

УДК 621.22

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ НАПОРНОГО ГИДРОУЗЛА

О.А. Гусева, О.С. Пташкина-Гирина

Режим работы напорного гидроузла подчинен требованиям основных водопользователей и представляет собой весьма сложный процесс, включающий в себя приходную и расходную части. Имитационная модель, созданная на примере Аргазинского гидроузла, позволила смоделировать работу водохранилища, а также определить гарантированную и сезонную мощность створа гидроузла и время использования последней.

Ключевые слова: гидроузел, водохранилище, имитационная модель, гидроэнергетический потенциал.

Работой водохранилища является использование его объема для удовлетворения нужд потребителей в определенный момент времени и восполнение его запасов за счет сработки и наполнения водохранилища. Сбросы в нижний бьеф гидроузла можно использовать для выработки электроэнергии, для чего необходимо определить гидроэнергетический потенциал водохранилища.

В основе имитационной математической модели, описывающей функционирование водохозяйственной системы водохранилища, лежит уравнение водного баланса [1, 2, 3]^

$$W_{\text{при}} + W_{\text{боки}} - \sum W_{\text{впи}} - \sum W_{\text{пи}} \pm \sum W_{\text{би}} + \Delta W_i - W_{\text{сбр}} = 0 \quad (1)$$

Где $W_{\text{при}}$ – приток воды во входном створе; $W_{\text{боки}}$ – приток боковой приточности; $\sum W_{\text{впи}}$ – суммарное водопотребление; $\sum W_{\text{пи}}$ – суммарный объем потерь воды из водохранилища; $\pm \sum W_{\text{би}}$ – невязка водного баланса; ΔW_i – изменение полезного объема водохранилища; $W_{\text{сбр}}$ – объем холостых сбросов из водохранилища на текущем шаге по времени.

Определение возможной установленной мощности гидроузла произведем на основе водохозяйственного баланса (1), учитывая его приходную и расходную части, а также запросы водопотребителей как в верхнем, так и в нижнем бьефах.

Учитывая индивидуальность каждого водного объекта, в модель вводятся все возможные параметры учета водохозяйственного баланса, при этом основные требования:

- не превышение отметки НПУ;
- не допущение сработки водохранилища ниже отметки УМО.

Для оценки энергетики створа необходимы вычисленные холостые сбросы в нижний бьеф и разность отметок верхнего и нижнего бьефов. Это даст обеспеченную энергетику в створе.

Рассмотрим работу напорного гидроузла и определим энергетику створа при помощи имитационной модели программного пакета Matlab-Simulink на примере Аргазинского водохранилища.

Аргазинское водохранилище создано на р. Миасс. Основным назначением водохранилища является регулирование стока р. Миасс и перебрасываемой части стока р. Уфа с целью обеспечения водой Челябинского промышленного района, в настоящее время трасса по переброске стока не введена в эксплуатацию (по проекту сток должен составить $4,1 \text{ м}^3/\text{с}$) [4].

Благодаря построению модели будет возможно определить параметры водохранилища в необходимый момент времени, имитационная модель позволит моделировать различные сценарии его работы, что позволит производить прогнозирование работы водохранилища и её оптимизацию, а также определить гарантированную и сезонную мощность створа гидроузла и время использования последней.

Для определения исходных данных необходимо иметь:

- батиграфические кривые [$W=f(H_{\text{ВВ}})$ – зависимость объема водохранилища от уровня верхнего бьефа (кривая объема водохранилища), $\Omega=f(H_{\text{ВВ}})$ – зависимость площади зеркала водохранилища от уровня верхнего бьефа (кривая площади зеркала водохранилища)];
- кривые зависимости уровней воды от сбросных расходов в нижний бьеф [$Q_{\text{НБ}}=f(H_{\text{НБ}})$];
- диспетчерский график работы водохранилища.

Так как Аргазинское водохранилище является водохранилищем с многолетним регулированием стока – для модели были взяты 21 год наблюдений (1980–2000 гг.), что соответствует 252 месяцам, именно это время имитации и было использовано. Имитационная модель работы Аргазинского водохранилища представлена на рисунке 1.

В случае работы трассы по переброске, в модель введен блок с постоянным источником сигнала «Переброс».

Ввод в модель данных по притоку воды в водохранилище, испарению и осадкам предполагается напрямую, путем создания файла расширения «.mat» и считыванием данных из него по средствам блока «FromFile».

В расходную часть помимо потерь на испарение входят потери на фильтрацию. При одних и тех же гидрогеологических условиях фильтрация зависит от уровня воды в водохранилище и площади его ложа. В модели потери на фильтрацию представлены как блок источника сигнала с постоянным значением «Constant».

Нормы потерь на фильтрацию при различных гидрогеологических условиях отражены в таблице 1.

Для определения объема потерь и количества осадков сигналы блоков сначала перемножаются с сигналом блока определения площади зеркала водохранилища. Перемножение осуществляется с помощью блоков «Product».

Таблица 1

Норма потерь воды на фильтрацию из водохранилища (по Я.Ф. Плешкову)

Условия	Слой за год, см	% от среднего объема	
		за месяц	за год
Хорошие	0–50	0,5–1	5–10
Средние	50–100	1–1,5	10–20
Плохие	100–200	1,5–3	20–40

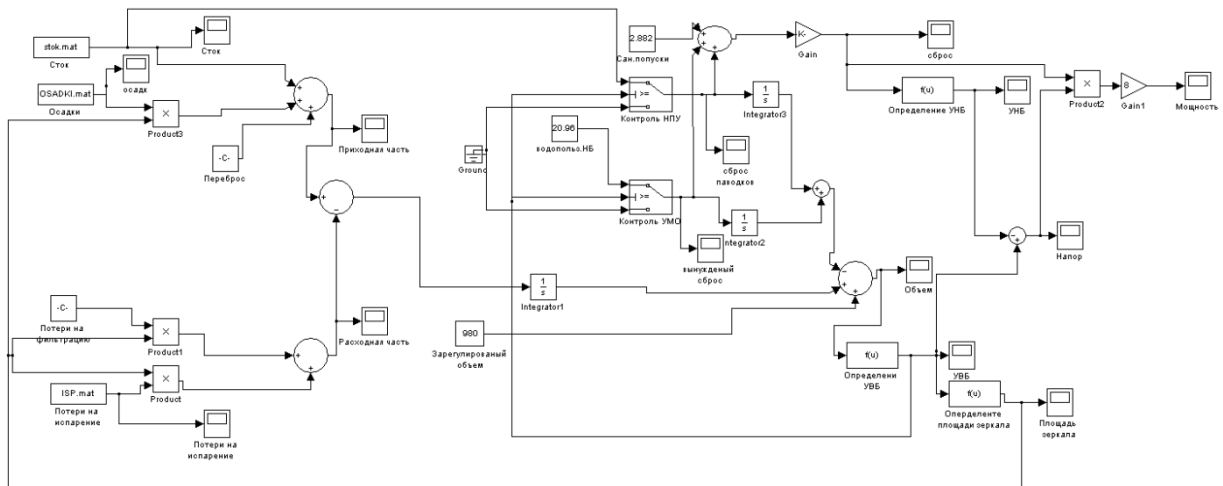


Рис. 1. Имитационная модель работы Аргазинского водохранилища в Simulink

Сигналы от блока притока, осадков, переброса приходят в сумматор приходной части, затем складываются с сигналом расходной части (потерь). Далее сигнал поступает в блок «Integrator1», благодаря чему создается имитация наполнения водохранилища.

Под регулированием стока подразумевается объем водохранилища на начало составления водохозяйственного баланса (ВХБ), а соответственно на начальный момент моделирования. В модели представлен в виде блока «Constant».

Попуски из водохранилища подчинены требованиям водопользователей в нижнем бьефе (которым является Челябинский промрайон), поэтому гарантированный попуск, помимо санитарно-экологического $0,44 \text{ м}^3/\text{с}$ будет увеличен на $8,9 \text{ м}^3/\text{с}$ случае отсутствия переброски и на $13 \text{ м}^3/\text{с}$ в случае работы трассы. Данные представлены в виде блоков источника постоянного сигнала. При этом необходимо учитывать критические отметки уровня верхнего бьефа.

Контроль УМО и НПУ представляет собой блоки «Switch». Входными сигналами, для которых являются значения уровней УМО и НПУ соответственно. При достижении отметки УМО блок контроля УМО переключает значения сбросов на источник нулевого сигнала, то есть прекращает сбро-

сы. При достижении уровня верхнего бьефа отметки НПУ, блок управления НПУ переключает вынужденные сбросы с источника нулевого сигнала на сигнал стока, то есть производит сброс в нижний бьеф всего объема стока останавливая наполнение водохранилища.

Сигнал сбросов в нижний бьеф представлен на рисунке 2. Блок Gain преобразует размерность сигнала млн.м³/мес в м³/с.

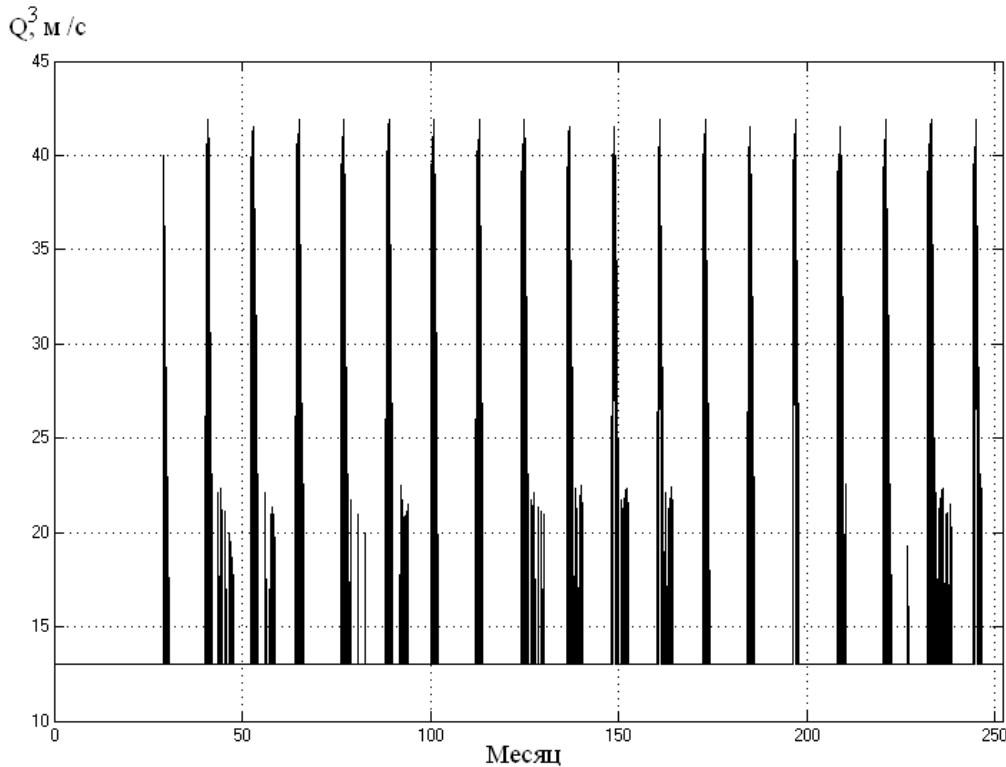


Рис. 2. Помесечные сбросы Аргазинского водохранилища

Полученный сигнал сбросов идет в блок определения УНБ, а также позволяет определить объем водохранилища.

От блоков приходной и расходной частей, а также от интегратора сигнал поступает в сумматор, куда так же приходят сигналы от блока зарегулированного объема и сумматора сбросов. Выходящий оттуда сигнал показывает изменения объема водохранилища. Выходящий из сумматора сигнал идет в блок определения уровня верхнего бьефа (УВБ).

Из блока определения УВБ сигнал идет к блоку определения площади зеркала водохранилища, из последнего тот поступает к блокам определения объемов потерь и осадков.

Для отображения уровней верхнего и нижнего бьефов, а также площади зеркала водохранилища использованы блоки $F_{сп}$, представляющие собой математические функции, которые описывают эти параметры. Для определения математических зависимостей, позволяющих определить параметры

водохранилища в определенный момент времени, была проведена аппроксимация кривых объемов и площадей водохранилища и зависимости уровня нижнего бьефа от расхода..

Сигналы из блоков определения уровней верхнего и нижнего бьефов поступают в сумматор, что позволяет определить напор (рис. 3).

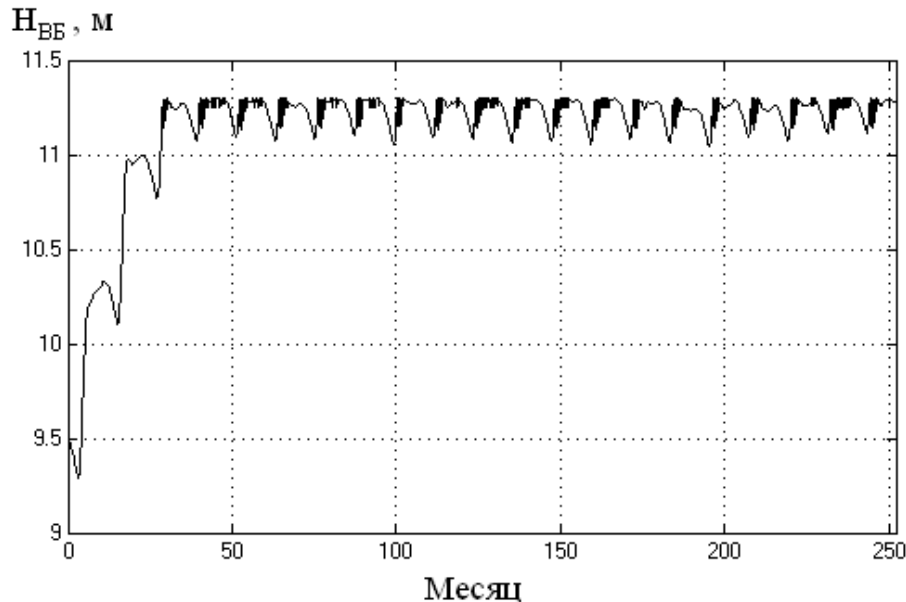


Рис. 3. Сигнал, показывающий колебание напора водохранилища

Далее сигналы сбросов в нижний бьеф и напоров перемножаются в блоке «Product».

Учитывая коэффициент полезного действия турбины и генератора, мощность малой ГЭС будет равна [3]:

$$N = (7.5 \div 8) \cdot Q \cdot H, \text{ кВт} \quad (5)$$

где H – напор, м; Q - расход воды через турбину, $\text{м}^3/\text{с}$;

Данный коэффициент также будет отображать блок «Gain1».

Результирующий сигнал показывает мощность створа, он изображен на рисунке 4 .

Рисунок 4 позволяет сделать вывод, что гарантированная мощность створа Аргазинского гидроузла при учете переброски из бассейна реки Уфа составляет 1230 кВт, сезонная – 2000 кВт с использованием 1 месяц в году, кратковременные пики составляют 3500 кВт продолжительностью менее 0,5 месяца. В случае отсутствия переброски гарантированная мощность может составить 800 кВт с аналогичными пиками.

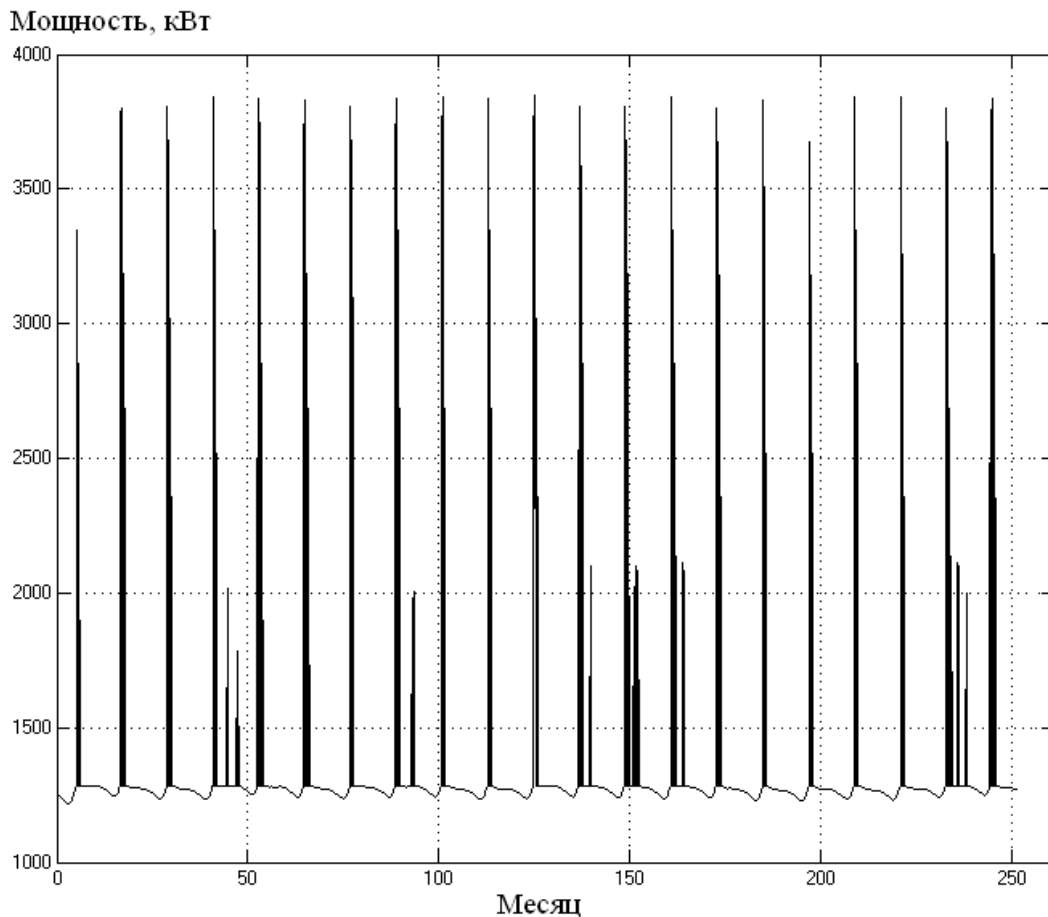


Рис. 4. Сигнал, показывающий мощность створа Аргазинского гидроузла с учетом переброса стока из бассейна р. Уфа

Библиографический список

1. Разработка проекта правил использования Миасского водохранилища. Научно-техническая информация. ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева». – СПб, 2013.
2. Приказ МПР РФ от 30 ноября 2007 г. N 314 «Об утверждении Методики расчета водохозяйственных балансов водных объектов».
3. «Методические указания по разработке правил использования водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций» от 01 января 2000 г.
4. Долгобродское водохранилище на р. Уфе и комплекс гидротехнических сооружений по передроске части стока р. Уфы в р. Миасс: Технический проект. – Красноярск, 1976.

[К содержанию](#)