

**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.

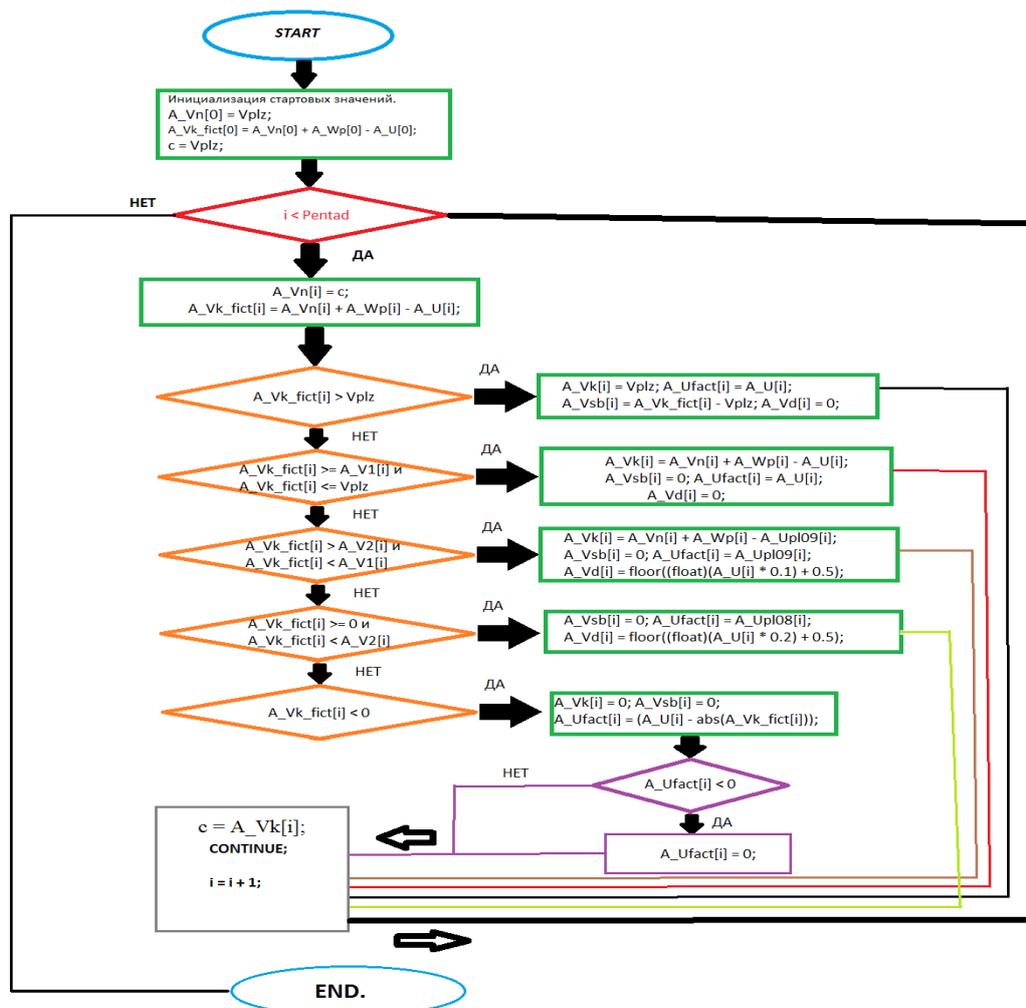


Рисунок 1– Блок-схема алгоритма расчета основных характеристик Краснодарского водохранилища

*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.