

## ТВЕРДЫЙ СТОК С ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ И МЕРЫ СНИЖЕНИЯ ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ВОДОПРИЕМНИКИ

*Докт. техн. наук, проф. МИХНЕВИЧ Э. И., канд. техн. наук, доц. РУСЕЦКИЙ А. П.*

*Белорусский национальный технический университет,  
Белорусский НИИ мелиорации и луговодства НАН Беларуси*

В Белорусском Полесье для мелиорации пойм рек широкое распространение получили польдерные системы, в которых обязательными элементами являются ограждающие дамбы. Особенность Полесского региона заключается в равнинной территории со слабым уклоном поверхности, что в периоды весенних половодий приводит к широким и длительным затоплениям пойм. Защита их от затопления путем применения польдеров является наиболее эффективным способом мелиорации этих земель. Наряду с применением ограждающих дамб в преобладающем большинстве польдеров используется механический водоотвод избыточных вод насосными станциями.

Приемы эксплуатации и конструкции польдерных систем, применяемые в настоящее время, направлены на удовлетворение требований сельскохозяйственного производства и недостаточно учитывают экологические аспекты, такие как необходимость снижения выноса со сбрасываемыми водами взвешенных веществ в реки и озера, служащие водоприемниками, предотвращения причин появления взвесей в водах каналов, их деформаций, обеспечения устойчивости сечений водотоков.

Эксплуатационная откачка воды с польдеров осуществляется циклично, создавая в проводящей сети неустановившееся движение волнообразного характера с периодически возрастающими и снижающимися скоростями, колебаниями уровней воды в открытых каналах. С увеличением скоростей в проводящей сети возрастает транспортирующая способность потока и в результате размыва увеличивается мутность воды, а при сбросе ее в водоприемник, имеющий более низкие скорости, происходит отложение наносов.

В процессе проведения ремонтных работ уровни воды в проводящем и магистральном

каналах польдеров, как правило, значительно снижаются по сравнению с эксплуатационными, что улучшает производство экскаваторных и других работ, но вызывает увеличение скоростей в каналах при откачке, взмучивание и насыщение потока наносами, превышающее его транспортирующую способность, что является причиной выноса частиц грунта в водоприемник и его заиления.

Одна из причин образования взвешенных наносов в каналах – слишком близкая к их бровкам (в нарушение правил [1]) пахота и обработка почвы, которая в периоды половодий и ливневых дождей смывается в мелиоративную сеть поверхностным стоком.

При откачке воды быстрое снижение уровня в магистральном канале ведет к нарушению устойчивости откосов, повышению мутности потока и дальнейшей транспортировке взвешенных частиц в водоприемник, что также является одной из причин его заиления при неправильно выбранном эксплуатационном режиме откачки. Наиболее интенсивное заиление каналов происходит сразу после их строительства. Согласно исследованиям [2–4] в первые один-два года после строительства каналов заиление доходит до 30–35 см, в последующем повышение дна затухает и в среднем составляет 2–5 см в год.

В процессе эксплуатации мелиоративных систем на торфяниках происходит понижение поверхности почвы. Вместе с заилением дна каналов это ведет к ухудшению осушительного действия сети. С целью обеспечения требуемого осушения на польдерных системах иногда осуществляют более глубокое понижение уровней в каналах, что ведет к увеличению размывающего действия потока и дополнительному выносу взвешенных частиц в водоприемник.

В зависимости от преобладающей причины из перечисленных выше вынос взвешенных наносов может находиться в широком диапазоне. Например, на польдере «Месятичи» при ремонтных работах глубина воды в магистральном канале была понижена до 0,45 м, расход откачки составлял 0,471 м<sup>3</sup>/с. В этом случае наблюдалась мутность взвешенных наносов, равная 853 г/м<sup>3</sup>. На этом же объекте при глубине 2,2 м и расходе откачки 1,69 м<sup>3</sup>/с взвешенные наносы составляли всего 11,3 г/м<sup>3</sup>. В среднем при нормальной эксплуатации польдерных систем взвешенные наносы составляют примерно 22 г/м<sup>3</sup>, изменяясь от 15 г/м<sup>3</sup> в межень до 40 г/м<sup>3</sup> в весенний период.

Виды деформаций земляных русел и причины их возникновения присущи и водоприемникам, и самотечным системам, и польдерам. Однако нарушение местной устойчивости откосов каналов фильтрационным потоком на польдерах может возникать дополнительно в результате откачки воды насосными станциями, что является особенностью польдерных систем и подлежит отдельному рассмотрению.

Устойчивость откосов при циклической откачке, т. е. быстром снижении уровня воды в канале, сохраняется, если соблюдается условие

$$h_{в.н} < h_{в.д}, \quad (1)$$

где  $h_{в.н}$  – фактическая высота высачивания;  $h_{в.д}$  – допустимая высота высачивания.

В практике эксплуатации польдеров производить измерения высоты высачивания затруднительно в связи с плохо различимой ее верхней границей. Более удобным критерием определения местной устойчивости фильтрующегося откоса на польдерах является условие

$$v_{сн} < v_{сн.д}, \quad (2)$$

где  $v_{сн}$  – скорость снижения уровня воды в канале;  $v_{сн.д}$  – допустимая скорость снижения уровня.

На польдерных системах наибольшая скорость снижения уровня при откачке происходит в устье магистрального канала. Поэтому если в этом сечении выполняется условие (2), то в других сечениях и каналах с аналогичными характеристиками грунтов также будет обеспечиваться местная устойчивость.

Фактическую скорость снижения уровня при откачке можно определить по формуле [5]

$$v_{сн} = \frac{6(Q_n - Q_{ст})}{(2B_{А.ср} - B_i)L_0} - \frac{\varepsilon_0}{\Delta t}, \quad (3)$$

где  $Q_n$  – расход откачки насосами, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{ст}$  – сток воды в магистральный канал, м<sup>3</sup>/с;  $B_{А.ср}$  – средняя ширина свободной поверхности в устье магистрального канала за время  $\Delta t$ , м;  $B_i$  – ширина свободной поверхности воды в магистральном канале в створе выклинивания фронта волны (на расстоянии  $L_0$  от насосной станции), м;  $\varepsilon_0$  – высота фронта волны, м;  $\Delta t$  – время перемещения фронта волны от насосной станции до створа его выклинивания, с,

$$\Delta t = \frac{L_0}{\bar{c}}, \quad (4)$$

где  $\bar{c}$  – средняя скорость перемещения фронта волны на длине  $L_0$ , м/с,

$$\bar{c} = \frac{c_0 + c_i}{2}, \quad (5)$$

где  $c_0$  – скорость распространения фронта волны в устье магистрального канала, м/с;  $c_i$  – скорость перемещения фронта волны на расстоянии  $L_0$  от насосной станции, м/с:

$$c_0 = \sqrt{gH_c} - v_0; \quad (6)$$

$$c_i = \sqrt{gh_i} - v_i, \quad (7)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $H_c$  – средняя глубина в устье магистрального канала, м;  $h_i$  – глубина на расстоянии  $L_0$  от насосной станции, м;  $v_0$  – скорость потока в устье магистрального канала, м/с;  $v_i$  – то же на расстоянии  $L_0$  от насосной станции, м/с;

$$\varepsilon_0 = \frac{Q_n - Q_{ст}}{B_A c_0}, \quad (8)$$

$B_A$  – ширина свободной поверхности воды в устье магистрального канала в начале откачки, м,

$$L_0 = 1470h_0, \quad (9)$$

$L_0$  – длина канала до места выклинивания фронта воды, м;  $h_0$  – глубина воды в устье магистрального канала, м.

Эмпирическая зависимость (9) получена при  $h_0 = 0,73-1,94$  м, уклоне дна  $i = 0,0001-0,0003$ , шероховатости русла канала  $n = 0,030-0,035$ .

Допустимая скорость снижения уровня в канале определяется по формулам [2]:

$$v_{сн.д} = \delta v'_{сн.д}; \quad (10)$$

$$\delta = \frac{K}{\mu} = \frac{\sqrt{K}}{0,272 \sqrt[3]{h_{сн}}}; \quad (11)$$

$$v'_{сн.д} = \frac{6m(h_{в.д})^2}{(h_{сн} - h_{в.д})(m + 0,5)^2 h_{сн}}; \quad (12)$$

$$h_{в.д} = \frac{600[\rho_1 d_{90}(mf - 1) + mc_p / g]}{\rho_в}, \quad (13)$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации, м/ч;  $m$  – коэффициент заложения откосов;  $h_{в.д}$  – допустимая высота высачивания, м;  $h_{сн}$  – снижение уровня в канале, м;  $\rho_1$  – плотность грунта откоса, взвешенного водой, кг/м<sup>3</sup>;  $d_{90}$  – диаметр частиц грунта, в котором 90 % массы составляют более мелкие частицы, м;  $f$  – коэффициент внутреннего трения грунта в воде;  $c_p$  – расчетное удельное сцепление грунта в воде, Па;  $\rho_в$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – коэффициент водоотдачи грунта, для минеральных грунтов определяется по формуле Эркина

$$\mu = 0,275 \sqrt{K} \sqrt[3]{h_{сн}}, \text{ м/ч.} \quad (14)$$

Для пользования уравнениями (10)–(13) требуется большое число различной исходной информации.

В целях упрощения расчетов для песчаных грунтов, распространенных в Белорусском Полесье с характеристиками, приведенными в табл. 1, подсчитаны допустимые значения высоты высачивания по формуле (13).

Таблица 1

Допустимые значения высоты высачивания грунтовых вод на откос

Грунт	$f$	$d_{90}$ , мм	$\rho_в$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	$h_{в.д}$ , м, при $m$ :			$K$ , м/ч
					2,0	2,5	3,0	
Песок:								
крупнозернистый	0,77	0,80	1000	1012	0,28	0,47	0,66	0,5
средней крупности	0,69	0,45	1000	1012	0,12	0,22	0,32	0,25
мелкий	0,60	0,30	1000	1012	0,05	0,11	0,17	0,10
пылеватый	0,56	0,25	1000	1012	0,03	0,08	0,13	0,03

Для снижения уровней воды в магистральных каналах в пределах 0,2–1,3 м и при коэффициентах фильтрации от 0,03 до 0,5 м/ч песчаных грунтов, а также других характеристиках, приведенных в табл. 1, подсчитаны допустимые скорости снижения уровней в каналах по формулам (10)–(13) (табл. 2).

Приведенные разработки могут быть использованы для установления расчетного режима откачки воды насосной станции при эксплуатации польдерных систем и проектировании параметров магистральных каналов, обеспечивающих местную устойчивость откосов в условиях фильтрации воды к каналам.

При эксплуатации существующих польдеров в зависимости от водных условий на объекте и с учетом требований сельскохозяйственных культур к водному режиму почвы определяются эксплуатационные горизонты откачки и требуемое снижение уровней в аванкамере  $h_{сн}$ . По приведенной выше методике находится допустимая скорость снижения уровня в канале  $v_{сн.д}$ . Для обеспечения устойчивости откосов канала продолжительность откачки при снижении уровня на величину  $h_{сн}$  не должна превышать

$$t_{отк} = \frac{h_{сн}}{v_{сн.д}}. \quad (15)$$

Соблюдение этого условия обеспечит устойчивость откосов проводящих каналов, предотвращение выноса взвешенных веществ в водоприемник.

Приведенные выше значения мутности стоков с польдеров показывают, что формирующийся с мелиоративных систем сток взвешенных и влекомых наносов не оказывает существенного влияния на формирование твердого стока рек-водоприемников в естественных условиях.

Однако, с экологической точки зрения, могут быть такие условия, когда даже незначительный твердый сток должен учитываться и необходимо принимать меры к его снижению. Речь идет, во-первых, о тех случаях, когда водоприемником является озеро; во-вторых, при устройстве углублений на мелководных староречьях и озерах, через которые прокладывают сбросной канал с целью улучшения условий для околководных животных; в-третьих, при

Допустимые скорости снижения уровня воды в каналах

Грунт	Заложение откоса $t$	Коэффициент фильтрации $K$ , м/ч	Допустимая скорость снижения уровня воды $v_{сн. доп.}$ , м/ч, в канале при амплитуде $h_{сн.}$ , м												
			$h_{сн.}$ , м												
			0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	
Песок крупнозернистый	2	0,5	б/о	б/о	б/о	б/о	2,39	1,48	1,00	0,72	0,54	0,42	0,33	0,27	
	2,5	0,5	б/о	б/о	б/о	б/о	2,99	1,85	1,25	0,90	0,67	0,52	0,41	0,33	
	3	0,5	б/о	б/о	б/о	б/о	3,59	2,22	1,50	1,08	0,81	0,62	0,49	0,40	
Песок среднезернистый	2	0,25	б/о	1,39	0,61	0,33	0,21	0,14	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	
	2,5	0,25	б/о	1,74	0,76	0,42	0,26	0,17	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	
	3	0,25	б/о	2,09	0,91	0,50	0,31	0,21	0,15	0,11	0,09	0,07	0,05	0,05	
Песок мелкий	2	0,1	0,31	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,004	0,003	
	2,5	0,1	0,39	0,14	0,07	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,004	
	3	0,1	0,47	0,16	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	
Песок пылеватый	2	0,03	0,05	0,02	0,01	0,01	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
	2,5	0,03	0,07	0,03	0,01	0,01	0,005	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	
	3	0,03	0,08	0,03	0,01	0,01	0,01	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	

Примечание: б/о – без ограничения.

усилении проточности и ускорении водообмена на озерах в поймах рек путем подачи в них вод со сбросного канала; в-четвертых, при создании водооборотных систем, обязательной принадлежностью которых является искусственный водоем. В последнем случае воды сбрасываются не сразу в реку-водоприемник, а аккумулируются в водохранилище, а затем в период недостатка воды расходуются на увлажнение сельскохозяйственных культур, т. е. происходит замкнутый цикл водопользования. Кроме того, следует сказать, что искусственные водохранилища возводятся при комплексном использовании земельных и водных ресурсов, когда совместно с осушением осуществляется строительство рыбохозяйственных комплексов. Несмотря на небольшой твердый сток, при эксплуатации водохранилищ происходит постепенное заиление их ложа, которое в конце концов может привести к их обмелению. Меры, предусматривающие снижение количества твердого материала, поступающего в закрытые водоемы, продлевают срок их жизни, что дает значительный экологический и экономический эффект. Дело еще в том, что по мере заиления водоема, уменьшающего глубину, и поступления со сбрасываемыми водами химических удобрений создаются условия для бурного произрастания водной растительности, при этом интенсивность деградации озера или пруда со временем возрастает. Особенно этот процесс активно протекает в устьевой части сбросного

канала, впадающего в озеро, где в первую очередь происходит отложение наносов, в результате образуется отмель (бар), которая постепенно продвигается вглубь водоема. Это можно проследить на озере Вульковском Ивацевичского района в месте впадения Огинского канала, по которому сбрасываются воды с польдера «Выгоновское». В этом случае у юго-восточного берега озера образовалась отмель, которая продвигается в глубь озера на 3–5 м в год.

Водоприемником дренажных вод мелиоративного объекта «Вивнево-Подыше» является озеро Песчаное. Площадь озера – 2,09 км<sup>2</sup>, средняя глубина – 3,2 м. Чтобы предотвратить сброс в озеро твердого материала, поступающего с мелиоративной системы, на водосбросном канале перед озером был построен пруд-отстойник. Длина пруда – 450 м, глубина – 2,5 м, площадь зеркала при нормальном подпорном уровне (НПУ) – 48,7 тыс. м<sup>2</sup>, объем – 121,7 тыс. м<sup>3</sup>. Исследования, выполненные на этом объекте, показали, что объем заиления от поступающего в пруд в течение 13 лет твердого материала составил 14090 м<sup>3</sup>, т. е. почти 12 % объема всего пруда. Если бы наносы, которые выпали в осадок в пруде-отстойнике, попали в озеро и равномерно распределились по всей площади ложа, то его слой наносов составил бы порядка 1 см. Однако выпадение взвешенных частиц, поступающих в озеро, распределяется неравномерно по его акватории. Основная доля их выпадает в устьевой зоне, образуя здесь, как

уже говорилось выше, отмель, которая год от года продвигается внутрь водоема, сокращая его площадь. Это пространство быстро зарастает водной растительностью и постепенно превращается в болото. Таким образом, если бы не было пруда-накопителя, то озеро Песчаное, как показывают наши расчеты, за 13 лет потеряло бы 5–10 га своей площади в результате заиления и зарастания.

Изложенный процесс осаждения наносов наглядно можно проследить на примере водохранилища Горново, где большая доля твердого материала выпала в осадок на участке длиной 150 м от водовыпуска, на площади около 1 га. Здесь удельная мощность наносов составила 0,1 м/м<sup>2</sup>, наибольшая величина отложения наносов на этом участке достигла 0,35 м. При удалении от водовыпуска на расстояние более 150 м интенсивность заиления резко снизилась, максимальная величина наила составила 0,07–0,09 м, и он распределился довольно равномерно по дну ложа водоема, удельная толщина отложений, образовавшихся за 12 лет, составила 0,04 м/м<sup>2</sup>, или 3,3 мм/м<sup>2</sup> в год. Эти отложения (на расстоянии более 150 м) возникли, во-первых, за счет отмирания внутриводной растительности и микроорганизмов, во-вторых, за счет выпадения в осадок илистых и глинистых частиц, доля которых в составе наносов не более 10–15 % общего числа твердых частиц, поступающих во взвеси в водохранилище.

Для того чтобы исключить негативные явления, обусловленные транспортировкой сбросными водами взвешенных наносов, необходимо создавать пруды-отстойники. Схема пруда-отстойника приведена на рис. 1. Параметры пруда-отстойника (длина, ширина и глубина воды) могут быть определены расчетом по излагаемой ниже методике.

Исходя из потребности водообмена в пруде-отстойнике и обеспечения в нем непрерывного процесса осаждения частиц наносов, назначают среднюю скорость  $v$  течения воды в отстойнике.

Устойчивый процесс осаждения частиц расчетной крупности будет обеспечен в том случае, если гидравлическая крупность этих частиц  $U$  будет в 1,5 раза больше вертикальной (взвешивающей) составляющей скорости  $U_{взв}$ :

$$U \geq 1,5 U_{взв}. \quad (16)$$

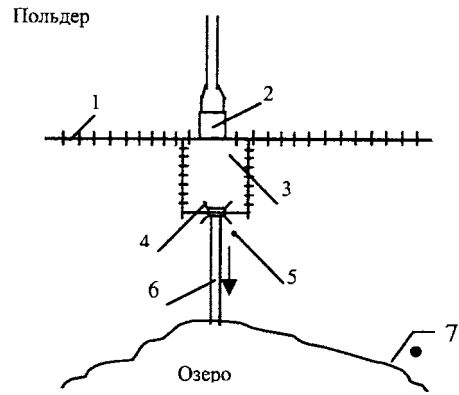


Рис. 1. Схема пруда-отстойника при сбросе стока с польдера в озеро: 1 – дамба; 2 – насосная станция; 3 – пруд-отстойник; 4 – водослив с пешеходным мостиком; 5 – водовыпуск; 6 – сбросной канал; 7 – граница уреза воды озера в межень

По данным [6], вертикальная (взвешивающая) пульсационная компонента скорости (среднее значение по глубине) определяется по формуле

$$U_{взв} = 0,41v_*, \quad (17)$$

где  $v_*$  – динамическая скорость потока,

$$v_* = \sqrt{gJR} = v\sqrt{g/C}, \quad (18)$$

$J$  – гидравлический уклон;  $R$  – гидравлический радиус, м;  $C$  – коэффициент Шези, м<sup>0,5</sup>/с;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Принимая среднее значение  $C = 40$  м<sup>0,5</sup>/с и учитывая влияние неравномерности пульсации скоростей по глубине потока коэффициентом, приближенно равным 1,73 [7], получаем расчетное максимальное значение взвешивающей скорости

$$U_{взв} = 0,0555v. \quad (19)$$

Следовательно, с учетом условия (16) скорость течения воды в отстойнике должна быть

$$v \leq 12 U, \text{ м/с}. \quad (20)$$

Так, для осаждения мелкой фракции песчаного грунта  $d = 0,1$  мм, для которой гидравлическая крупность  $U = 0,005$  м/с (при  $t = 10$  °С), значение этой скорости должно быть  $v \leq 0,06$  м/с; для средней фракции  $d = 0,25$  мм  $U = 0,021$  м/с и  $v \leq 0,25$  м/с.

Среднюю глубину воды в отстойнике  $H$  назначают как сумму расчетной глубины отложения наносов (мертвого объема)  $H_{мо}$  и рабочей

(регулирующей) глубины  $H_p$  выше уровня мертвого объема (УМО):

$$H = H_p + H_{мо}. \quad (21)$$

Обычно в мелиоративных отстойниках  $H_p = 2-3$  м.

Размеры пруда-отстойника рассчитывают исходя из трех условий: пропуска максимального расчетного расхода  $Q_p$  с заданной скоростью  $v$  для обеспечения водообмена и непрерывного процесса осаждения частиц наносов; отклонения осаждаемых наносов продольной скоростью и аккумуляции объема илистых отложений (мертвого объема).

1. Из условия пропуска заданного максимального расчетного расхода  $Q_p$  определяют необходимую среднюю ширину отстойника

$$B = \frac{Q}{vH_p}, \quad (22)$$

где скорость  $v$  принимается по (20).

2. Из условия отклонения осаждаемых наносов продольной скоростью  $v$  длину отлета частиц и соответственно длину отстойника  $L$  определяют по формуле

$$L = \alpha \frac{vH_p}{U - U_{взв}}, \quad (23)$$

где  $\alpha$  – коэффициент запаса, равный 1,2;  $U$  – гидравлическая крупность расчетной минимальной фракции наносов, подлежащих осаждению, м/с;  $U_{взв}$  – вертикальная (взвешивающая) составляющая скорости, м/с, принимается по (19), при осаждении частиц  $d < 0,05$  мм в условиях ламинарного режима движения принимают  $U_{взв} = 0$ .

Из (23) видно, что уменьшение средней скорости движения воды в отстойнике повышает эффективность осаждения наносов и соответственно уменьшает его длину.

3. Расчет мертвого объема, аккумулирующего наносы, производят следующим образом: определяют объем наносов  $W_n$ , поступающих в пруд-отстойник за период его эксплуатации до начала очистки, по зависимости

$$W_n = \Delta\rho Q_{cp} T \cdot 31,5 \cdot 10^6 / \rho_n, \quad (24)$$

где  $\Delta\rho$  – требуемое уменьшение мутности воды, кг/м<sup>3</sup>,  $\Delta\rho = \rho - \rho_{oc}$ ;  $\rho$  – среднегодовая мут-

ность откачиваемой воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{oc}$  – допустимая остаточная мутность воды на выходе из отстойника, кг/м<sup>3</sup>;  $Q_{cp}$  – среднегодовой расход откачки насосной станцией, м<sup>3</sup>/с;  $T$  – число лет между очистками отстойника (расчетный срок его службы до начала очистки), обычно устанавливаются технико-экономическим расчетом;  $\rho_n$  – плотность наносов в ложе отстойника, кг/м<sup>3</sup>.

Учитывая, что насосная станция на польдерной системе работает в неравномерном сезонном и суточном режимах, объем  $W_n$  удобно выражать через среднегодовой слой откачки воды с польдера  $h_{отк}$ , мм/год. Тогда выражение для определения объема наносов  $W_n$  примет вид

$$W_n = \Delta\rho h_{отк} F T \cdot 10 / \rho_n, \quad (25)$$

где  $F$  – водосборная площадь, обслуживаемая насосной станцией, га.

Глубину слоя отложения наносов (мертвого объема)  $H_{мо}$  определяют по формуле

$$H_{мо} = \frac{W_n}{BL}. \quad (26)$$

Полная глубина отстойника по (21):  $H = H_p + H_{мо}$ .

Если окажется, что при рассчитанной по (23) длине отстойника глубина мертвого объема  $H_{мо} > 0,5 H_p$ , то длину отстойника  $L$  увеличивают, принимая конструктивно за расчетную глубину мертвого объема значение  $H_{мо} = 0,5 H_p$ :

$$L = \frac{W_n}{0,5 H_p B}. \quad (27)$$

## ВЫВОД

Изучение твердого стока с польдерных систем показало, что по сравнению с твердым стоком рек Полесья он невелик и не может существенно повлиять на их режим. Тем не менее, применение предложенных мер позволит снизить поступление твердого стока с польдеров в водоприемники, что особенно важно при использовании в качестве водоприемников озер и водохранилищ, а предлагаемая методика расчета режима работы насосной станции призвана обеспечить устойчивость откосов проводящих каналов при откачке воды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Правила** технической эксплуатации мелиоративных систем в Белорусской ССР. – Мн.: Ураджай, 1976. – С. 33–45.
2. **Михневич Э. И.** Устойчивость русел открытых водотоков. – Мн.: Ураджай, 1988. – 240 с.
3. **Печкуров А. Ф.** Устойчивость русел рек и каналов. – Мн.: Ураджай, 1989. – 644 с.
4. **Справочник** по эксплуатации мелиоративных систем Нечерноземной зоны РСФСР / Сост. Т. И. Даишев. – Л.: Агрометеоздат, 1987. – 263 с.

5. **Русецкий А. П.** Расчет магистральных каналов польдерных систем // Мелиорация переувлажненных земель: Тр. БелНИИМиВХ. – Мн.: Ураджай, 1976. – С. 33–45.
6. **Зайцев Н. И., Клавен А. Б.** Структура макротурбулентности руслового потока // Тр. V Всесоюзного гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – Т. 10, Кн. 2. – С. 230–237.
7. **Мирицхулава Ц. Е.** Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 304 с.

УДК 625

## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ ЛИТВЫ

*Инженеры ПЕТКЯВИЧИУС Э., ПЕТКЯВИЧИУС Р.*

*Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса,  
ЗАО «Лемминкайнен Лиетува» (Вильнюс, Литва)*

Сеть автомобильных дорог Литвы по состоянию на 01.01.2005 составляет 21345 км. Из них 1734 км – магистральные, 4873 км – краевые и 1473 км – районные дороги. Покрытие на большей части дорог (59 %) асфальтобетонное. Опыт эксплуатации подобных дорог свидетельствует о сравнительно небольшом сроке их службы. Зимой, осенью и весной при неблагоприятных погодных условиях, а летом при высокой температуре покрытие становится вязким, появляются колеи, волны, сдвиги и другие дефекты, которые со временем становятся более интенсивными, а площади поврежденных участков увеличиваются. Если вовремя не устранить дефекты, то на этих участках уменьшается скорость транспортных средств, ухудшаются условия и безопасность движения. Проблемы ухода за дорожными покрытиями и их ремонта тесно связаны с увеличением числа тяжеловесных и многоосных автомобилей. Дороги Литвы по ровности покрытия, прочности дорожных одежд и другим показателям не соответствуют таким транспортным нагрузкам.

Состояние асфальтобетонных покрытий и показатели качества автомобильных дорог ис-

следовались многократно [1–7], однако лишь немногие авторы ставили своей целью установить взаимосвязь между результатами ровности покрытия, определенными по международному индексу IRI  $Y_{IRI}$  и по 3- или 4-метровой рейке, а некоторые [1, 3, 4] пытались нормировать показатели состояния покрытия. В Литве из-за постоянного увеличения числа тяжеловесных многоосных автомобилей в потоке транспортных средств исследование состояния покрытий остается важнейшей проблемой.

В настоящей работе проанализированы показатели состояния асфальтобетонного покрытия автомагистралей и предложены нормативные значения этих показателей.

**Методика и обработки результатов исследований.** Исследования состояния дорожного покрытия проводились на участках автомагистрали Вильнюс–Каунас–Клайпеда (A1) и Вильнюс–Укмярге–Паневежис (A2). Была определена ровность асфальтобетонного покрытия, измеренная с помощью 3- или 4-метровой рейки (рис. 1, 2) и по международному индексу IRI  $Y_{IRI}$  с применением прибора DYNATEST 5051 RSP, а также колеиность покрытия, изме-