

УДК.: 62-531.9:556.53:621.311.214-022.53

## СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА МИКРОГЭС С УЧЕТОМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

АСАНОВ М.С., ОБОЗОВ А.ДЖ., ЖАБУДАЕВ Т.Ж.

КГТУ им. И. Раззакова

izvestiya@ktu.aknet.kg

*Представлены структурная модель и методология выбора рационального типа микроГЭС на основе разработанного алгоритма расчета параметров гидротурбин с использованием гидрологических характеристик малых водотоков.*

*Presented the structural model and methodology choice rational type of micro hydro station based on elaborated algorithm calculation parameters turbines using hydrological characteristics of small streams.*

По территории Кыргызской Республики протекают сотни малых и мелких водотоков. На этих водотоках можно установить микрогидроэлектростанции (микроГЭС) для обеспечения электроэнергией автономных сельскохозяйственных объектов небольшой мощности.

Для рационального выбора типа микроГЭС с требуемой мощностью для потребителя возникает необходимость изучения и установления особенностей изменения гидрологических параметров мелких горных водотоков в зависимости от: уклона, водности, характера русла и т.д. Знание этих величин позволяет разработать научно обоснованный метод расчета мощности микроГЭС.

В настоящей статье рассматривается задача расчета потенциальной мощности водотока створов рек и обосновывается выбор различных типов гидротурбин для микроГЭС.

*Для решения поставленной задачи используются следующие данные:*

- геометрические параметры гидростов створов рек;
- гидрологические характеристики створов рек при гидростовах;
- типы используемых гидротурбин и их технические характеристики;
- типы известных в практике микроГЭС.

*Структурная модель алгоритма решения вышесформулированной задачи. Алгоритм включает в себя следующие взаимосвязанные функциональные модули:*

- модуль формирования базы данных по рекам;
- формирования базы данных о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах;

- формирования базы данных о существующих типах микроГЭС;
- расчета потенциальных мощностей отдельно выбранных рек Кыргызстана в соответствующих створах рек при разных типах гидротурбин;
- модуль выбора наилучших типов из множества микроГЭС.

1. Структурная модель вычислительного модуля (ВМ<sub>1</sub>) формирования базы данных по рекам (см. рис. 1).

Данный модуль позволяет формировать базу данных о реках Кыргызстана в виде географических карт, модель которого описывается с помощью следующих выражений (см. рис. 1):

а) отображение  $S^{Рек}$ , сопоставляющее каждой реке вполне определенную карту:

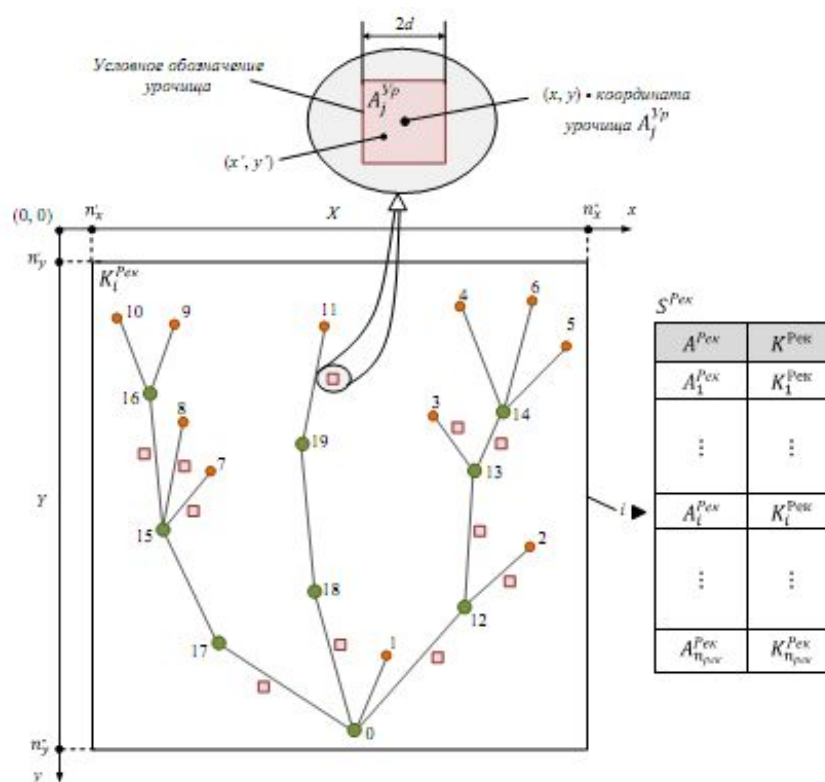


Рис. 1. Географическая карта  $K_i^{Рек}$  абстрактной реки  $A_i^{Рек}$ , имеющая древовидную структуру, где приняты следующие условные обозначения:

□ - урочище; ● - сток реки (ледник); ● - узлы соединения отдельных участков реки

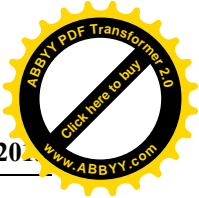
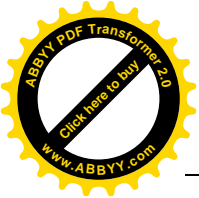
$$S^{Рек}; A^{Рек} \rightarrow K^{Рек}, \tag{1}$$

$$A^{Рек} = \{A_i^{Рек} | i \in I_{Рек}\}, \quad I_{Рек} = \{1, 2, \dots, n_{Рек}\},$$

$$K^{Рек} = \{K_i^{Рек} | i \in I_{Рек}\},$$

$$S^{Рек} = \{(A_i^{Рек}, K_i^{Рек}) | i \in I_{Рек}\} \subset A^{Рек} \times K^{Рек},$$

$$|A^{Рек}| = |K^{Рек}| = |S^{Рек}| = n_{Рек},$$



где  $A^{Pек}$  – множество рек;  $K^{Pек}$  – множество географических карт рек;  $S^{Pек}$  – однозначное отображение (1), являющееся множеством пар  $(A_i^{Pек}, K_i^{Pек}), \forall i \in I_{Pек}$ ;  $A_i^{Pек}$  – имя  $i$ -ой реки;  $K_i^{Pек}$  – карта  $i$ -ой реки.

б) отображение  $K_i^{Pек}$ , сопоставляющее каждой точке экрана вполне определенный цвет:

$$K_i^{Pек}: X \times Y \rightarrow C, \quad \forall i \in I_{Pек} \tag{2}$$

$$X = \{n'_x, n'_x + 1, \dots, n''_x\}, \quad |X| = n_x,$$

$$Y = \{n'_y, n'_y + 1, \dots, n''_y\}, \quad |Y| = n_y,$$

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}, \quad |C| = m,$$

$$K_i^{Pек} = \{(x, y), c_{x,y} | x \in X, y \in Y\},$$

$$c_{x,y} \in C, \quad |K_i^{Pек}| = n_x \cdot n_y,$$

где  $K_i^{Pек}$  - в свою очередь есть однозначное отображение (2), являющееся множеством троек  $((x, y), c_{x,y}), \forall x \in X, \forall y \in Y, c_{x,y} \in C$ ;  $X$  – множество координат по оси  $x$  экрана;  $Y$  – множество координат по оси  $y$  экрана;  $C$  – множество номеров цветов в палитре;  $(x, y)$  – координата точки экрана, а  $c_{x,y}$  - номер цвета точки  $(x, y)$  экрана.

2. Структурная модель вычислительного модуля ( $BM_2$ ) формирования базы данных о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах (рис. 1 и 2) с указанием их координат  $(x, y)$  на карте рассматриваемых рек.

а) отображение  $K^{Yp}$ , сопоставляющее каждому  $i$ -му урочищу  $A_i^{Yp}$  из множества  $A^{Yp}$  вполне определенную точку  $(x_i, y_i) \in X \times Y$  карты реки на экране (см. таблицу на рис. 2):

$$K^{Yp}: A^{Yp} \rightarrow X \times Y, \tag{3}$$

$$A^{Yp} = \{A_i^{Yp} | i \in I_{Yp}\}, \quad I_{Yp} = \{1, 2, \dots, n_{Yp}\},$$

$$K^{Yp} = \{K_i^{Yp} = (A_i^{Yp}, (x_i, y_i)) | i \in I_{Yp}\} \subset (A^{Yp} \times X \times Y),$$

$$K^{Yp}(A_i^{Yp}) = \{(x_i, y_i) | i \in I_{Yp}\},$$

$$K^{Yp}(A_i^{Yp}) = (x_i, y_i),$$

$$A_i^{Yp} \in A_{Yp}, \quad x_i \in X, \quad y_i \in Y, \quad (x_i, y_i) \in X \times Y,$$

$$|A^{Yp}| = |K^{Yp}| = n_{Yp};$$

б) отображение  $S^{Yp}$ , сопоставляющее каждому урочищу  $A_i^{Yp} \in A^{Yp}, \forall i \in I_{Yp}$  с заданными координатами  $(x_i, y_i) \in X \times Y$  на карте вполне определенные данные  $(b_i, h_i, v_i, H_i)$  о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах (см. таблицу на рис. 2):

$$S^{yp}: K^{yp} \rightarrow R_b \times R_h \times R_v \times R_H, \tag{4}$$

$$S^{yp} = \{S_i^{yp} = ((A_i^{yp}, (x_i, y_i)), (b_i, h_i, v_i, H_i)) | i \in I_{yp}\} \subset$$

$$\subset (K^{yp} \times (R_b \times R_h \times R_v \times R_H)),$$

$$S^{yp}(K^{yp}) = \{(b_i, h_i, v_i, H_i) | i \in I_{yp}\},$$

$$S^{yp}(K_i^{yp}) = (b_i, h_i, v_i, H_i),$$

$$(A_i^{yp}, (x_i, y_i)) \in K^{yp}, \quad b_i \in R_b, \quad h_i \in R_h, \quad v_i \in R_v, \quad H_i \in R_H,$$

$$(b_i, h_i, v_i, H_i) \in R_b \times R_h \times R_v \times R_H,$$

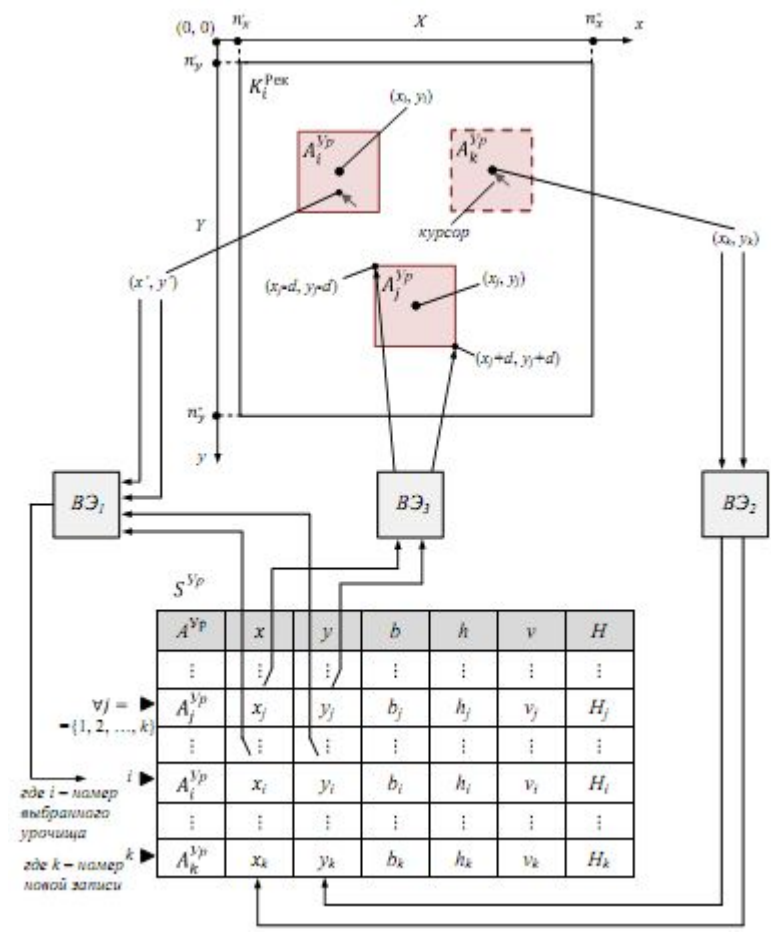
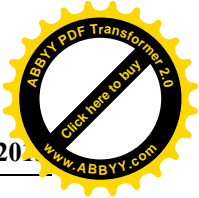
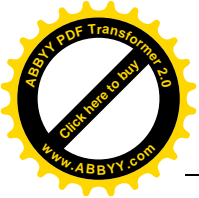


Рис. 2. Пояснение к вычислительному модулю  $VM_2$

где  $b_i$  – ширина гидроста;  $h_i$  – глубина воды;  $v_i$  – скорость течения воды;  $H_i$  – напор.

в) вычислительный элемент  $ВЭ_2$  (рис. 2) фиксирует координаты  $(x_k, y_k)$  курсора мыши, соответствующие вновь вводимому урочищу  $A_k^{yp}$ ; к концу базы данных  $S^{yp}$  добавляет новую  $k$ -ю запись  $S_k^{yp}$ , т.е.  $S^{yp} \cup \{S_k^{yp}\}$ , и записывает координаты  $(x_k, y_k)$ ;



г) вычислительный элемент ВЭ<sub>1</sub> (рис. 2) фиксирует координаты  $(x', y')$  курсора мыши, соответствующие выбранному  $i$ -му урочищу  $A_i^{YF}$  для дальнейшей работы с ней (удаления или проведения расчетных работ);  $i$ -ое урочище  $A_i^{YF}$  считается выбранным, если выполняется следующее условие:

$$(x_i - d \leq x' \leq x_i + d) \& (y_i - d \leq y' \leq y_i + d)$$

д) вычислительный элемент ВЭ<sub>3</sub> (рис. 2) производит обновление текущего окна экрана после удаления или добавления новых урочищ: очищает окно экрана; выводит карту  $K_i^{Pek}$  текущей реки  $A_i^{Pek}$  (см. (1)-(2)); выводит условные обозначения всех урочищ  $A_j, \forall j = 1, 2, \dots, k$  в виде прямоугольников с координатами левого верхнего угла  $(x_j - d, y_j - d), \forall j = 1, 2, \dots, k$  и правого нижнего угла  $(x_j + d, y_j + d) \forall j = 1, 2, \dots, k$  (см. рис. 1).

3. Структурная модель модуля формирования базы данных о существующих типах микроГЭС (ВМ<sub>3</sub>). Модель данного модуля имеет следующий вид:

а) отображение  $S^{Гид}$ , сопоставляющее каждому  $j$ -му микроГЭС  $A_j^{ГЭС}$  из множества  $A^{ГЭС}$  вполне определенные гидравлические данные  $(H_j^{ГЭС}, Q_j^{ГЭС})$

$$S^{Гид}: A^{ГЭС} \rightarrow R_H \times R_Q \tag{5}$$

$$A^{ГЭС} = \{A_j^{ГЭС} | j \in I_{ГЭС}\}, \quad I_{ГЭС} = \{1, 2, \dots, n_{ГЭС}\}$$

$$S^{Гид} = \{S_j^{Гид} = (A_j^{ГЭС}, (H_j^{ГЭС}, Q_j^{ГЭС})) | j \in I_{ГЭС}\} \subset A^{ГЭС} \times R_H \times R_Q$$

$$S^{Гид}(A^{ГЭС}) = \{(H_j^{ГЭС}, Q_j^{ГЭС}) | j \in I_{ГЭС}\},$$

$$S^{Гид}(A_j^{ГЭС}) = (H_j^{ГЭС}, Q_j^{ГЭС}),$$

$$A_j^{ГЭС} \in A^{ГЭС}, \quad H_j^{ГЭС} \in R_H, \quad Q_j^{ГЭС} \in R_Q, \quad (H_j^{ГЭС}, Q_j^{ГЭС}) \in R_H \times R_Q.$$

б) отображение  $S^{ГЭС}$ , сопоставляющее каждому  $j$ -му микроГЭС  $A_j^{ГЭС} \in A^{ГЭС}$  с заданными гидравлическими данными  $(H_j^{ГЭС}, Q_j^{ГЭС})$  вполне определенные данные  $(N_j^{ГЭС}, u_j, w_j)$  об электрических характеристиках и  $(z_j, r_j, \dots)$  об экономических и прочих характеристиках.

$$S^{ГЭС}: S^{Гид} \rightarrow (R_N \times R_u \times R_w) \times (R_z \times R_r \times \dots) \tag{6}$$

$$S^{ГЭС} = \{S_j^{ГЭС} = ((A_j^{ГЭС}, (H_j^{ГЭС}, Q_j^{ГЭС})), (N_j, u_j, w_j), (z_j, r_j, \dots)) | j \in I_{ГЭС}\} \subset$$

$$\subset (S^{Гид} \times (R_N \times R_u \times R_w) \times (R_z \times R_r \times \dots)),$$

где  $N_j^{ГЭС}$  - мощность;  $u_j$  - напряжение;  $w_j$  - частота;  $z_j$  - стоимость;  $r_j$  - относительная цена за кВт\*ч.

4. Структурная модель вычислительного модуля ( $BM_4$ ) расчета потенциальных мощностей в соответствующих створах рек при разных типах гидротурбин ( $BM_4$ ). Модель данного модуля имеет вид (рис. 3):

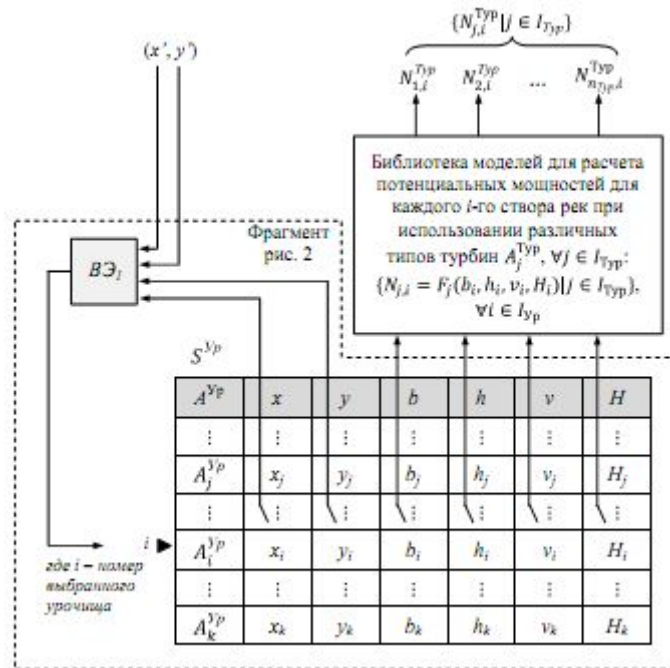


Рис. 3 Пояснения к вычислительному модулю  $BM_4$

а) отображение  $S^{Typ}$ , сопоставляющее каждому  $j$ -му типу турбины  $A_j^{Typ}$  из множества  $A^{Typ}$  вполне определенную модель  $F_j^{Typ}$  из библиотеки (множества) моделей различных типов турбин.

$$S^{Typ}: A^{Typ} \rightarrow F^{Typ}, \tag{7}$$

$$A^{Typ} = \{A_j^{Typ} | j \in I_{Typ}\}, \quad I_{Typ} = \{1, 2, \dots, n_{Typ}\},$$

$$F^{Typ} = \{F_j^{Typ} | j \in I_{Typ}\}$$

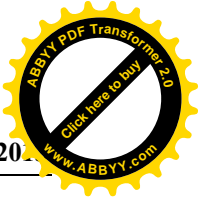
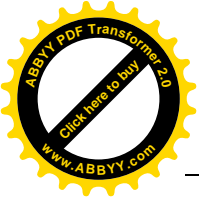
$$S^{Typ} = \{(A_j^{Typ}, F_j^{Typ}) | j \in I_{Typ}\}$$

$$S^{Typ}(A^{Typ}) = \{F_j^{Typ} | j \in I_{Typ}\}$$

$$S^{Typ}(A_j^{Typ}) = F_j^{Typ}, \quad |A^{Typ}| = |F^{Typ}| = |S^{Typ}| = n_{Typ};$$

б) функциональное отображение  $F_j^{Typ}, j \in I_{Typ}$ , описывающее структуру модели каждого  $j$ -го типа турбины

$$F_j^{Typ}: S^{yp}(K^{yp}) \rightarrow N_j^{Typ}, \quad \forall j \in I_{Typ}, \tag{8}$$



где  $N_j^{Тур}$  - множество различных значений мощностей, соответствующее  $j$ -му типу турбины;  $S^{Ур}(K^{Ур})$  – множество, описанное в (4).

На основе (8) с учетом выражения  $S^{Ур}(K^{Ур})$  из (4) получим библиотеку моделей для расчета потенциальных мощностей для каждого  $i$ -го створа рек при использовании различных типов турбин  $A_j^{Тур}$ ,  $\forall j \in I_{Тур}$ :

$$\{N_{j,i} = F_j(b_i, h_i, v_i, H_i) | j \in I_{Тур}\}, \quad \forall i \in I_{Ур}. \tag{9}$$

5. Структурная модель вычислительного модуля ( $BM_5$ ) выбора наилучших типов из множества микроГЭС (см. рис.4). Модель выбора описывается с помощью выражения:

$$S_{A_i^{Ур}}^{ГЭС} = \{S_j^{ГЭС} \in S^{ГЭС} | (H_j^{ГЭС} \leq H_i) \& (Q_j^{ГЭС} \leq 0,6 \cdot b_i \cdot h_i \cdot v_i)\}, \tag{10}$$

где  $S_{A_i^{Ур}}^{ГЭС} \subset S^{ГЭС}$  - множество наилучших типов микроГЭС для  $i$ -го урочища  $A_i^{Ур}$ ,  $i \in I_{Ур}$ .

**Заключение.** Таким образом, выражения (1)-(10) описывают структурную модель алгоритма решения задачи расчета потенциальных мощностей малых и мелких горных рек и выбора наилучших типов микроГЭС для заданных створов рек. На основе этой модели разработана универсальная программная среда.

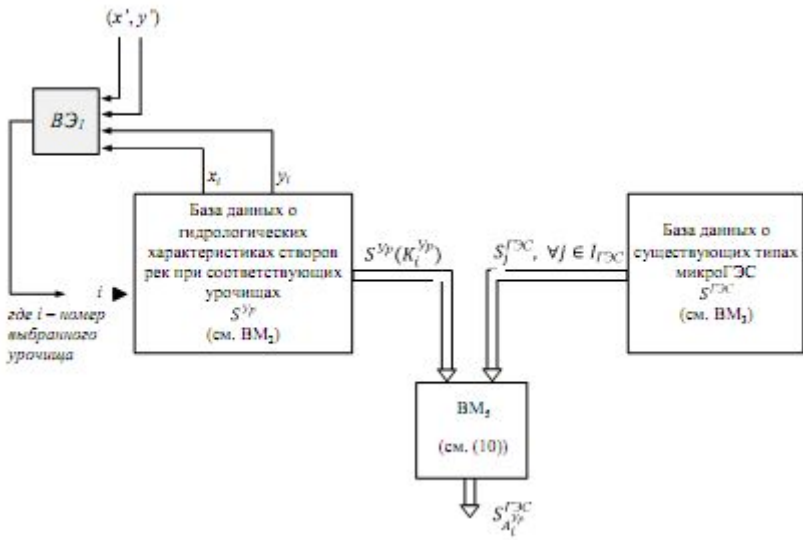


Рис. 4. Пояснение к вычислительному модулю  $BM_5$