

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА

Велиев Ильяс Гасанович, аспирант кафедры метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Ильинич Виталий Витальевич, к.т.н., профессор кафедры метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. В работе представляется и тестируется алгоритм моделирования функционирования водохранилища с помощью объектно-ориентированного программирования.

Ключевые слова: речной сток, водохранилище, моделирование.

В основу моделирования легло уравнение (1) водного баланса Краснодарского водохранилища для внутригодовых интервалов [1].

$$V_k = V_n + W_p - U - (V_{sb}), \quad (1)$$

Здесь: V_k - наполнение водохранилища к концу внутригодового интервала (i); V_n -наполнение к началу следующего интервала ($i+1$), равное наполнению V_k предыдущего интервала; W_p -приток к водохранилищу в интервале i ; U - водоотдача потребителям в интервале i ; V_{sb} – неиспользуемые сбросы воды в нижний бьеф водохранилища при условии превышения плановой водоотдачи и полезного объема водохранилища (V_{plz}). Необходимо отметить, что в виду ограниченности полезного объема водохранилища и в целом использования неравенства $0 \geq V_k \geq V_{plz}$ - решение уравнения (1) не обходится без величины фиктивного объема, когда численная величина V_k оказывается за пределами ограничений представленного неравенства в процессе расчётов. Также надо иметь в виду, что в процессе использования уравнения (1) величина U может принимать различные фактические значения U_{fact} в зависимости от так называемых противоперебойных линий диспетчерского графика наполнений водохранилища в каждом i -ом интервале [1], заранее охарактеризованных значениями $V1[i]$ и $V2[i]$, понижение наполнений ниже которых диктует и понижение плановой водоотдачи (U_{pl}) на 10% и на 20% соответственно. В таких случаях фиксируются дефициты плановой водоотдачи V_d ($V_d=0,1 \times U_{pl}$ и $V_d=0,2 \times U_{pl}$). В пределе величина V_d может достигнуть величины всей плановой водоотдачи U_{pl} , при условиях достижения нулевых запасов водохранилища (уровень мёртвого объема) и при «пересыхании» реки Кубань во входном створе водохранилища (при этом имеется в виду, что потери воды водохранилища на испарение и фильтрацию включены в величину плановой водоотдачи).

В целом, алгоритм расчетов характеристик работы Краснодарского водохранилища представлен на рисунке 1.

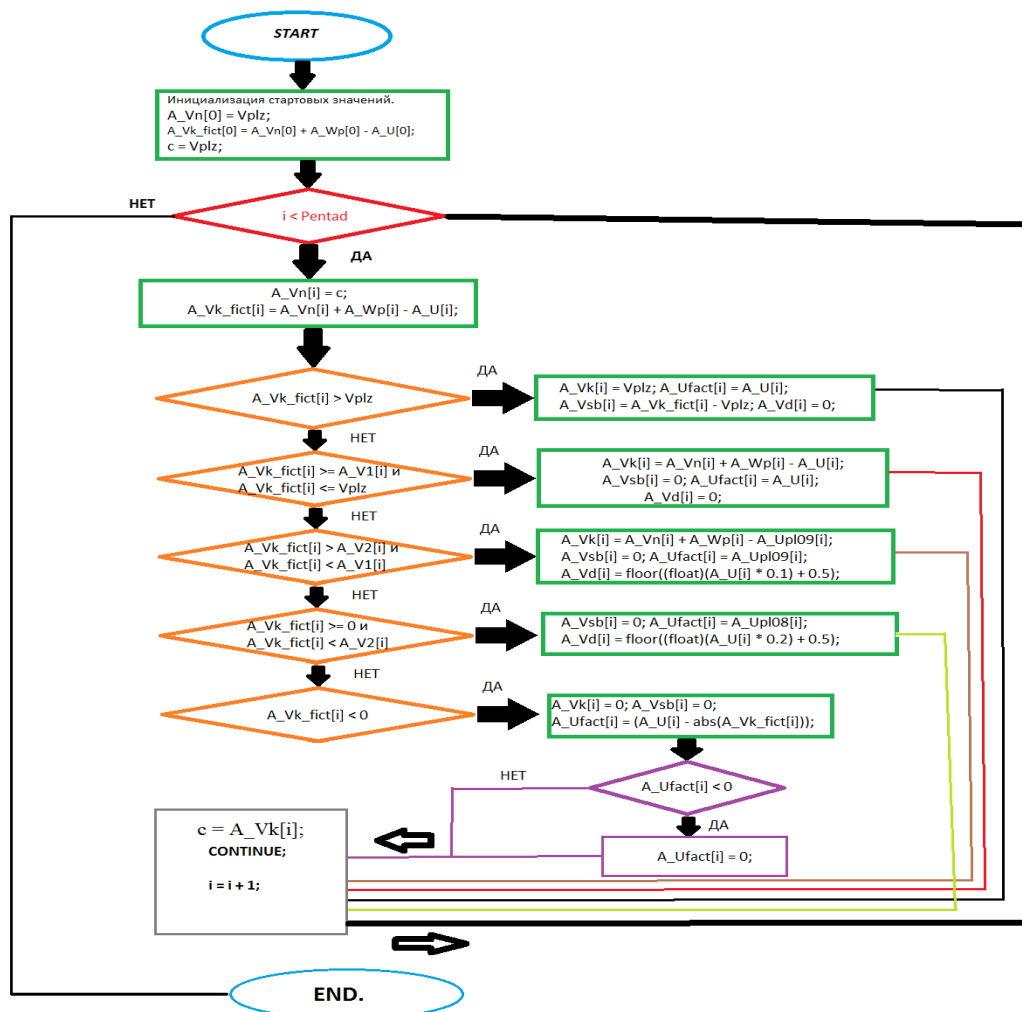


Рисунок 1– Блок-схема алгоритма расчета основных характеристик Краснодарского водохранилища

Блок 1. Инициализация первых (нулевых) элементов используемых массивов.

Блок 2. Переменной, характеризующей временной i присваивается значение 0 для запуска цикла, который увеличивает эту переменную на единицу до достижения конечного интервала.

Блок 3. Внутри цикла элементам массивов присваиваются значения: $A_Vn[i] = C$ (номер элемента корректируется циклом, описанным в *Блоке 2*), $A_Vk_fict[i] = A_Vn[i] + A_Wp[i] - A_U[i]$. То есть в этом блоке происходит присваивание численных значений массивам относительно индекса i расчётного интервала.

Блок 4. Фиктивное наполнение ($Vk_fict[i]$) сравнивается с полезным объёмом ($Vplz$) и в случае, если оно не больше, производятся присваивания массивам: $A_Vk[i] = Vplz$; $A_Ufact[i] = A_U[i]$; $A_Vsb[i] = A_Vk_fict[i] - Vplz$; $A_Vd[i]=0$; в противном случае, происходит переход к следующему блоку.

Блок 5. Блок условия переполнения водохранилища выше полезного объема, когда излишки воды (V_{sb}) сбрасываются в нижний бьеф водохранилища.

Блок 6. Рассматриваются условия, при которых наполнение водохранилища к началу интервала не превышает величину полезного объема и не меньше наполнения верхней противоперебойной линии диспетчерского графика ($V1$).

$A_Vk_fict[i]$ сравнивается с $A_V2[i]$ и в случае, если оно больше и при этом $A_Vk_fict[i]$ меньше $A_V1[i]$, производятся присваивания массивам: $A_Vk[i] = A_Vn[i] + A_Wp[i] - A_Upl09[i]$; $A_Vsb[i] = 0$; $A_Ufact[i] = A_Upl09[i]$; $A_Vd[i] = A_U[i] * 0.1$. То есть реализуются условия, при которых наполнение водохранилища к началу расчетного интервала не превышает величину верхней противоперебойной линии диспетчерского графика ($V1$) и не меньше наполнения нижней противоперебойной линии диспетчерского графика ($V2$). Тогда вычисляется значение дефицита воды $Vd[i] = A_U[i] * 0.1$. В противном случае, происходит переход к следующему блоку.

Блок 7. $A_Vk_fict[i]$ сравнивается с нулем. Если оно больше или равно нулю и при всем этом $A_Vk_fict[i]$ меньше $A_V2[i]$, производятся присваивания $A_Vsb[i] = 0$; $A_Ufact[i] = A_Upl08[i]$; $A_Vd[i] = A_U[i] * 0.2$. В противном случае, происходит переход к следующему блоку.

Блок 8. $A_Vk_fict[i]$ сравнивается с нулем и в случае, если значение массива меньше происходят присваивания элементам массивов: $A_Vk[i] = 0$; $A_Vsb[i] = 0$; $A_Ufact[i] = A_U[i] - \text{abs}(A_Vk_fict[i])$. В этом блоке есть еще один, вложенный цикл, сравнивающий результат выражения $A_Ufact[i] = (A_U[i] - \text{abs}(A_Vk_fict[i]))$ с нулем. В случае, если $A_Ufact[i]$ больше нуля, цикл игнорируется, иначе $A_Ufact[i]$ инициализируется нулем. Этот цикл для варианта, когда запас воды водохранилища является меньше $0,8U$.

Блок 9 является завершающим и отвечает за передачу переменной полученного значения массива $A_Vk[i]$, то есть при следующем проходе цикла, значение элемента $A_Vk[i]$ будет присвоено следующему элементу массива $A_Vn[i]$, и следует увеличение переменной i к следующему элементу массива. Технически, этот блок реализован в начале, при создании цикла *for*, но по правилам алгоритмических блок-схем его описывают в конце цикла.

Полученные результаты по использованным алгоритмам и программе проверялись на тестовом расчете в таблице Microsoft Excel для нескольких водохозяйственных лет и показали полное совпадение результатов расчета.

Библиографический список

1. Велиев И.Г., Ильинич В.В., Кавалли А.Б. Регулирование стока ирригационным водохранилищем с учётом данных о штормовых осадках по метеостанциям речного бассейна. «Мелиорация и водное хозяйство» 2020, №3, с. 37-41.