

# • ОБМЕН ОПЫТОМ •

## СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ И ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ КАСКАДА НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ КАРШИНСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА\*

**Ш. Х. Рахимов<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор

**А. Ж. Сейтов<sup>1</sup>**, PhD, старший научный сотрудник

**М. Р. Шербаев<sup>1</sup>**, младший научный сотрудник

**Д. Жумамурадов<sup>2</sup>**, младший научный сотрудник

**Ф. Ж. Дусиёров<sup>1</sup>**, младший научный сотрудник

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем,  
г. Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Нукусский филиал Навоинского государственного горного института,  
г. Нукус, Узбекистан

### Аннотация

Разработаны структура базы данных и программные модули для моделирования неустановившегося движения воды на участках Каршинского магистрального канала, а также водоподачи каскада насосных станций, оснащенных осевыми поворотно-лопастными насосными агрегатами. Приведены результаты моделирования неустановившегося движения воды в изометрии в плоскости (x, t) на участках 1 и 2 изменения расхода и уровня воды Каршинского магистрального канала, а также суточных эксплуатационных режимов работы насосной станции 1 каскада Каршинского магистрального канала.

**Ключевые слова:** структура базы данных, программные модули, моделирование, управление, водные ресурсы, каскад насосных станций, неустановившееся движение воды, участки канала.

### Annotation

**Sh. Rakhimov, A. Seytov, M. Sherbaev,  
D. Zhumamuradov, F. Dusiyorov**

### A DATABASE STRUCTURE AND SOFTWARE MODULES FOR MODELING OF WATER RESOURCES MANAGEMENT OF THE CASCADE OF PUMPING STATIONS OF THE KARSHI MAIN CANAL

A database structure and software modules have been developed for modeling unsteady water movement in sections of the Karshi main canal, as well as water supply to the cascade of pumping stations equipped with axial rotary-vane pump units. The results of modeling unsteady water movement in the isometry in the (x, t) plane in sections 1 and 2 of the change in the flow rate and water level of the Karshi main canal, as well as daily operating modes of the pumping station 1 of the Karshi main canal cascade are presented.

**Keywords:** database structure, program modules, modeling, management, water resources, cascade of pumping stations, transient water movement, channel sections.

### Введение

В работах [1, 2, 3] были разработаны алгоритмы решения задач моделирования управления водными ресурсами водохозяйственных систем и объектов. Для получения результатов моделирования управления

водными ресурсами необходимо иметь структуру базы данных и программные модули решения задач моделирования управления водными ресурсами водохозяйственных систем и объектов.

\*В рамках двустороннего сотрудничества между НАН Беларуси и Министерством инновационного развития Республики Узбекистан.

Статья публикуется в авторской редакции.

### Структура базы данных и программные модули для моделирования неустановившегося движения воды на участках магистрального канала

Для моделирования неустановившегося движения воды на участках Каршинского магистрального канала необходима следующая информация:

- характеристики участка, т. е. номер, наименование, наименование начальных и конечных створов;
- гидравлические элементы: ширина участка по дну, коэффициент откоса, уклон дна, коэффициент шероховатости и длина участка;
- характеристики потерь: формула расчета потерь и его параметры;
- параметры расчетной конечно-разностной схемы: шаги по длине и по времени;
- боковые водозаборы: расположение их по длине;
- начальные распределения уровня и расхода воды на участке канала по длине;
- характеристики граничных условий, режимы граничных условий;
- распределение расхода, уровня и отметки свободной поверхности воды на участке канала для каждого момента времени.

Для хранения этих параметров разработаны перечень таблиц базы данных и их структура, которые приведены в табл. 1.

Для удобства работы ввода данных по участкам канала в таблицах базы данных разработаны их формы.

Формы являются типом объектов, которые обычно используются для отображения информации в базе данных. Форму можно также использовать как графическую кнопку на экране, открывающую другие формы или отчеты базы данных, а также как пользовательское диалоговое окно для ввода данных и выполнения действий, определяемых введенной информацией. Большинство форм являются присоединенными к одной или нескольким таблицам и запросам из базы данных. Источниками записей в формах являются поля в базовых таблицах и запросах. Форма не должна включать все поля из каждой таблицы или запроса, на основе которых она создается.

Присоединенная форма получает данные из базового источника записей. Другие выводимые в форме сведения, такие как заголовок, дата и номера страниц, сохраняются в макете формы.

Таблица 1 – Перечень таблиц базы данных и их структуры

№ п/п	Название	Назначение
<i>Таблицы</i>		
1	<i>Участки канала</i>	Наименование и основные характеристики участка канала
2	<i>ГидПарУчКанала</i>	Гидравлические параметры участка канала
3	<i>НачУслУчКанала</i>	Начальные условия участка канала
4	<i>ШагиМоделирования</i>	Временные и пространственные шаги моделирования
5	<i>ХаракПотерь</i>	Параметры расчета потерь воды на участке
6	<i>БокВодозаборы</i>	Месторасположение боковых водозаборов
7	<i>ЛевоеГрУсловия</i>	Параметры левых граничных условий
8	<i>ПравоеГрУсловия</i>	Параметры правых граничных условий
9	<i>ИзмПарЛевГрУсловия</i>	Изменяемые параметры левых граничных условий во времени
10	<i>ИзмПарПравГрУсловия</i>	Изменяемые параметры правых граничных условий во времени
11	<i>РаспРасх</i>	Распределение расхода воды по длине участка канала в каждый момент времени
12	<i>РаспУровня</i>	Распределение уровня воды по длине участка канала в каждый момент времени
13	<i>РаспОтметки</i>	Распределение отметки свободной поверхности воды по длине участка канала в каждый момент времени

Связь между формой и ее источником записей создается при помощи графических объектов, которые называют элементами управления. Наиболее часто используемым для вывода и ввода данных типом элемента управления является поле. Формы можно также открывать в режимах сводной таблицы или диаграммы для анализа данных. В этих режимах пользователи могут динамически менять макет формы для изменения способа представления данных. Существует возможность упорядочивать заголовки строк и столбцов, а также применять фильтры к полям. При каждом изменении макета сводная форма немедленно выполняет вычисления заново в соответствии с новым расположением данных.

Подчиненной называют форму, вставленную в другую форму. Первичная форма называется главной. Комбинацию «форма / подчиненная форма» часто называют также иерархической формой, или комбинацией «родительской» и «дочерней» форм.

Подчиненные формы особенно удобны для вывода данных из таблиц или запросов, связанных отношением «один – ко многим». Главная и подчиненная в этом типе форм связаны таким образом, что в подчиненной

выводятся только те записи, которые связаны с текущей записью в главной форме. Например, на рис. 1 приведена главная форма «Модели участков канала» на верху, которая отображает параметры участков Каршинского магистрального канала. Ее подчиненная форма «Гидравлические параметры участка» отображает гидравлические параметры участков канала; подчиненная форма «Начальные условия» отображает параметры начального распределения уровня и расхода воды по длине, а подчиненная форма «Управляемые параметры» отображает изменения расхода воды на границах участков канала. При создании главной и подчиненной форм, основанных на таблицах, связанных отношением «один – ко многим», главная форма представляет сторону «один» отношения, а подчиненная форма представляет сторону «многие». Главная форма синхронизируется с подчиненной таким образом, что в подчиненной форме выводятся только записи, связанные с записью в главной форме. Форма для моделирования участков Каршинского магистрального канала приведена на рис. 1.

База данных и программные модули для участков канала приведены в табл. 2.

Рисунок 1 – Форма для моделирования участков Каршинского магистрального канала

Таблица 2 – База данных и программные модули для участков канала

№ п/п	Название	Назначение
<i>Формы</i>		
1	<i>Модели участков канала</i>	Наименование и основные характеристики участка канала
2	<i>ГидравПараметры</i>	Гидравлические параметры участка канала
3	<i>ХаракПотерь</i>	Параметры расчета потерь воды на участке
4	<i>БокВодозаборы</i>	Месторасположение боковых водозаборов
5	<i>НачРаспределение</i>	Начальное распределение уровня и расхода воды

База данных и программные модули для участков канала решают задачу моделирования режимов работы участков канала и ввод данных в базу справочных и фактических характеристик участков канала. В группах таблиц участки канала; *ГидПарУчКанала*; *НачУслУчКанала*; *ШагиМоделирования*; *ЛевоеГрУсловия*; *ПравоеГрУсловия*; *ХаракПотерь*; *БокВодозаборы*; *ИзмПарЛевГрУсловия*, *ФАКПарУчКан* и *RESРасУчКан* содержатся все входные информации для расчета режимов работы участков канала. Программные модули *ModУчКан*, *РасКоефГрУс*, *РасПрогКоефУчКан*

и *РасРасхУровУчКан* предназначены для моделирования режимов работы участков канала, расчета коэффициентов граничных условий, расчета прогоночных коэффициентов и расчета расходов и уровней участков канала. Структура базы данных и программных модулей для моделирования участков каналов приведены на рис. 2.

На рис. 3 и 4 приведены результаты моделирования неустановившегося движения воды в изометрии плоскости (x, t) на участках 1 и 2 изменения расхода и уровня воды Каршинского магистрального канала.

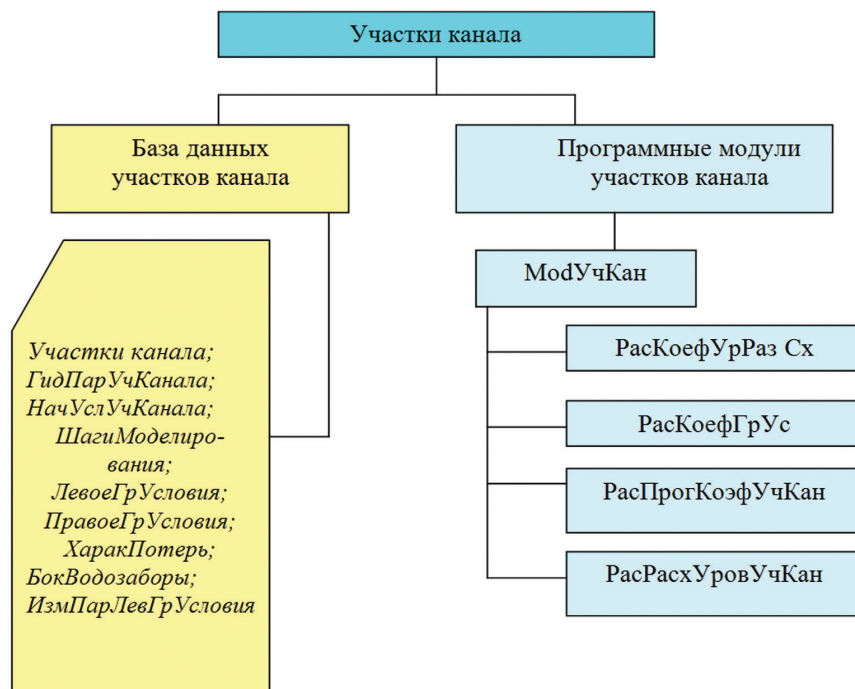


Рисунок 2 – Структура базы данных и программных модулей для моделирования участков каналов

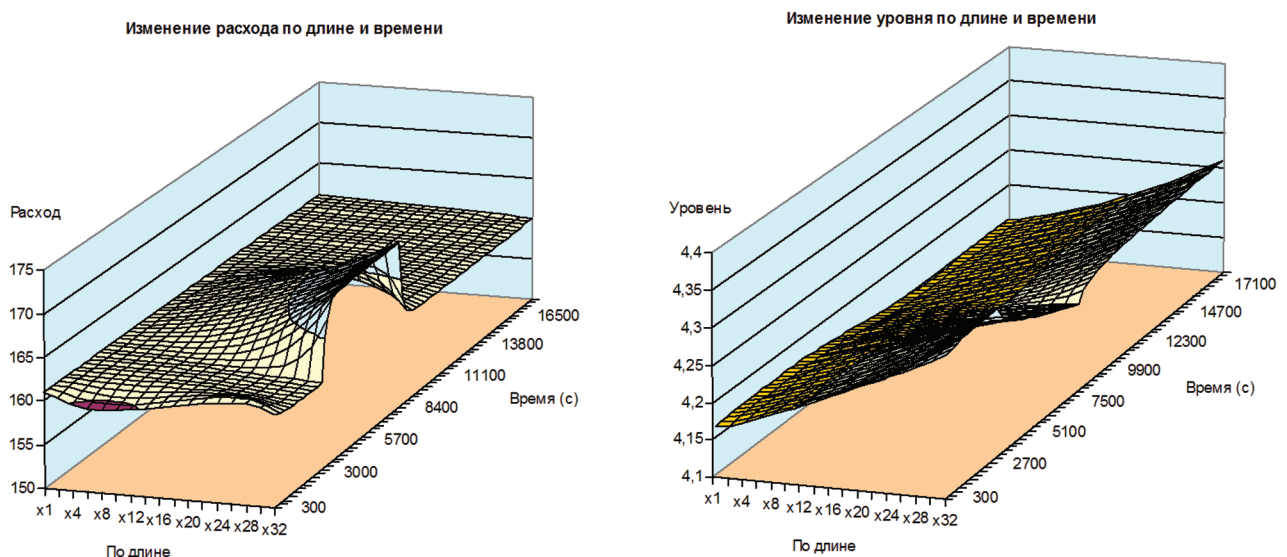


Рисунок 3 – Моделирование режимов работы участка 1 Каршинского магистрального канала

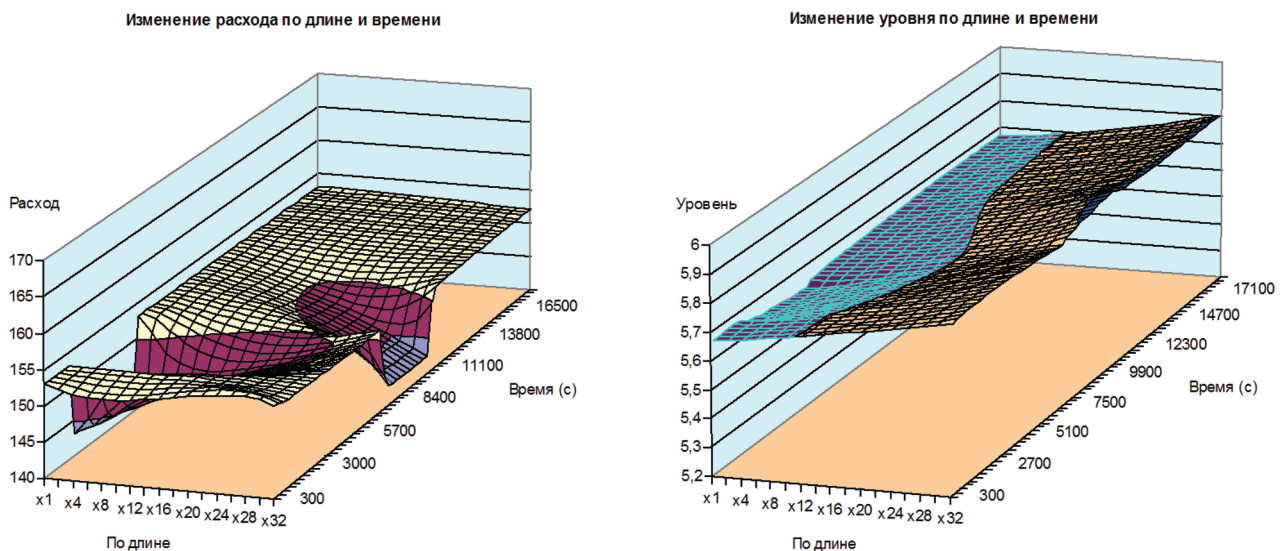


Рисунок 4 – Моделирование режимов работы участка 2 Каршинского магистрального канала

### Структура базы данных и программные модули для моделирования процесса водоподачи каскада насосных станций, оснащенных осевыми поворотно-лопастными насосными агрегатами

Моделирование режимов процесса водоподачи насосных станций, оснащенных осевыми поворотно-лопастными насосными агрегатами основывается на следующей информации:

- номера насосных станций и типов их агрегатов;
- расходные характеристики насосных агрегатов;
- энергетические характеристики насосных агрегатов;
- характеристики трубопроводов;
- уровни воды в верхних и нижних бьефах насосных станций.

Для хранения этих параметров разработаны перечень таблицы базы данных и их структуры, которые приведены в табл. 3.

База данных и программные модули для насосных станций решают задачу моделирования режимов работы насосных станций, ввод

данных в базу справочных и фактических характеристик насосных агрегатов.

В группах таблиц *НомНС\_НА*; *РасХарНА*; *ЭнерХарНА*; *Характеристики трубопроводов*, *УрВБ\_НБ* содержатся все входные информации для расчета режимов работы насосных станций.

Программные модули *ModНС*, *ModНА*, *РасОВЛНА*, *РасРасхНА* *РасЭНЭнерНСНА* предназначены для моделирования режимов работы насосных станций, расчета коэффициентов граничных условий и расчета прогоночных коэффициентов. Структура базы данных и программных модулей для моделирования водоподачи насосных станций приведены на рис. 5.

На основе разработанных программных модулей моделирования насосных станций приведены результаты моделирования суточных эксплуатационных режимов работы насосных станций Каршинского магистрального канала (табл. 4).

Таблица 3 – Перечень таблицы базы данных и их структуры

№ п/п	Название	Назначение
<i>Таблицы</i>		
1	<i>НомНС_НА</i>	Номера насосных станций и типов их агрегатов
2	<i>РасХарНА</i>	Расходные характеристики насосных агрегатов
3	<i>ЭнерХарНА</i>	Энергетические характеристики насосных агрегатов
4	<i>Характеристики трубопроводов</i>	Характеристики трубопроводов
5	<i>УрВБ_НБ</i>	Уровни воды верхних и нижних бьефов

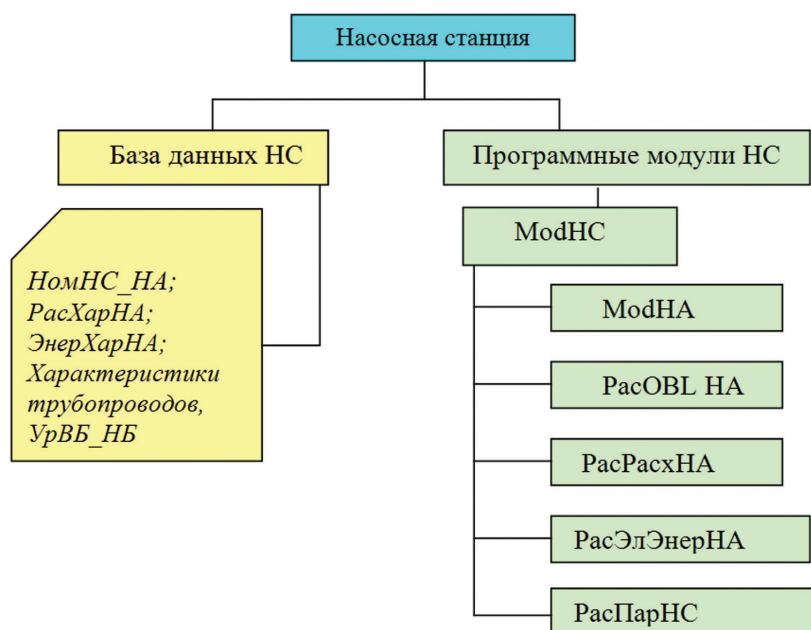


Рисунок 5 – Структура базы данных и программных модулей для моделирования водопдачи насосных станций

Таблица 4 – Результаты моделирования суточных эксплуатационных режимов работы насосных станций Каршинского магистрального канала

Параметры насосных станций	Размерность	00:00	06:00	12:00	16:00
НС-1					
Уровень НБ	м	6,60	6,40	6,60	6,60
Уровень ВБ	м	24,60	24,20	24,60	24,60
НА-1					
Угол разв.л	Градус	–	–2	–2	–2
Расход воды	м.куб/с	–	42,60	42,60	42,60
Мощность	МВт	–	10,79	10,85	10,85
НА-2					
Угол разв.л	Градус	–4	–	–	–
Расход воды	м.куб/с	38,90	–	–	–
Мощность	МВт	10,11	–	–	–
НА-3					
Угол разв.л	Градус	–	–	–	–
Расход воды	м.куб/с	–	–	–	–
Мощность	МВт	–	–	–	–
НА-4					
Угол разв.л	Градус	–8	–2	–2	–2
Расход воды	м.куб/с	32,50	42,60	42,60	42,60
Мощность	МВт	7,86	10,79	10,85	10,85
НА-5					
Угол разв.л	Градус	–8	0	–	–
Расход воды	м.куб/с	32,50	45,10	–	–
Мощность	МВт	7,86	11,17	–	–
НА-6					
Угол разв.л	Градус	–4	–4	0	0
Расход воды	м.куб/с	38,90	38,90	45,10	45,10
Мощность	МВт	10,11	10,06	11,23	11,23
Расход воды НС	м.куб/с	142,80	169,20	130,30	130,30
Мощность НС	МВт	35,95	42,81	32,92	32,92

### Заключение

Разработаны структура базы данных и программные модули для моделирования управления водными ресурсами каскада насосных станций Каршинского магистрального канала. Промоделированы неустановившееся движение воды в изометрии  $(x, t)$  на участках 1 и 2 изменения расхода и уровня воды канала, а также суточные эксплуатационные режимы работы насосной станции 1 каскада насосных

станций Каршинского магистрального канала. Результаты разработки внедрены в Управление по эксплуатации Каршинского магистрального канала, дают возможность, при оптимальном управлении водораспределения в каналах ирригационных систем, за счет уменьшения потерь водных ресурсов на 7–10 %, дают возможность уменьшить расходов электроэнергии на 3–5 %.

### Библиографический список

1. Рахимов, Ш. Х. Алгоритмы оптимального управления распределением воды в каналах ирригационных систем в условиях дискретности водоподдачи потребителям / Ш. Х. Рахимов, Х. Ш. Гаффаров, А. Ж. Сейтов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 6. – С. 6-10.
2. Рахимов, Ш. Х. Управление системами машинного водоподъема / Ш. Х. Рахимов. – Ташкент : Фан, 1986. – 137 с.
3. Абуталиев, Ф. Б. Оптимальное управление системами машинного водоподъема / Ф. Б. Абуталиев, Ш. Х. Рахимов, И. Бегимов. – Ташкент : Фан, 1992. – 151 с.

Поступила 30.08.2019