v}\right)^{\frac{1}{5}} \omega_0 \cdot \sqrt{\frac{v}{d_0}}, \quad A_1 \in [0,76 - 0,997], \quad f(b) = \sqrt{\frac{1 + \alpha \cdot b}{n_0 - b}}; \quad \alpha = (1 - n_0)^{-1};$$

$D$  – коэффициент молекулярной диффузии;  $v$  – кинематический коэффициент вязкости;  $v$  – средняя скорость фильтрации жидкости в зернистом слое;  $d_0$  – начальный размер частиц гравийной обсыпки;  $\omega_0, n_0, n_c$  – начальные удельная поверхность и пористость гравийной обсыпки, среднее значение пористости обсыпки;  $b$  – удельный объем отложений,  $\rho_{oc}$  – плотность отложений,  $q$  – удельный расход,  $C, C_m$  – текущая и максимальная концентрации солей в реагенте;  $t$  – продолжительность процесса растворения кольматанта,  $r$  – радиус цилиндрического сечения кольматационного кольца.

Путем интегрирования обобщенного уравнения кинетики (2) была получена аналитическая зависимость для оценки времени полной регенерации  $T_0$  слоя зерен грунта на внешнем контуре кольматационного кольца.

Для расчета продолжительности полной регенерации всей толщи

обсыпки предложено разбить период регенерации на ряд фаз последовательного выноса солей из грунта. Аналитическое решение системы уравнений, позволило рассчитать на временном участке  $t \in (0; R)$  в процессе выщелачивания концентрацию солей в реагенте  $C_1(t, r)$  и определить удельный объем отложений  $b(t)$  в точке гравийной обсыпки в любой момент времени в процессе закачки реагента. Это позволило разработать методику поэтапного расчета продолжительности регенерации до достижения требуемой степени декольматации, реализованную на ЭВМ.

УДК 620.92

### **Восстановление Саяно-Шушенской ГЭС**

Елисеев А.Е., Заяц М.А., Барскова А.С., Уляй Ю.В.  
Белорусский национальный технический университет

Рассмотрен план восстановления Саяно-Шушенской ГЭС после аварии, произошедшей в августе 2009 года. Причиной аварии является разрушение шпилек креплений крышки турбины гидроагрегата, вызванное дополнительными динамическими нагрузками переменного характера, которому предшествовало образование и развитие усталостных повреждений узлов крепления. В результате разрушения гидроагрегата произошел выброс воды из кратера турбины. Поток воды был залит машинный зал, обрушены строительные конструкции, повреждено силовое, вспомогательное оборудование, а также вышли из строя все десять гидроагрегатов. Рассмотрены три этапа восстановления.

В рамках первого этапа были устранены прямые повреждения на ГЭС, такие как восстановление электроэнергии станции и разбор завалов в машинном зале. Была восстановлена работа четырех наименее пострадавших гидроагрегатов.

На втором этапе восстановительных работ был выполнен большой объем поверочных расчетов по несущей способности конструкций здания ГЭС. На аварийных гидроагрегатах было проведено лазерное сканирование конструкций и оборудования. Полученная трехмерная модель агрегатов позволила определить центр тяжести аварийных агрегатов и выполнить проект производства их демонтажа. Разработан прогноз ледообразования на отдельных частях сооружения и мероприятия по борьбе с ними. Были выполнены мероприятия по обогреву кровли, подобраны материалы для борьбы со льдом и проведено утепление аэрационных отверстий в плотине, а также введены в эксплуатацию три дополнительных гидроагрегата.

На завершающем третьем этапе ранее восстановленные гидроагрегаты