

УПРАВЛЕНИЕ УРОВЕННЫМ РЕЖИМОМ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА НА САМОТЕЧНО-НАСОСНЫХ СИСТЕМАХ

Н. М. Авраменко, кандидат технических наук

РУП «ПОСМЗиЛ»

В. Н. Карнаухов, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: технологический регламент, водный режим, самотечно-насосная система, река-водоприемник, магистральный канал, насосная станция, кривая обеспеченности, гидрограф, сток, уровень, самотечный сброс воды

Введение

Работы по регулированию русел рек-водоприемников в Полесье показали, что управление водным режимом на самотечных осушительных системах требует значительных затрат на поддержание водоприемника в исправном состоянии. Недостатком данной конструкции осушительной системы является необходимость осуществления периодической очистки от заиления дна русла канализированной реки-водоприемника в процессе эксплуатации. В случаях понижения поверхности осушенного массива в процессе старения мелиоративной системы, водоприемник подлежит углублению ниже проектного дна, что влечет за собой резкое увеличение затрат как на строительство, так и на эксплуатацию открытой проводящей сети.

По сравнению с самотечной осушительной системой в конструкции польдера предусмотрено возведение защитных дамб и строительство насосных станций для осуществления механического водоподъема. Дамбы используются в качестве дорожной сети, но их высота определяется исходя из необходимости сокращения длительности весеннего затопления и защиты территории от летне-осенних паводков. Сток с осушаемой территории поступает к насосной станции и перекачивается за дамбу. При этом гидрологический режим русла реки, оставленного в естественном состоянии, сохраняется в большей степени, чем при его частичном или полном спрямлении. Недостатком данного способа является большие ежегодные эксплуатационные затраты по содержанию насосных станций и на электроэнергию, используемую для перекачки в водоприемник избыточного стока воды с осушаемой территории.

Для обеспечения способа дополнительной перекачки избыточного стока самотечную мелиоративную систему в узлах пересечения проводящей и дорожной сетей предлагается обустроить подпорным сооружением и насосной станцией, гидравлически связанных между собой, и проводящей сетью водоводов для создания условий их автоном-

ной работы как в режиме самотечного сброса, так и в режиме откачки [1, 2].

Оперативное управление водным режимом на таких самотечно-насосных системах проводится путем маневрирования затворами на подпорном сооружении и использованием насосного оборудования. При этом требуется организация наблюдений за уровнями воды в магистральном водопроводящем канале и водоприемнике.

Схема управления водным режимом на самотечно-насосных системах

Управление водным режимом на самотечно-насосных системах входит в состав работ по техническому обслуживанию мелиоративных систем и призвано обеспечивать требуемый водный режим для своевременного и качественного проведения агротехнических работ на мелиорированных землях.

На рис. 1 изображен план-схема предлагаемой конструкции самотечно-насосной мелиоративной системы [2]. Мелиоративная система содержит осушительную 1 и дорожную 2 сети, скомпонованными в соответствии с местными условиями и обустроенными регулирующими и переездными сооружениями. В узле пересечения дорожной и осушительной сетей расположено подпорное сооружение 3. В обход подпорного сооружения 3 устраивается водовод 4, проходящий через насосную станцию 5. Выбор режима сброса избыточного стока самотеком или механическим водоподъемом на мелиоративной системе определяется естественным положением уровней воды в реке-водоприемнике 6 и расчетными уровнями воды в открытой сети 1. При работе в самотечном режиме подпорное сооружение 3 открывается, и вода самотеком поступает из открытой сети 1 в водоприемник 6. При повышении отметок уровней воды в водоприемнике выше расчетных для мелиоративной сети, подпорное сооружение 3 закрывается, и вода с помощью насосной станции 5 перекачивается по водоводу 4 в обход подпорного сооружения 3.

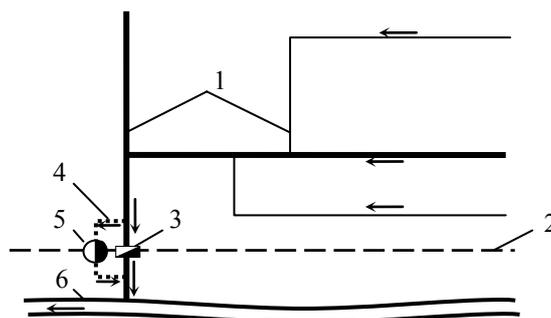


Рисунок 1 – План-схема самотечно-насосной системы

**1 – осушительная сеть; 2 – дорожная сеть; 3 – подпорное сооружение; 4 – водовод;
5 – насосная станция; 6 – водоприемник**

Основная задача насосной станции – своевременное освобождение осушенных земель от избыточного стока воды в период половодий и паводков, а также поддержа-

ние уровня грунтовых вод в требуемых пределах в период вегетации при высоких горизонтах воды в водоприемнике. При автоматизации мероприятий по регулированию водного режима насосная станция и подпорное сооружение должны быть оснащены контрольно-измерительной аппаратурой (датчики уровня воды, дистанционные уровнемеры и т.д.).

Для условий периодических дефицитов влаги в корнеобитаемом слое в составе самотечно-насосной системы допускается предусматривать сооружения и устройства (как правило, совмещенные с подпорным регулирующим сооружением), обеспечивающие увлажнение почвы в засушливые периоды [2]. Целесообразность увлажнения должна быть обоснована водно-балансовыми и технико-экономическими расчетами.

Управление водным режимом включает в себя следующее: контроль за уровнями воды в магистральном канале и водоприемнике и сравнение их значений с рекомендуемыми для возделываемых сельхозкультур; принятие решений по направленности регулирования (осушение или увлажнение); закрытие или открытие затворов регулирующих сооружений совместно с включением или выключением насосной станции. Для управления водным режимом на самотечно-насосных системах требуется, в первую очередь, знание гидрологического режима реки-водоприемника в створе впадения магистрального канала открытой сети мелиоративной системы и его расчетных максимальных эксплуатационных горизонтов.

Расчет уровня режима реки-водоприемника

Расчет уровня режима водоприемника проводится по данным внутригодового распределения стока, выраженного в процентах или долях от объема годового стока, а также в виде месячных (декадных) модульных коэффициентов K для рек аналогов, представляющих отношения среднемесячных (среднедекадных) расходов $Q_{\text{ср.}}$ к среднегодовому $Q_{\text{ср.год}}$.

$$K = Q_{\text{ср.}} / Q_{\text{ср.год}} \quad (1)$$

В практических расчетах необходимо выявлять внутригодовое распределение стока для года средней водности с обеспеченностью годового стока в пределах $33 \% \leq P \leq 66 \%$, а также для маловодных ($P > 66 \%$) и многоводных лет ($P < 33 \%$).

При наличии данных наблюдений за многолетний период, внутригодовое распределение стока устанавливают по фактическим значениям среднемесячных расходов в реальные годы с обеспеченностями стока, близкими к расчетным. Внутригодовое распределение стока неизученных рек определяют по методу гидрологических аналогий.

В качестве примера за объект-аналог возьмем водпост Лунин на реке Бобрик, для которого исследования гидрологического режима проводились по данным наблюдений

ежедневных уровней (H) и расходов (Q), взятых из гидрологических ежегодников за период с 1985 по 2007 гг. (продолжительностью 22 года). Данные для поста дополнены результатами измерений за 2008 и 2009 гг. По полученным исходным данным составлены электронные таблицы по уровням и расходам с применением программы Excel из пакета приложений MS-Office для Windows.

В соответствии со СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» для принятого водпоста построена кривая обеспеченности среднегодовых расходов (рис. 2) и рассчитаны декадные модульные коэффициенты K (табл. 1) для различных лет по водности. При исследовании гидрологического режима реки установлены лимитирующие периоды из условий сельскохозяйственного использования осушаемой площади мелиоративной системы:

- при осушении под луга – период летних дождевых паводков, так как кратковременное затопление лугов весной можно допустить;
- для полевых севооборотов с озимыми культурами лимитирующими периодами по водному режиму являются весеннее половодье и летне-осенний паводок;
- для севооборотов без озимых культур – предпосевной период, так как затопление пахотных угодий весенними водами задерживает их обработку и посев;
- при подтоплении осушенных земель водоприемником, находящимся в неудовлетворительном состоянии (заиление, зарастание и др.) при уровнях в пределах межени – меженный период.

Таким образом, лимитирующими могут быть периоды весеннего половодья, предпосевной, летне-осенних (дождевых) паводков и межень.

Для управления водным режимом на самотечно-насосных системах внутригодичное колебание уровней в реке-водоприемнике анализируется в зависимости от обеспеченности года по водности. Графики колебания уровней за вегетационный период в створе впадения магистрального проводящего канала рассчитываются по связям $H = F(Q)$, построенными для соответствующих лимитирующих периодов. На рис. 3 в качестве примера приведены такие графики для реки Бобрик в створе впадения сбросного магистрального канала Б-1 мелиоративной системы «ПОМС».

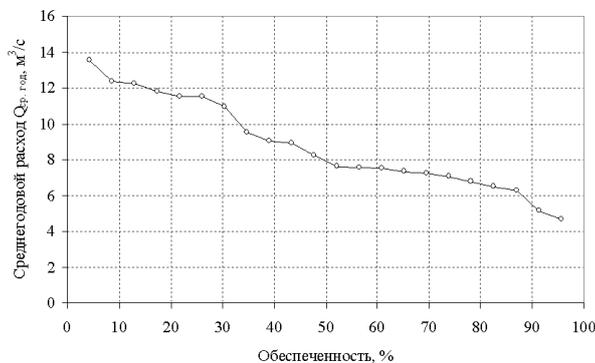


Рисунок 2 – Кривая обеспеченности среднегодового расхода для водпоста Луниин на р. Бобрик

Таблица 1 – Модульные коэффициенты внутригодового распределения стока для водпоста Лунин

	Среднедекадные модульные коэффициенты K для различных лет по водности		
	многоводный	средний по водности	маловодный
10.3	1,24	1,32	0,99
20.3	1,88	1,56	0,99
31.3	2,27	2,01	1,34
10.4	1,84	1,64	2,25
20.4	1,55	1,67	2,27
28.4	1,41	1,29	1,86
10.5	1,25	1,14	1,29
20.5	1,19	0,97	0,88
31.5	1,34	0,71	0,89
10.6	0,89	0,63	0,89
20.6	0,71	0,73	0,83
30.6	0,75	0,87	0,67
10.7	0,66	0,80	0,61
20.7	0,68	0,96	0,73
31.7	0,61	0,98	0,82
10.8	0,54	0,74	0,69
20.8	0,60	0,64	0,69
31.8	0,57	0,59	0,74
10.9	0,59	0,58	0,83
20.9	0,67	0,73	0,85
30.9	0,74	0,68	0,92
10.10	0,87	0,73	0,88
20.10	0,82	0,92	0,91
31.10	0,82	0,95	0,92
10.11	0,85	0,90	0,81
20.11	0,86	0,92	0,89
30.11	0,81	0,91	0,96

Расчет уровня режима магистрального канала

Эксплуатационные уровни и горизонты воды в устье магистрального канала (регулирующем бассейне при его наличии) устанавливаются проектом в зависимости от требований сельскохозяйственного производства к водному режиму на мелиоративной системе. Проектом должна предусматриваться возможность поддержания горизонтов воды в магистральном канале (регулирующем бассейне) в пределах от максимального до минимального эксплуатационных уровней. Минимальный эксплуатационный уровень следует устанавливать с учетом использования под наиболее требовательную к понижению уровня грунтовых вод культуру и прогноза понижения поверхности почвы за период эксплуатации на наиболее пониженном из удаленных от насосной станции участке. Следует отличать максимальный эксплуатационный уровень в аванкамере насосной станции и максимальный эксплуатационный горизонт лимитирующего периода в

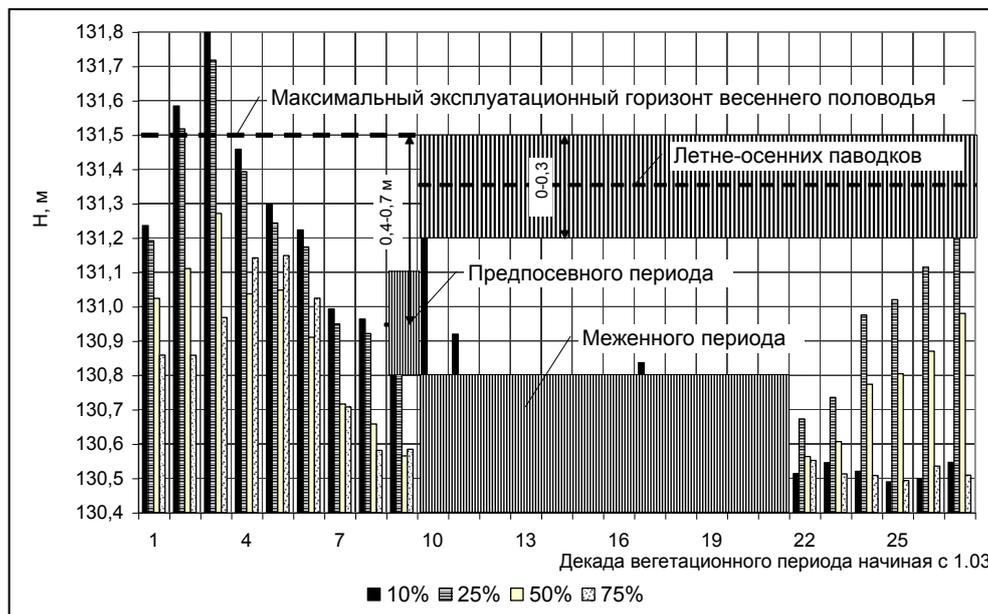


Рисунок 3 – Расчетные гидрографы уровней различной обеспеченности в р. Бобриск и пределы изменения максимальных эксплуатационных горизонтов для створа впадения магистрального канала мелиоративной системы «ПОМС»

устье магистрального канала. Максимальный эксплуатационный уровень следует устанавливать исходя из пропуска в магистральном канале расчетного расхода насосной станции без затопления поверхности почвы по всему его продольному профилю. Максимальный эксплуатационный горизонт лимитируемого периода в устье магистрального канала назначается (рис. 3) в зависимости от использования территории и принимается по табл. 2 [3].

Таблица 2 – Максимальный эксплуатационный горизонт лимитируемого периода в устье магистрального канала

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Лимитируемый период	Максимальный эксплуатационный горизонт
Полевые севообороты и пастбищные угодья	Весенний паводок	В бровках
	Предпосевной	Ниже бровок на 0,5–0,7 м
	Летне-осенний паводок	Ниже бровок на 0,2–0,3 м
Сенокосные земли	Предпосевной	Ниже бровок на 0,4–0,5 м
	Летне-осенний паводок	В бровках
Для всех видов использования земель	Среднемеженный	Без подпора впадающей сети

Примечание – большие значения уровней воды в каналах принимаются на малоуклонных территориях ($I < 0,0005$).

Максимальный эксплуатационный уровень в аванкамере насосной станции соответствует максимальному эксплуатационному горизонту в устье магистрального канала при пропуске расхода весенних паводков расчетной обеспеченности. Для определения периода самотечного сброса избыточных вод с мелиоративной системы следует делать сопоставление графиков уровней в водоприемнике и в голове магистрального канала, что также позволяет определить исходные данные для расчета водосбросных и подпорных сооружений. Например, для среднего по водности года (обеспеченность 50 %) и маловодного (обеспеченность 75 %) работа насосной станции не требуется (за исключением межлетнего периода, при условии обеспечения пропускных расчетных максимальных расходов лимитирующих периодов подпорным водосбросным сооружением самотеком (рис. 3). В многоводные годы необходима откачка части стока с включением в работу насосной станции для всех лимитирующих периодов.

Последовательность управления водным режимом на самотечно-насосных системах в течение года

Управление водным режимом в зимний период осуществляется аналогично управлению самотечными мелиоративными системами. На самотечно-насосных мелиоративных системах, предусматривающих затопление осушенных земель весенними паводками, могут иметь место следующие два случая:

– сброс воды с мелиоративной системы при понижении уровня воды в водоприемнике до поверхности земли обеспечивается самотеком в допустимые по условиям сельскохозяйственного производства сроки;

– сброс воды с мелиоративной системы при понижении уровня воды в водоприемнике до поверхности земли, не обеспечивается в допустимые для сельскохозяйственного производства сроки (необходима дополнительная откачка избыточного стока воды насосной станцией).

Во втором случае насосную станцию следует включать в работу, когда паводковые воды, в основном, освобождают поверхность почвы. Время включения насосной станции определяется проектом для различных лет по водности весеннего периода в зависимости от сроков затопления, объемов и площадей затопления, которые в свою очередь зависят от местных (топографических, гидрогеологических и климатических) условий и структуры использования осушенных земель. В остальных случаях закрытие подпорного сооружения со стороны водоприемника с одновременным включением насосов производится при превышении уровня в водоприемнике максимального эксплуатационного горизонта лимитируемого периода в магистральном канале. После закрытия подпорного сооружения со стороны водоприемника откачку воды осуществляют последовательным включением (выключением) насосов по мере нарастания (убывания) притока воды в магистральный канал.

Обеспечение режима откачки избыточного стока вод осуществляется подбором

времени последовательного включения насосных агрегатов. Поэтому после закрытия затвора режим работы насосной станции самотечно-насосных систем определяется так же, как и для польдерных систем.

Амплитуды изменения уровней воды в верхнем бьефе насосной станции, соответствующие работе каждого из агрегатов в лимитирующие периоды и необходимые горизонты воды в аванкамере при автоматизации режима работы насосной станции определяются документами, регламентирующими работу насосных станций польдерных мелиоративных систем. При понижении уровней воды в водоприемнике ниже максимальных эксплуатационных горизонтов в магистральном канале подпорное сооружение со стороны водоприемника открывается с одновременным выключением насосной станции. Расчетные уровни откачки воды (верхний уровень, при котором должны включаться насосные агрегаты, и нижний уровень, при котором откачка прекращается) в голове магистрального канала для каждого насоса в отдельности или для их сочетания определяются проектом.

Предупредительное (использование местного стока) или увлажнительное (с гарантированным водоисточником) шлюзование в засушливые периоды осуществляется путем задержания стока в магистральном канале или подачей воды из внешнего водоисточника в соответствии с принятой технологией увлажнения осушаемых земель. Выбор технологии управления водным режимом в засушливые периоды зависит от состояния водного ресурса мелиоративной системы и определяется проектом.

Заключение

На основании расчетов и наблюдений на опытных объектах, установлено, что в устьях магистральных каналов самотечных мелиоративных систем не всегда обеспечиваются требуемые отметки уровней воды, соответствующие максимальным эксплуатационным горизонтам, и мелиоративные системы в отдельные годы подтапливаются водоприемником. В годы обеспеченностью 50 % и 75 % по водности возможен сброс воды с систем во все лимитируемые периоды самотеком. В многоводные годы по водности в отдельные лимитирующие периоды самотечный сброс не обеспечивается, и требуется дополнительная откачка воды насосной станцией.

Оценку необходимости работы насосной станции для лимитируемых периодов предлагается осуществлять путем сравнения положения горизонтов воды в водоприемнике с требуемыми максимальными эксплуатационными горизонтами воды в устье магистрального канала. Предлагаемый регламент управления водным режимом на самотечно-насосных системах позволяет обеспечить сброс избыточного стока воды и поддержания требуемых горизонтов воды в открытой проводящей сети независимо от трансформации поверхности осушенной территории в процессе сработки органогенных почв и состояния водоприемника после его длительной эксплуатации.

Литература

1. Авраменко, Н. М. Самотечные насосные системы как альтернатива углублению русел рек-водоприемников / Н. М. Авраменко, В. Н. Карнаухов // Достижения и перспективы инновационного развития мелиоративной науки Беларуси. Докл. междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию Института мелиорации. Минск, 14-16 декабря 2010 г. – Минск, 2011. – С. 41–44.
2. Карнаухов, В. Н. Способы ликвидации подпоров в открытой проводящей сети самотечных систем/ В. Н. Карнаухов, Н. М. Авраменко // Мелиорация. – 2012. – №1(67). – С. 5–16.
3. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. ТКП 45-3. 04-8-2005(02250). – Минск, 2006. – С. 8.

Summary

Avramenko N., Karnauhov V.

MANAGEMENT PRODUCTION SCHEDULES A WATER MODE ON GRAVITY-PUMPING SYSTEMS

It is proposed regulation of water management regime on gravity-pumping systems, based on assessment of the need of pumping station work by the way of comparing of water horizons situation with the required maximum operating water level at the mouth of the main canal. Regulation allows provide a discharge of excess water flow and maintain the required water level in an open conducting network not depending on the transformation of dried territory surface during drawdown of organic soils and the state of water intake after prolonged usage.

Поступила 30 августа 2012 г.