

УДК 628.1.034.2:556.51(282.2)

UDC 628.1.034.2:556.51(282.2)

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ОБОСНОВАНИИ
МЕРОПРИЯТИЙ ПОВЫШЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ
БЕРЕГОВЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ
СООРУЖЕНИЙ**

**SYSTEM APPROACH IN SUBSTANTIATION
MEASURES FOR INCREASING OF
FUNCTIONAL RELIABILITY OF RIVERSIDE
WATER INTAKES**

Бондаренко Владимир Леонидович
д. т. н., профессор

Bondarenko Vladimir Leonidovich
Dr.Sci.Tech., professor

Кувалкин Алексей Валентинович
к. т. н., профессор

Kuvalkin Alexey Valentinovich
Cand.Econ.Sci., professor

Гаврилюк Сергей Михайлович
ассистент
*Новочеркасская государственная мелиоративная
академия (НГМА), Новочеркасск, Россия*

Gavrilyuk Sergey Mihaylovich
assistant
*Novocherkassk state land reclamation Academy
(NGMA), Novocherkassk, Russia*

Разработан специальный метод и унифицированный численный алгоритм имитационного моделирования ПТС бассейновой геосистемы, который реализован на примере ПТС р. Белой. Выполнена оценка гидрологического режима в створах размещения береговых водозаборных сооружений системы водоснабжения ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» на основе численных экспериментов

Special method and unified numerical algorithm of simulation modeling ETM of basin geosystem were developed, and as example of ETM of the river Belaya were implemented. Assessment of hydrological mode in the placement of section line of riverside water intakes of water-supply system JSC «Salavatnefteorgsintez» on the basin of numerical experiments is made

Ключевые слова: ВОДОЗАБОР, ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ, ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ СИСТЕМА

Keywords: WATER INTAKE, HYDRAULIC RESEARCH, FUNCTIONAL RELIABILITY, SIMULATION MODEL, WATER RESOURCES, HYDROECONOMIC SYSTEM

Функциональная надежность береговых водозаборных сооружений зависит от гидрологических условий в створах отбора воды, как по количественным расходным, так и уровенным характеристикам водотока. В условиях изменения гидрологического режима, обусловленного как естественными процессам, так и текущей водохозяйственной обстановкой в бассейновой геосистеме необходимы мероприятия для обеспечения заданных уровней и оптимальной гидравлической структуры водного потока для стабильного функционирования водозаборных насосных станций.

Поскольку гидрологические параметры в заданном створе или на заданном участке реки определяются процессами, протекающими в сложившейся природно-технической системе (ПТС) в пространственных пределах бассейна водотока, то для разработки соответствующих

мероприятий, направленных на повышение функциональной надежности береговых водозаборных сооружений необходим системный подход, основанный на представлении бассейна реки как единого целого и моделирования протекающих здесь гидрологических и водохозяйственных процессов в различных условиях водности, как на современном, так и перспективном уровнях развития.

Как известно, единственным методом исследования больших систем, к которым относится ПТС речного бассейна, является метод имитационного моделирования, когда создается имитационная компьютерная модель в виде совокупности вычислительных процедур, воспроизводящих функционирование исследуемых процессов в точном соответствии с их естественным протеканием на заданном отрезке времени, сохраняя при этом их логическую структуру, а затем в соответствии с изучаемыми внешними воздействиями и правилами функционирования проводятся численные эксперименты, по результатам которых оцениваются результаты.

Основой для создания имитационной модели ПТС речного бассейна служит формализованная схема рассматриваемой системы, на основе которой создается ее информационная модель.

Рассматриваемая ПТС речного бассейна представляет собой разветвленную систему направленного тока воды и описывается при помощи ориентированного графа-дерева (рис.1). Вершинами такого графа-дерева являются рассматриваемые в задачах элементы (естественные и искусственные водотоки, водохранилища, водозаборы, водосбросы, узлы слияния водотоков, каналов и т.д., т.е. все существенные, учитываемые в расчетах объекты), а ребрами – соединения элементов вдоль водотоков и каналов, причем длина каждого ребра соответствует расстоянию по водотоку (реке или каналу) между рассматриваемыми элементами. Ориентация ребер графа соответствует направлению естественного тока

воды в системе.

Каждая рассматриваемая вершина графа-дерева может быть отнесена к тому или иному типу элементов ПТС. Так, например, выделяются такие типы элементов: водотоки или участки водотоков, водохранилища, гидроузлы, каналы, водозаборы, водосбросы, пункты контроля и наблюдений и т.д.

Каждому рассматриваемому элементу системы соответствует набор показателей – совокупность необходимой и достаточной информации об объекте для проведения расчетов с заданной точностью.

Образ элементов ПТС, представленный в компьютерной базе данных в виде классифицированной и систематизированной информации представляет собой информационный объект. Совокупность информационных объектов, отвечающих задаче исследования, назовем информационной моделью.

Моделирование гидрологических условий и водохозяйственной обстановки в заданных створах и на участках бассейна производится на основе

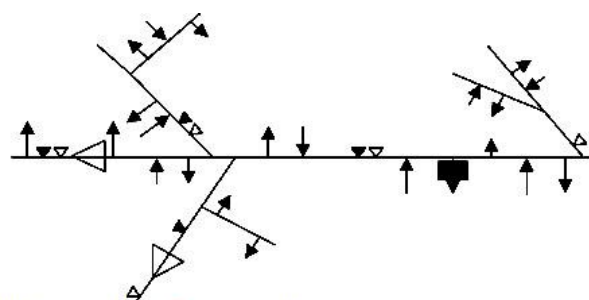


Рис. 1 Схема формализованного представления ПТС речного бассейна и линейная схема в виде ориентированного графа:

- - система водоснабжения ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»;
- ↑ - водозабор; ↓ - сброс;
- △ - водохранилище;
- ▼ - пост гидрологических наблюдений;
- ▽ - пост гидрохимического контроля

водохозяйственного баланса. Для этих целей были разработаны метод и унифицированный численный алгоритм моделирования водохозяйственной обстановки в рассматриваемой бассейновой геосистеме в зависимости от формирования водности, режимов регулирования стока, водопотребления, водоотведения, деформации стока на расчетных участках, потерь воды из водохранилищ.

Имитационная модель водохозяйственного комплекса в составе ПТС и алгоритм моделирования различных его элементов и подсистем разработаны на основе представления различных составляющих сложной системы в виде, так называемых, «динамических систем в широком смысле», согласно способу описания и моделирования сложных объектов, предложенного Н.П. Бусленко [2].

В качестве способа моделирования различных элементов ПТС, как динамических систем в широком смысле, принята обобщенная математическая схема в виде модели конечного автомата [1], как типичная математическая схема для описания класса объектов материального мира, функционирующих в дискретном времени и имеющих любые конечные наборы состояний, входов и выходов. Это позволило унифицировать структуру имитационной модели ПТС, как сложной системы, обеспечить формирование произвольной и настраиваемой структуры расчетного алгоритма на любые условия эксперимента, требуемую детализацию ее элементов и подсистем с любым фиксированным временным шагом расчета.

Структура моделируемой ПТС рассматривается в виде совокупности кластеров различного типа, каждый из которых представляет собой первичную подсистему своих элементов. В качестве отдельных кластеров ПТС рассматриваются участки водотоков, водохранилища, боковые притоки, магистральные и межхозяйственные каналы, включая комплекс водопользователей и водохозяйственных объектов, непосредственно тяготеющим к ним, а также при необходимости отдельные крупные водопользователи, оказывающие существенное воздействие на водный режим и водохозяйственный баланс в системе. Представление ПТС как совокупность отдельных, взаимосвязанных между собой кластеров выполняется в соответствии требуемой детальностью и точностью расчетов.

Расчетная схема моделирования процессов функционирования ПТС в разрезе отдельных кластеров реализуется следующим образом. Каждый

рассматриваемый отдельный кластер ПТС рассматривается как элемент - динамическая система в широком смысле, которая в каждый расчетный момент времени получает входной поток параметров от других, смежных элементов, а также внешней среды; преобразует свое текущее состояние в соответствии с полученными параметрами формирует выходной поток параметров как результат полученного входного воздействия и своего прежнего либо нового состояния.

На вход каждого отдельного кластера в момент времени $t \in T$, где T - упорядоченное множество, t – вектор: $t = (\theta_1 \theta_2, \dots \theta_m)$, где m – число внутригодовых интервалов, поступает сигнал $x \in X$, в составе которого передается «кластеру» поступление водных ресурсов от вышерасположенных объектов (водопользователей, водохозяйственных участков, водохранилищ) – результат работы предыдущих элементов, параметры текущего состояния различных участков и элементов ПТС. В составе выделенного водохозяйственного кластера моделируются следующие типовые элементы: «суммарное поступление воды смежных кластеров»; «поступление водных ресурсов с боковым стоком»; «деформация стока на участке»; «поступление возвратных вод»; «подземные воды, не связанные со стоком»; «заборы воды водопользователями»; «заборы воды в каналы и водоводы»; «транзиты и попуски»; «потери воды»; «баланс участка».

Принцип работы подсистемы этих элементов основан на том, что каждый элемент, получив на входе информацию о поступлении в данный кластер водных ресурсов в рассматриваемый период, уменьшает, либо увеличивает это значение, согласно технологии функционирования данного элемента в соответствии с правилами текущего интервала, а модифицированное значение, как результат воздействия передает далее. Элемент «баланс участка» формирует, в конечном счете, поступление водных ресурсов на смежный нижерасположенный участок водотока.

В зависимости от представления структуры этого элемента меняется его качество: описывается функционирование речного участка, либо участка канала, либо водохранилища.

Элемент формирует выходной сигнал, в том числе: информацию для внешней среды о состоянии своих составляющих, которая используется для корректировки текущих режимов и управления внутри системы, а также для формирования выходных форм задачи.

Для корректировки расчетного алгоритма в соответствии со структурой ПТС и планом численного эксперимента в зависимости от промежуточного результата, элементами внешней среды (управляющей программы) автоматически либо по заданию экспериментатора осуществляется модификация локальной схемы сопряжения элементов.

Предложенная схема ПТС бассейновой геосистемы и типовые алгоритмы моделирования ее элементов использованы для генерации конкретной структуры имитационной модели ПТС верхнего и среднего течения р. Белой (рис.2).

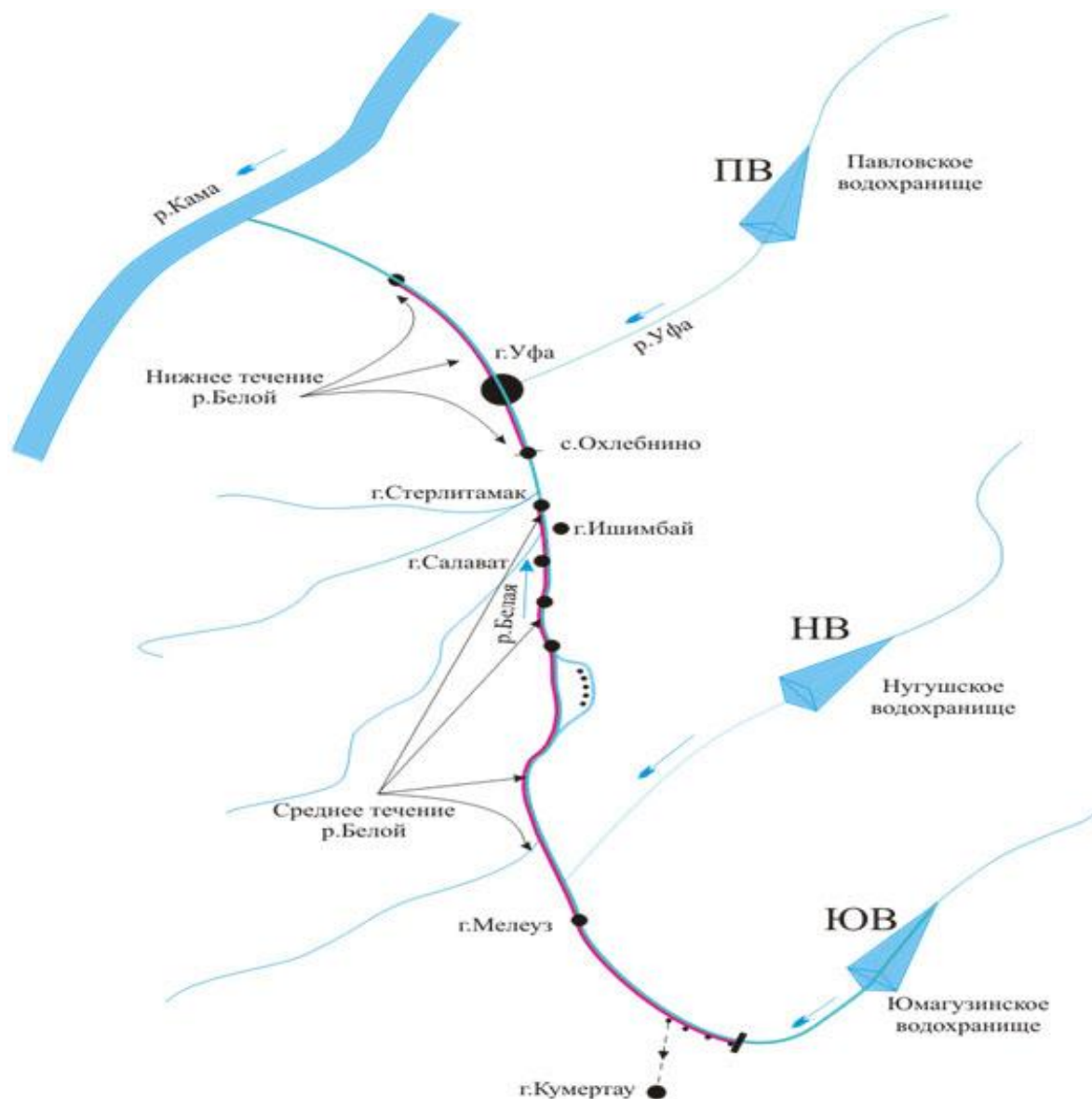


Рис. 2 Схема верхнего и среднего течения р. Белой Республики Башкортостан

Типовая модульная структура имитационной модели ПТС р. Белой и различные схемы сопряжения ее элементов, информационное обеспечение различных элементов и подсистем имитационной модели, схема организации численных алгоритмов разработаны для решения задач: оценка водохозяйственной обстановки на произвольных участках речного бассейна; моделирование состояния и режимов работы водохранилищ. Структура имитационной модели ПТС р. Белой укрупненно представлена на рисунке 3.

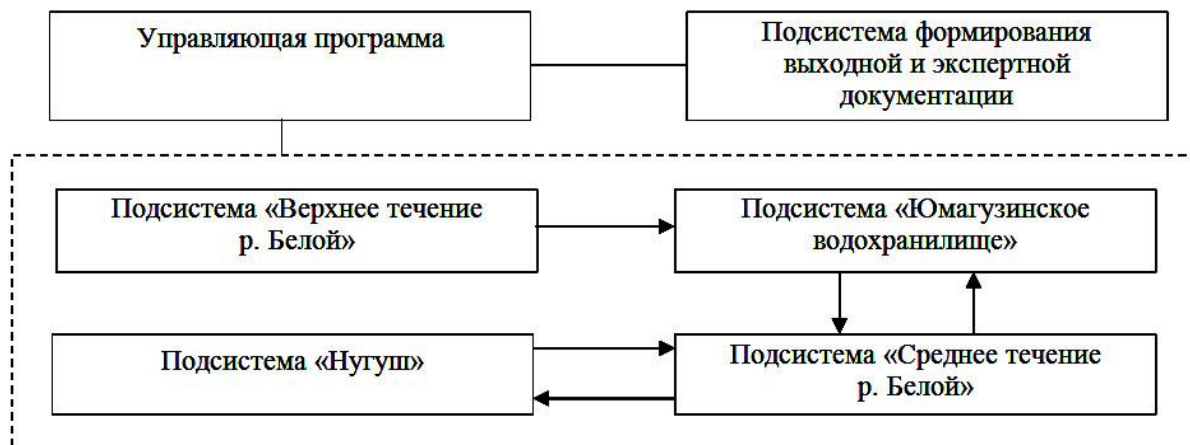


Рис. 3. Структура основных подсистем имитационной модели ПТС бассейновой геосистемы верхнего и среднего течения р. Белой

Водохозяйственная обстановка в бассейновой геосистеме р.Белой исследовалась на основе моделирования процессов функционирования водохозяйственного комплекса в составе ПТС «р.Белая», что позволило оценить колебания расходов и уровней в расчетных створах водозаборов ОАО «Салаватнефтеоргсинтез», градообразующего предприятия г. Салавата в Республике Башкортостан при различных условиях водности и режимах работы Юмагузинского и Нугушского водохранилищ. На основе этого определены критические характеристики снижения расходов и уровней в створах водозаборов и их повторяемость в пределах расчетного гидрологического ряда, что обуславливает системную взаимосвязь исследуемого объекта с окружающей внешней средой и позволяет обосновать расчетные параметры регулирующих гидротехнических сооружений для обеспечения надежной работы водозаборов.

Имитационная подсистема «Верхнее течение р.Белой» предназначена для моделирования водохозяйственной обстановки на двух участках верхнего течения основной реки и для определения приточности воды к Юмагузинскому водохранилищу.

Функциональная часть подсистемы представлена в составе двух водохозяйственных кластеров: - участок р.Белой от истока до г. Белорецка,

включая Белорецкое водохранилище; - участок р.Белой от г.Белорецка до входного створа Юмагузинского водохранилища.

В составе подсистемы моделируется поступление водных ресурсов на участках, деформация стока на участках, использование водных ресурсов из поверхностных источников, подземных вод, не связанных с поверхностным стоком, потери воды на участках, водохозяйственный баланс в разрезе выделенных водохозяйственных кластеров. С помощью описанной подсистемы определяется остаточный гидрологический ряд приточности воды к Юмагузинскому водохранилищу.

Имитационная подсистема «Среднее течение р.Белой» предназначена для моделирования водохозяйственной обстановки на участках среднего течения р. Белой, определения требований к попускам из Юмагузинского и Нугушского водохранилищ с учетом компенсации дефицитов и регулирования качества воды на участках.

Рассматриваемая подсистема – основная в структуре имитационной модели ВХС верхнего и среднего течения р. Белой.

Имитационная подсистема «Юмагузинское водохранилище» предназначена для построения правил регулирования стока и управления водными ресурсами р. Белой в среднем течении, выполняется анализ эффективности диспетчерских правил работы водохранилища, оценка водохозяйственного баланса и текущих отдач водохранилища при управлении водными ресурсам в среднем течении р. Белой.

Имитационная подсистема «р.Нугуш» предназначена для моделирования водохозяйственной обстановки в бассейне р.Нугуш, выбора правил работы Нугушского водохранилища, определения расходов, поступающих в реку Белую.

Нугушское водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока для обеспечения санитарной приточности и водопотребления на участке р. Белой г. Салават – г. Стерлитамак. В составе подсистемы «р.Нугуш» выделено три кластера: верхнее течение р.Нугуш, Нугушское водохранилище, нижнее течение р.Нугуш. С помощью данной подсистемы

определяется остаточный гидрологический ряд приточности воды к участку среднего течения р.Белой.

Численные эксперименты на имитационной модели проводились в два этапа. На первом этапе строилась гидрологическая модель р. Белой в виде статистического стокового ряда в расчетных створах, определялись требования к отдам водохранилищ, а также диспетчерские правила их работы.

На втором этапе для выбранных параметров и режима диспетчерского регулирования стока осуществлялось моделирование водохозяйственной обстановки для выделенных створов и участков бассейна.

Результаты моделирования на имитационной модели позволили выполнить оценку гидрологических характеристик в створах водозаборов ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» на современном уровне.

ВЫВОДЫ:

1. Разработан специальный метод и унифицированный численный алгоритм имитационного моделирования ПТС бассейновой геосистемы, который реализован на примере ПТС р.Белой.

2. Определены критические характеристики расходов и уровней в створах водозаборов и их повторяемость в пределах расчетного гидрологического ряда, что позволило обосновать расчетные параметры регулирующих гидротехнических сооружений для обеспечения функциональной надежности работы водозаборов.

Список литературы

1. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. М.: Наука, 1977. 240 с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем М.: Наука, 1977. 399 с.