

ОПЕРАТИВНОЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Ольгаренко И.В.

ФГОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»,
г. Новочеркасск, Россия

Рациональное распределение и использование оросительной воды на системах обеспечивает значительное повышение эффективности использования орошаемых земель и экологическую устойчивость агроландшафтов. Решение этой проблемы обеспечивается за счёт разработки и реализации широкого комплекса мероприятий на оросительных системах, и в том числе процесса оперативного диспетчерского управления водораспределением на межхозяйственных каналах оросительных систем с использованием уравнений Сен-Венана. Сложность решения данной проблемы заключается в том, что она относится к классу обратных задач по отношению к попускам воды в оросительных каналах [1]. Особенностью решения как прямой, так и обратной задачи является расчёт динамики движения воды в открытых каналах, так как водные массы обладают инерционностью перемещения в совокупности с требованием равномерности её поступления в заданную точку с нужным расходом. Прямая задача водораспределения доступна численному решению с использованием уравнений Сен-Венана, обратная задача не имеет численного и тем более аналитического метода решения [2]. Для решения вышеизложенной проблемы предлагается комбинированный подход приближенного решения обратной задачи водораспределения с помощью различных вариантов применения прямой задачи на основе решения уравнений Сен-Венана по бьефам (участкам канала) и решения обратной водобалансовой задачи по тем же участкам [3].

Решение задач оперативного управления водораспределением базируется на классификации сооружений по функциональным свойствам [4], что в совокупности с их местоположением характеризуются как особые точки на оросительной сети, которые полностью определяют динамику течения потока в каналах [6].

Различные сочетания особых точек на оросительной сети позволяют выделить четыре типа элементарных участков. *Первый тип* – без водовыделов, на конце участка расположена особая точка первой группы, а на входе – точки первой или второй групп; *второй* – без водовыделов, ограниченный на конце участка особой точкой второй группы, а на входе – точками первой или второй групп; *третий* – содержит различные группы боковых водовыделов, которые относятся к третьей и четвертой группам особых точек и на выходе ограничен особой точкой второй группы и обеспечивает поддержание командных уровней; *четвертый* – аналогичен третьему по функциональному назначению, но на выходе из участка размещена насосная станция.

Для всех типов элементарных участков можно записать одно общее балансовое уравнение:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = Q_{\text{вх}} - Q_{\text{вых}} - \sum_{i=1}^n q_i - Q_S, \quad (1)$$

где $Q_{\text{вх}}$, $Q_{\text{вых}}$ - расходы через левое и правое сооружение; ΔV - объём воды между левым и правым сооружением; q_i - расходы через боковые водовыделы; Q_S - суммарные потери на участке на испарение и фильтрацию; $i = 1 - n$ - номера боковых водовыделов.

Приведенная классификация позволяет установить соответствующее число задач по управлению водораспределением.

Задача 1. В момент времени T на участке канала необходимо обеспечить новый сбалансированный режим, предусматривающий увеличение расхода через перегораживающее сооружение (ПС) на входе в участок и увеличение уровня в верхнем бьефе на выходном ПС, т.е. $Q_{\text{вх}} > Q_{\text{вх}1}$, $Z_{\text{вых}} > Z_{\text{вых}1}$

Задача 2. В момент времени T на участке необходимо обеспечить новый режим, предусматривающий уменьшение расхода через перегораживающее сооружение на входе в участок и увеличение уровня в верхнем бьефе ПС на выходе из участка, т.е. $Q_{\text{вх}} < Q_{\text{вх}1}$, а $Z_{\text{вых}} > Z_{\text{вых}1}$.

Задача 3. В момент времени T на участке канала необходимо обеспечить новый режим, предусматривающий уменьшение расхода через перегораживающее сооружение на входе в участок и уменьшение уровня воды в верхнем бьефе сооружения на выходе из участка, т.е. $Q_{\text{вх}} < Q_{\text{вх}1}$, а $Z_{\text{вых}} < Z_{\text{вых}1}$.

Задача 4. В момент времени T на участке необходимо обеспечить новый режим, предусматривающий увеличение расхода через перегораживающее сооружение на входе в участок и уменьшение уровня воды, в верхнем бьефе сооружения на выходе из участка, т.е. $Q_{\text{вх}} > Q_{\text{вх}1}$, а $Z_{\text{вых}} < Z_{\text{вых}1}$.

Следует отметить, что в регулируемых каналах наблюдаются два типа течений - стационарный и нестационарный, а регулирование – переходной процесс от одного стационарного режима к другому. Взамен общепринятой характеристики времени добегания принимается время наполнения канала до рабочего уровня, а объёмы дополнительных пусков регламентируются специальными рекомендациями [5]. Тогда продолжительность набора объёма воды или его сброски на участке можно определить по формуле:

$$t = \frac{|\Delta V|}{\Delta Q}, \quad (2)$$

где $|\Delta V|$ – разница объемом воды на участке при переходе от одного стационарного режима к другому; ΔQ – разбаланс расходов.

Таким образом, во всех задачах искомыми параметрами является время, приращение расхода в переходной период, а также момент дополнительного регулирования ($T + t$). Момент времени основного регулирования T и необходимый расход $Q_{\text{вх}}$ задаются планом водопользования.

Для осуществления оперативного управления водораспределением в системе каналов диспетчеру необходимо знать объёмы воды участков и

уровни в начальном створе в зависимости от расхода и регулируемой глубины потока вблизи перегораживающего сооружения (ПС) в конце участка. С этой целью рассчитываются стационарные уравнения Сен-Венана и определяются функции:

$$h_i(Q_n, hl_i) \text{ и } V_i(Q_n, hl_i), \quad (3)$$

где h_i - глубина потока в начальном створе i -го участка; Q_n - расход воды на участке при стационарном режиме; hl_i - спектр регулируемых глубин в конце участка; V_i - объём воды i -го участка.

Совокупность этих функций для всех участков оросительной системы можно представить как базу данных стационарных режимов. Пользуясь этой базой можно рассчитать характеристики перерегулирования в особых точках, так как они зависят от параметров предшествующего и последующего установившихся режимов. Составляющие регулирования (уровни воды, расходы, время регулирования) являются решением вышеизложенных четырех задач диспетчера и вычисляются на основе системы линейных водобалансовых уравнений и функциональных зависимостей, описывающих работу гидротехнических сооружений. При циклическом регулировании водораспределения параметры управления могут быть определены с заблаговременностью в один цикл при условии предварительной подачи заявок на воду.

Решение задач оперативного диспетчерского управления было выполнено для Миусской оросительной системы Ростовской области по разработанной компьютерной программе, реализующей стационарные уравнения Сен-Венана. Оросительная система имеет механический водозабор из Миусского лимана с проектным расходом 5,6 м³/с. Водоподъём осуществляет головная насосная станция и подаёт воду по двум нитям водовода, выполненного из стальных труб диаметром 1000 мм и протяжённостью 1500 м. Далее вода по сети каналов, выполненных в бетонной облицовке, движется самотёком. В настоящее время оросительная система обслуживает шесть сельскохозяйственных предприятий, вода которым подаётся как в открытые водовыделы, так и с использованием насосных станций. В 2010 году площадь орошаемых земель Миусской оросительной системы составляла 7800 га. Общая протяжённость межхозяйственной оросительной сети 28,2 км. В соответствии с предложенной классификацией на Миусской оросительной системе было выделено 15 участков, ограниченных соответствующими перегораживающими сооружениями, для каждого из которых рассчитывались функции (3). На рисунке 1 представлены эти функции рассчитанные для первого участка.

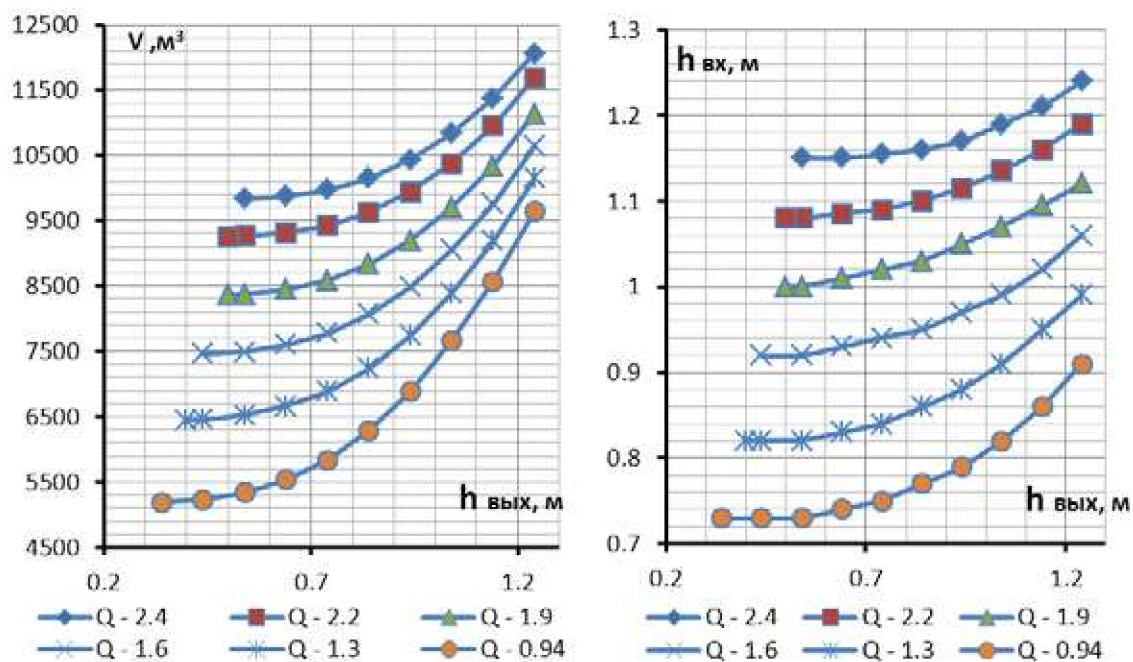


Рисунок 1 - Функции $h_l(Q_n, h_l)$ и $V_l(Q_n, h_l)$.

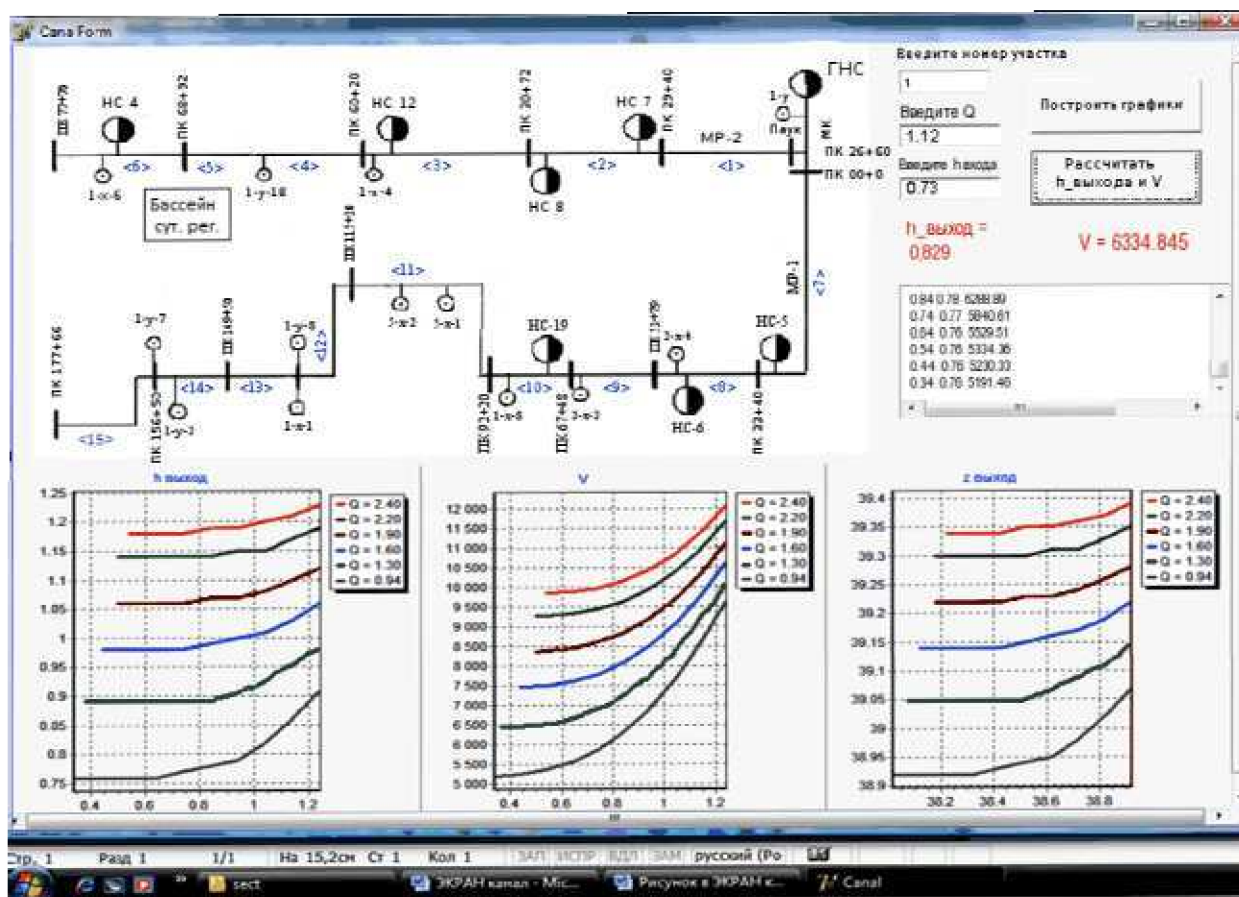


Рисунок 2 - Экран управления базой данных стационарных режимов движения воды

На рисунке 2 представлен экран программы, разработанной в качестве системы управления указанной базой данных. Для извлечения из базы нужного спектра стационарных режимов следует ввести номер участка.

Схема с нумерацией участков Миусской оросительной системы показана на экране. После чего на экран выдаются три графика: $h_i(Q_n, hl_i)$, $V_i(Q_n, hl_i)$, $Z_i(Q_n, z_{li})$. Функция Z_i рассчитана для удобства работы диспетчера, которая показывает абсолютные отметки уровня воды в начальной вершине в зависимости от уровня в регулируемой вершине. Чтобы получить информацию для промежуточных значений Q_n и hl_i достаточно ввести эти значения в соответствующие диалоговые окна. Программа выполнит интерполяцию и выдаст результат на экран.

Диспетчер, собирая поступившие заявки на подачу или отказ от подачи воды, вносит изменения в оперативный план водопользования, опираясь на расчёты выполненные компьютером.

Анализируя существующие методы регулирования водораспределения на оросительных каналах, можно сделать вывод, что регулирование по расчётному приращению объёмов является самым перспективным. К основному преимуществу данного метода следует отнести возможность проведения с большой вероятностью без сбросовое регулирование, обеспечивающее заявки потребителей на наиболее массовых типах оросительных каналов. Использование компьютерного моделирования и прогнозирования гидродинамических процессов для создания базы данных стационарных режимов и применение этих решений для расчёта водобалансовых уравнений и зависимостей, определяет параметры функционирования гидротехнических сооружений и принятия достоверных диспетчерских решений для управления оперативным водораспределением. Предложенный метод водораспределения по системе открытых оросительных каналов может являться основой для разработки правил оперативного диспетчерского управления с учётом цикличности диспетчерского регулирования и позволяет максимально использовать динамические резервные ёмкости каналов, сводя к минимуму инерционность системы.

Литература

1. Кисаров О.П., Гаврилов А.А. К постановке задачи оптимального управления водным режимом в каналах оросительных систем. // Сборник научных трудов ЮжНИИГиМ, Новочеркасск, вып.30, 1977. – с. 16-23.
2. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока // Гидрометеиздат, Ленинград, 1972. – 140 с.
3. Леви И.И. Моделирование гидравлических явлений. // 2 изд.- Л.Энергия, 1967. – 235 с.
4. Михалев М.А. Материалы по моделированию некоторых видов движения вязкой жидкости.// Известие ВНИИГим Веденеева. -Л.: Энергия, - Т.108,1975. – С. 27-39.
5. Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В., Рыбкин В.Н. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем // учебник для вузов. – Коломна: ООО «Инлайт», 2006. – 390 с.
- Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов.//Под общ. ред. Боглова А.И. - М.: Стройиздат, 1969. – 464 с.