

УДК 627.83:626.83

**Д. А. Нецепляев, В. И. Коржов, М. Р. Гонзалез-Гальего, А. А. Белоусов**  
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

*Целью исследований являлось повышение точности и оперативности моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций, используемых при их проектировании и эксплуатации. Для этого предложен алгоритм расчета, обеспечивающий возможность разработки простых в применении программных средств. Разработан алгоритм расчета для водораспределительных сетей разной конфигурации. Приведена реализация алгоритма в виде прикладной компьютерной программы, а также результаты, демонстрирующие ее возможности. Разработанный программный продукт может быть использован как организациями, так и физическими лицами, занимающимися вопросами моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций.*

*Ключевые слова: оросительная система, водораспределительная сеть, водозаборные и регулирующие сооружения, расходы воды, автоматизация расчетов.*

\*\*\*\*\*

**D. A. Netseplyaev, V. I. Korzhov, M. R. Gonzalez-Gallego, A. A. Belousov**  
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

### **AUTOMATION OF MODELING THE INTAKE STRUCTURES OPERATIONAL MODES OF IRRIGATION PUMPING STATIONS**

*The aim of the research was to increase the accuracy and efficiency of modeling the operational modes of intake structures of irrigation pumping stations used in their design and operation. For this purpose the calculation algorithm ensuring the ability to develop simple-to-use software is proposed. The calculation algorithm for water distribution networks of various configurations is developed. The implementation of the algorithm in the form of an applied computer program as well as the results demonstrating its abilities is presented. The developed software product can be used both by organizations and individuals involved in the modeling operational modes of intake structures of irrigation pumping stations.*

*Key words: irrigation system, water distribution network, water intake and control structures, water consumption, calculation automation.*

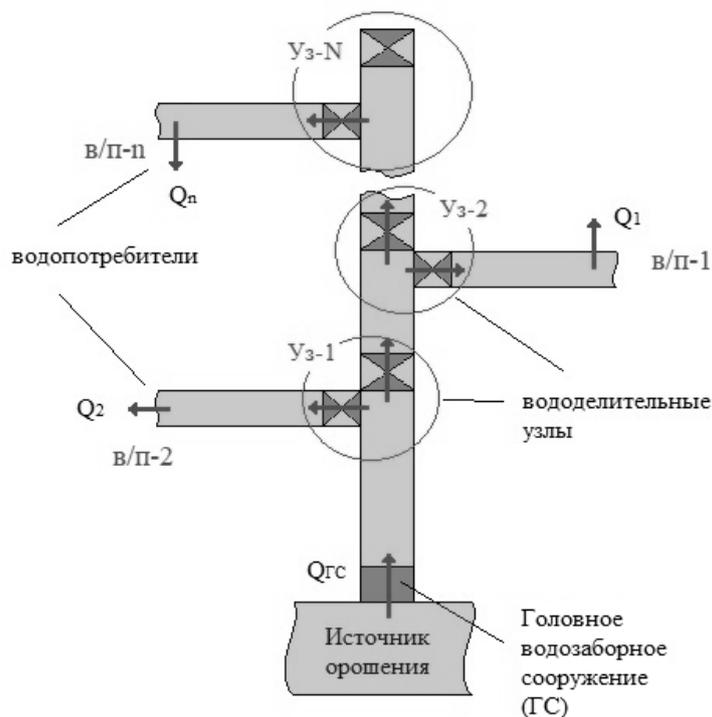
**Введение.** Одними из важнейших критериев, составляющих основу моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций, являются значения обеспечиваемых водозаборными сооружениями расходов и объемов [1–3]. В первую очередь, эти значения определяются суммой действий всех водопользователей системы в разные моменты ее работы. Кроме того, расходы и объемы водозаборных сооружений зависят от технических характеристик сооружений, их пропускной способности [4]. Также водопользователи часто могут менять режимы забора воды из системы в зависимости от используемой ими техники полива, особенностей обрабатываемых сельскохозяйственных культур и т. п. [5]. Очевидно, что приведенные факторы затрудняют оперативную и всестороннюю оценку сложившейся в оросительной системе ситуации, определяя таким образом необходимость создания

средств для решения вышеобозначенных проблем. Исходя из этого, задачей настоящей работы являлась разработка методических и программных средств для обеспечения возможности моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций в зависимости от эксплуатационно-технических характеристик оросительной системы и заборов воды водопользователями.

**Материалы и методы.** Решение поставленной задачи предполагает наличие следующих исходных данных:

- объемы регулирования;
- количество насосных агрегатов;
- расходы насосных агрегатов;
- режимы забора воды из контура регулирования по интервалам времени;
- режимы работы насосных агрегатов в течение интервала регулирования.

В качестве примера, демонстрирующего процедуру построения алгоритма расчета, была взята схема водораспределительной сети, представленная на рисунке 1.



$W_{max}$	н/а-1 $P_1$	Источник орошения
$W_{нач}$	н/а-2 $P_2$	
$W_{min}$	н/а- $i$ $P_i$	

**Рисунок 1 – Пример схемы водораспределительной сети, демонстрирующей процедуру построения алгоритма расчета**

Схема включила в себя:

- источник орошения;
- головное водозаборное сооружение (ГС);
- $N$  вододелительных узлов ( $Уз-1, Уз-2, \dots, Уз-N$ );

- $n$  водопользователей (в/п-1, в/п-2, ..., в/п- $n$ );
- значения объемов воды в системе ( $W_{\min}$  – минимальный объем регулирования,  $W_{\max}$  – максимальный объем регулирования,  $W_{\text{нач}}$  – начальный объем регулирования);
- $i$  насосных агрегатов мощностью  $P_i$  каждый.

Методика расчета расходов и доходов на водозаборном и регулирующих сооружениях системы сводится к следующему:

- определяют (задают) значения объемов воды в системе ( $W_{\min}$ ,  $W_{\max}$ ,  $W_{\text{нач}}$ ), тыс. м<sup>3</sup>;
- определяют количество насосных агрегатов в системе, шт.;
- определяют расходы каждого насосного агрегата, л/с;
- определяют режимы забора воды из контура регулирования по интервалам времени в л/с;
- определяют режимы работы насосных агрегатов в течение интервала регулирования (в ч);
- рассчитывают объемы воды в системе в каждый интервал времени:

$$W_j = \left( \sum_1^i P_i \right)_j - Q_j,$$

где  $\left( \sum_1^i P_i \right)_j$  – расход насосных агрегатов в интервал времени  $j$ , л/с;

$Q_j$  – забор воды из контура регулирования водопользователями в интервал времени  $j$ , л/с;

- строят графики на основе полученных данных.

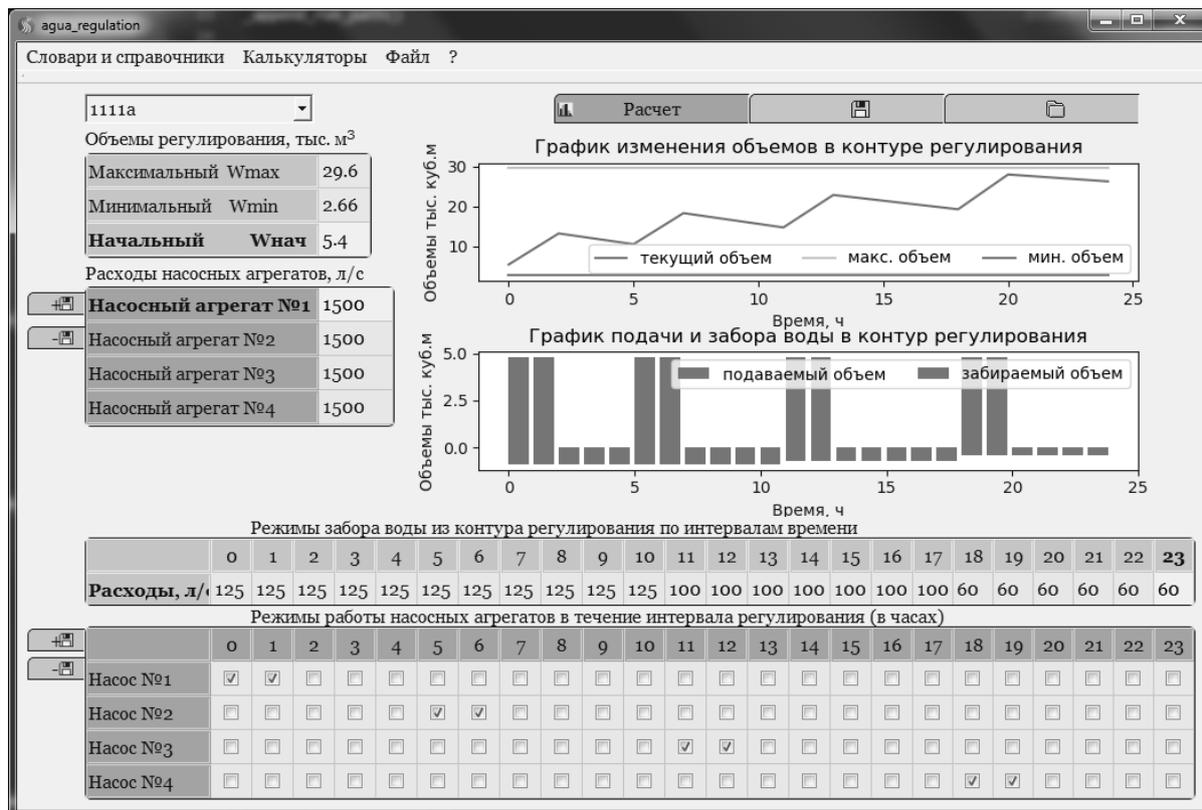
Блок-схема алгоритма, иллюстрирующая реализацию вышеприведенной методики расчета, приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма, иллюстрирующая реализацию методики расчета**

**Результаты и обсуждение.** Разработанный для решения поставленной задачи алгоритм определил целесообразность разработки программных средств, реализующих работу алгоритма, с использованием определенных инструментов разработки. В частности, для реализации был выбран язык программирования высокого уровня Python с использованием библиотек PyQt5, matplotlib, xlutils.

Пример экранной формы разработанной компьютерной программы, ориентированной на расчет системы, включающей четыре насосных агрегата, представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Пример экранной формы программы для моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций**

Отметим, что разработанная прикладная программа позволяет конфигурировать оросительную систему путем изменения количества насосных агрегатов и указания их расходов.

### Выводы

1 В ходе решения задачи моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций возникает потребность в определении значений расходов в системе в интервалах времени.

2 В целях повышения оперативности решения поставленной задачи необходимо использовать простые в использовании программные средства.

3 Предложенный вариант прикладного программного обеспечения для моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций позволяет оперативно осуществлять расчет необходимых данных и представлять результат в наглядном виде.

4 Разработанное программное средство может быть использовано как организациями, так и физическими лицами, занимающимися вопросами моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций.

### Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦ РАН, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

2 Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 361 с.

3 Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 171 с. – Деп. в ВИНТИ 14.04.14, № 96-B2014.

4 Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и вод. хозяйство, 1998. – 160 с.

5 Анализ влияния новых средств и способов полива на процессы управления водораспределением / В. И. Коржов, О. В. Сорокина, Т. В. Коржова, Г. О. Матвиенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4(32). – С. 105–125. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec574-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec574-field6.pdf). – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-105-125.

УДК 621.224:626.816

**О. Р. Азизов**

Управление насосных станций и энергетики Министерства водного хозяйства, Самарканд, Республика Узбекистан

**А. С. Газарян, Н. Р. Насырова, Н. М. Исмаилов**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

### **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОПРЯГАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ**

*В статье рассматривается часть вопросов повышения надежности и безопасности насосных станций при вероятностном процессе повреждения основного оборудования и сооружений в условиях исчерпания их ресурса. Анализ этих условий показал, что параметр нестационарности неустановившегося движения воды в водоподводящих сооружениях определяющим образом сказывается на показателях надежности в рассматриваемых эксплуатационных характеристиках насосных агрегатов. Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на величину и последствия неустановившихся режимов. Износ элементов проточных трактов насосов в процессе эксплуатации вследствие кавитации и истирания взвешенными наносами приводит к резкому ухудшению режимов работы. Использование новых режимов эксплуатации рекомендуется по программе обеспечения надежности эксплуатации насосных агрегатов.*

*Ключевые слова: безопасность, насосные станции, каналы, параметры надежности эксплуатации, режимы, расчет движения воды, риск превышения, нормативные значения, силовое воздействие.*

\*\*\*\*\*

**O. R. Azizov**

Department of Pumping Stations and Energy Management Ministry of Water Resources, Samarkand, Republic of Uzbekistan

**A. S. Gazaryan, N. R. Nasyrova, N. M. Ismailov**

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Tashkent, Republic of Uzbekistan

### **SAFETY IMPROVEMENT OF GRADE-CONTROL STRUCTURES OF PUMPING STATIONS WITH TRANSIENT PROCESSES**

*Some issues of improving the reliability and safety of pumping stations in the probabilistic process of the main equipment and structures damage under the conditions of their*