

**Выпуск №25****Материалы научной студенческой конференции НАПКС  
по итогам 2007-2008г.г. (22-24 апреля 2008г.)**

УДК 626.83

**Боровский Б.И., д.т.н., профессор, Захаров Р.Ю., к.т.н., доцент, Покотило М.А., студентка**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**Методы оптимизации режимов работы оросительных насосных станций**

*Обоснована необходимость повышения эффективности работы оросительных насосных станций; определены методы оптимизации режимов работы оросительных насосных станций, основные задачи и комплекс мероприятий по снижению энергоемкости водоподачи, в том числе за счет дифференцированной подачи воды на орошаемый участок с помощью регулирующего бассейна.*

**Насосные станции; водоподача; энергосбережение; оптимизация; режимы работы.**

Согласно Постановлению Совета Министров Автономной Республики Крым №58 от 27 февраля 2001 года «О комплексных мероприятиях по развитию мелиорации земель и улучшению экологического состояния орошаемых угодий в 2001-2005 годах и прогноз до 2010 года» [1], мелиорация земель в Крыму является главным гарантом интенсификации сельского хозяйства, обеспечения устойчивого производства сельскохозяйственной продукции, особенно в годы с неблагоприятными погодными условиями. *Для получения высоких урожаев при любых неблагоприятных погодных условиях на Крымском полуострове альтернативы орошению нет.* От эффективности использования и сохранения мелиорируемых земель зависит экономическая, экологическая и социальная ситуация в Крыму. Многие гидротехнические сооружения, оросительные системы, насосные станции и дождевальная техника отработали установленный нормативный срок и требуют проведения реконструкции, технического переоборудования насосных станций и замены дождевальной техники, уменьшения их энергоемкости.

Основными направлениями программы развития мелиорации земель на Украине являются реконструкция мелиоративных систем и внедрение прогрессивных водознергосберегающих технологий и систем оптимизации режимов работы водохозяйственных объектов за счет замены и восстановления дождевальной техники, замены энергозатратного оборудования и изношенных участков трубопроводов.

В связи со значительными затратами топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации водохозяйственно-мелиоративного комплекса основным направлением стабилизации и дальнейшего развития водного хозяйства Украины, согласно «Концепции программы энергосбережения на водохозяйственных системах Украины в 2001-2005 годах и прогноз до 2010 года» [2], является энергосбережение.

Основными заданиями энергосбережения являются определение существующего и перспективного энергопотенциала и энергосбережения, разработка направлений по его реализации, внедрение первоочередных и перспективных энергосберегающих мероприятий.

На основании статистических данных характеристик и эффективности работы оросительных насосных станций ВМК АРК, итоговые значения которых приведены в таблице 1, четко видно, что при сохранении общего количества оросительных насосных станций и увеличении площади полива, увеличиваются фактические удельные энергозатраты на единицу поданной воды, а следовательно и себестоимость водоподачи.

Оптимизация режимов работы оросительных насосных станций заключается в определении таких совокупностей основных ее эксплуатационных показателей в определенные интервалы времени в пределах оросительного сезона, при которых обеспечивается подача необходимого количества воды соответствующего качества в требуемое место в требуемое время с наименьшими потерями при минимуме затрат и при обеспечении экологической безопасности.

При этом водоисточник, водозаборное сооружение, насосная станция (НС), оросительная сеть и дождевальные машины (ДМ) должны рассматриваться как единое целое для обеспечения гарантированной подачи воды на орошаемый участок.

Исследования по оптимизации режимов работы оросительных НС разделяются на теоретические исследования и экспериментальные исследования.

Таблица 1.

**Сравнительная таблица основных показателей работы государственных насосных станций ВМК АР Крым (по данным Рескомводхоза АР Крым, 2004, 2008)**

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Значения		2007 г. в % к 2003г.
			2003г.	2007г.	
1	Всего оросительных НС на балансе	шт.	336	336	100
2	Всего НС эксплуатировалось	шт.	212	211	99,5
3	Коэффициент использования оросительных НС		0,633	0,63	99,5
4	Всего насосных агрегатов, задействованных в работе	шт.	856	729	85,2
5	Коэффициент использования насосных агрегатов подкачивающих НС		0,603	0,476	78,9
6	Всего наличие дождевальных машин	шт.	1940	1610	83,0
7	Всего площадь орошения	га	136200	159600	117,2
8	Коэффициент использования орошаемых площадей		0,539	0,63	116,9
9	Объем воды, перекачанной подкачивающими НС	тыс. м <sup>3</sup>	173308	192335	111,0
10	Затраты электроэнергии на работу подкачивающих НС	тыс. кВт·час	29844	36373	121,9
11	Стоимость затрат электроэнергии	тыс. грн.	5957	12676	212,8
12	Фактические удельные энергозатраты	$\frac{\text{кВт}\cdot\text{час}}{\text{тыс. м}^3}$	172,2	189,113	109,8
13	Экономия за счет использования устройств многотарифного учета электроэнергии	%	11,28	9,7	86,0
14	Средняя себестоимость водоподачи	грн. / м <sup>3</sup>	0,0344	0,0659	191,6

Теоретические исследования подразумевают определение основных зависимостей по снижению энергозатрат и других эксплуатационных издержек оросительных НС. Основными методами в теоретических исследованиях являются: системный подход при формировании модели работы оросительной НС и определении основных и дополнительных совокупностей факторов влияния на режимы работы оросительной НС; построение экономически-эффективной модели работы оросительной НС с учетом обеспечения экологической безопасности [3].

Экспериментальные исследования понимаются как совокупность статистической обработки результатов экспериментальных данных и проведение вычислительного эксперимента для анализа выработанных теоретических положений.

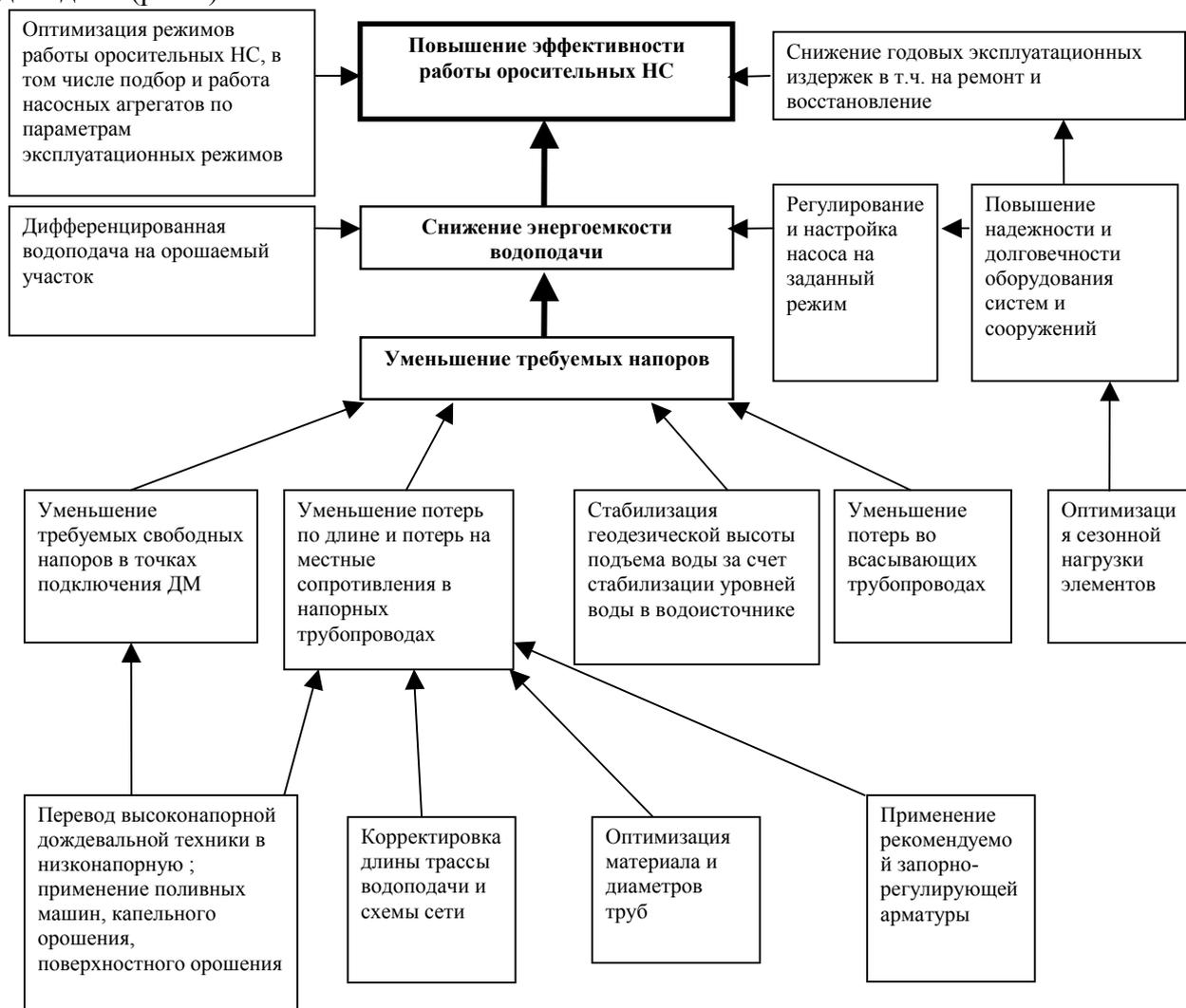
Задачами, которые должны решаться при оптимизации режимов работы оросительных НС, являются:

1. Обеспечение максимально стабильных уровней воды в водоисточнике.
2. Определение путей снижения требуемых напоров насосов.
3. Определение числа одновременно работающих насосов и их характеристик;
4. Оценка эффективности параллельной работы нескольких насосов на один напорный трубопровод.
5. Оценка эффективности различных способов регулирования насосных агрегатов.
6. Оценка эффективности преимущественно ночных поливов, которые осуществляются для экономии денежных затрат на потребленную НС электроэнергию при многотарифном учете.
7. Мероприятия по повышению эксплуатационной параметрической надежности оросительных НС.
8. Определение эффективности работы НС при различной длине трассы водоподачи.

9. Определение различий в режимах работы оросительных НС для открытой оросительной сети (ООС), закрытой оросительной сети (ЗООС), и комбинированной сети.

10. Оценка влияния режимов орошения и техники полива на режимы работы оросительных НС.

Одной из основных задач проведения исследований по оптимизации работы оросительных НС по основным факторам влияния и показателям работы является снижение энергоемкости водоподачи (рис.1).



**Рис.1. Блок-схема основных требуемых мероприятий по оптимизации работы оросительных НС**

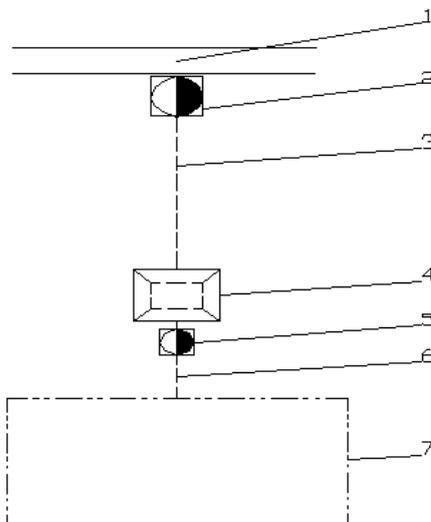
Одним из способов по осуществлению этой задачи является дифференцированная подача воды от водоисточника до орошаемого участка. Суть этого мероприятия заключается в следующем.

Подача воды на орошаемый участок осуществляется дифференцировано при помощи регулирующего бассейна по такой схеме: сначала вода забирается из водоисточника и подается перекачивающей насосной станцией (НСI) по напорному трубопроводу в регулирующий бассейн, а потом подкачивающей насосной станцией (НСII) подается из бассейна по системе трубопроводов в оросительную сеть (рис.2).

Наличие в структуре водоподачи регулирующего бассейна позволяет:

- увеличить эффективность и надежность водоподачи за счет накопления резервного объема;
- уменьшить непродуктивный сброс воды из каналов разного порядка за счет более стабильного режима управления водоподачей;
- уменьшить негативные нагрузки на территории, прилегающие к каналам, за счет поддержания горизонтов воды меньших чем максимальные;
- уменьшить годовые суммарные эксплуатационные затраты на оросительной системе за счет уменьшения суммарных объемов перекачки воды и более точного соответствия параметрам

- эксплуатационных режимов насосных станций, в том числе с учетом использования регулирования работы насосов;
- улучшить микроклимат орошаемых территорий и территорий, прилегающих к насосным станциям.



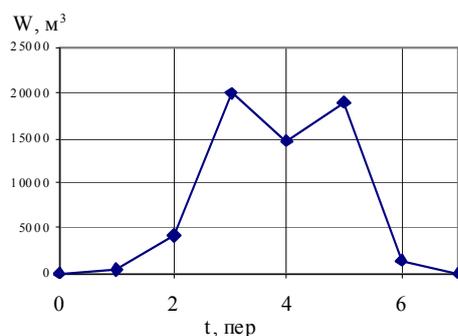
**Рис. 2. Оросительная система 1- источник воды; 2- перекачивающая насосная станция; 3- напорный трубопровод; 4- регулирующий бассейн; 5- подкачивающая насосная станция; 6- главный напорный трубопровод; 7- орошаемый участок**

Объем регулирующего бассейна  $W_{п.б.}$ ,  $m^3$ , определяется на основании графика накопления воды в регулирующем бассейне (рис.3), который строится на основании графиков поступления воды в бассейн от НСИ и отбора воды из бассейна НСИ, а при их отсутствии по формуле, аналогичной формуле [4]:

$$W_{п.б.} = Q_{сут.маx} \cdot \left( 1 - K_1 + (K_2 - 1) \cdot \left( \frac{K_1}{K_2} \right)^{\frac{K_2}{(K_2-1)}} \right)$$

где  $Q_{сут.маx}$  – требуемый расход воды в период максимального водопотребления согласно графику поливов на орошаемый участок,  $m^3/сут$ ;

$K_1$  – коэффициент общей неравномерности объемов водоподачи, - отношение объема водопотребления НСИ к объему водоподачи НСИ.  $K_1$  зависит от величины испарения с поверхности водного зеркала в бассейне и фильтрации через ложе бассейна, а также от КПД напорного трубопровода от НСИ до НСИ. Так как испарение меняется в течение оросительного сезона, то значение  $K_1$  определяется путем интегральной оценки в конкретных условиях.  $K_1 \approx 1$  в случае, когда условно считается фильтрация и испарение близкими к нулю.

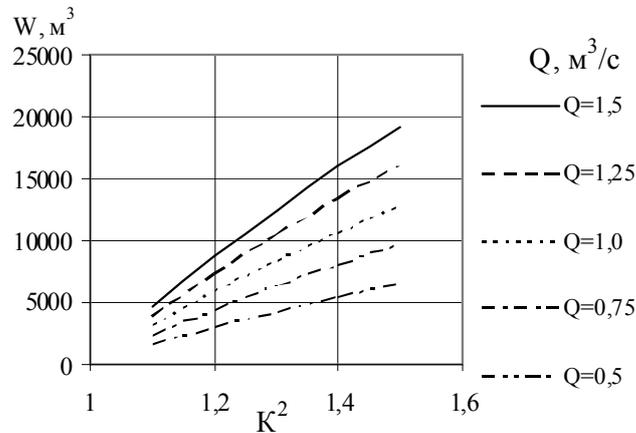


**Рис. 3. График накопления воды в регулирующем бассейне**

$K_2$  - коэффициент неравномерности подачи, - отношение подачи первой насосной станции (НС I) к подаче второй насосной станции (НС II) за интервал времени  $\Delta t_{\text{реж}}$ .

Интервал времени  $\Delta t_{\text{реж}}$  равен времени работы в постоянном эксплуатационном режиме, который определяется показателями работы дождевальной техники.

Зависимость объема регулирующего бассейна от коэффициента неравномерности подачи  $K_2$  при  $K_1=1$  для различных расходов НСII представлена на рис.4.



**Рис.4** График зависимости объема регулирующего бассейна  $W_{\text{р.б.}}$  от коэффициента неравномерности подачи  $K_2$  при коэффициенте общей неравномерности объемов водоподачи  $K_1=1$ .

Окончательное решение по определению объема регулирующего бассейна принимается на основании технико-экономического сравнения вариантов по маркам насосно-силового и вспомогательного оборудования (частотных преобразователей в том числе) и режимов их работы; и, соответственно, вариантов требуемых объемов регулирования; а также исходя из обеспечения более высокого уровня экологической надежности.

#### ВЫВОДЫ.

1. Работа существующих оросительных насосных станций с имеющимися режимами, оборудовании и его техническом состоянии является экономически неэффективной за счет избыточных затрат электроэнергии.
2. Для повышения эффективности работы оросительных насосных станций необходим комплекс мероприятий, основой которых является оптимизация режимов работы для снижения энергоемкости водоподачи.
3. Снижение энергоемкости водоподачи возможно за счет дифференцированной подачи воды на орошаемый участок с помощью регулирующего бассейна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексные мероприятия по развитию мелиорации земель и улучшению экологического состояния орошаемых угодий в 2001 – 2005 годах и прогноз до 2010 года по Автономной Республике Крым. Постановление Совета Министров АРК от 27 февраля 2001 года № 58.
2. Концепція програми енергозбереження на водогосподарських системах України у 2001-2005 роках і прогноз до 2010 року, затверджена наказом Держводгоспу України від 05.11.2001 р. №237.
3. Карук Б.П. Системный подход и системный анализ в проектировании мелиоративно-водохозяйственных объектов. – К.: Изд-е ВИПК Минфодхоза СССР, 1988. – 183 с.
4. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. - М: Стройиздат, 1985. - 136с.