УДК 627.83

М.П. Саинов, А.Н. Акулинин

КОНСТРУКЦИИ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ОБВОДНЕНИЯ ТОРФЯНИКОВ

Рассмотрены два типа конструкций водосбросных сооружений: трубчатые водосбросы с различными видами водоприемников и бетонные водосбросные плотины. В зависимости от расходов выбирался тот или иной тип сооружения. Приведено сравнение двух видов конструкций водоприемников трубчатых водосбросов, а затем перечислены преимущества и недостатки каждого из них.

На примере объекта около поселка Радовицкий Мох показано применение на практике трубчатых водосбросов для поднятия уровня воды и пропуска расходов. Рассмотрены бетонные водосбросные плотины с прямой и лабиринтной в плане водосбросной стенкой. В качестве примера практического применения водосбросных плотин приведен объект около поселка Фряново.

Ключевые слова: малые гидротехнические сооружения, трубчатые водосбросы, шахтный водоприемник, водоприемник доковой конструкции, бетонный водосброс доковой конструкции.

В конце лета — начале осени 2010 г. из-за аномальной жары и отсутствия осадков в Подмосковье возникла сложная пожарная обстановка. Тлеющие торфяники стали причиной сильного задымления Москвы и ряда других городов Подмосковья. Для предотвращения подобных чрезвычайных ситуаций правительством Московской области было принято решение об обводнении ранее осушенных торфяных болот (рис. 1). Комплекс мероприятий по обводнению торфяников был реализован в 2011—2013 гг. Мы принимали участие в проектных работах ОАО НИиПИ Экологии города [1].

Устройство систем обводнения может быть различным, их можно подразделить на два типа: 1) система обводнения, созданная на базе бывшей системы осушения. Подъем уровня грунтовых вод достигается за счет повышения уровня воды в каналах, которые до этого были дренажными; 2) создание прудов, запруд на ручьях и малых реках, когда подпор уровня грунтовых вод достигается за счет повышения уровня воды в реке в верхнем бьефе с помощью дамб, а в нижнем — за счет перераспределения стока [2, 3].

M.P. Sainov, A.N. Akulinin

DESIGN OF SPILLWAY STRUCTURES OF PEATLAND REWETTING SYSTEMS

In summer 2010 drought and heat weather cause numerous peat fires. During two months Moscow was shrouded in acid smoke. To prevent such situations government of Moscow region decided to rewet previously drained peatlands. Peatland rewetting systems can be divided into two types. The first type is watering system based on previously used drainage system. The main idea of this method is rising of groundwater levels with the help of special water retaining constructions installed in drainage canals. The design of water receivers allows keeping up water level in canals and draining excesses. There are two types of water receivers: dock-type water receiver and water receiver as a portal to the gate. The choice of one or another type of water receiver depends on the canal depth. If it is less than 1.5 m, we apply portal construction. At the depth of more than 1.5 m the mine water receiver is more suitable. The second way of watering previously drained peatlands is the creation of ponds, dams on streams and small rivers. Special discharge structures increase water level in the river upstream. In downstream water level rises due to the redistribution of the flow. As a result, the groundwater level rises and peat become watered. There are two types of spillway structures: with direct overflow wall and labyrinth overflow wall. Structure with direct overflow wall is applicable on small rivers. In narrow alignments with high consumptions it is better to use another type of weir. As output it is necessary to notice that all constructions used in peatlands watering were designed as simple and reliable as possible. It is so because unpredictable weather conditions can cause beyond the design flows so weirs must have necessary reserve of passing costs.

Key words: small irrigation structures, water retaining constructions, conduit spillway, dock-type water intake, dock-type concrete spillway.

The excessive-heat events and lack of rains in late summer and in early autumn 2010 made Moscow region subject to fire risk. Smoldering peatlands lead to high smoke pollution in Moscow and the region. To prevent an extremal situation Moscow government decided to rewet previously dewatered peatlands (Fig.1). The appropriate measures were taken in 2011—2013. We took part in the design works of JSC scientific research and design institute of city ecology [1].

There are two types of water supply system. The first one is installed on the base of the previous dewatering system. Underground water table rises by raising water level in the drain canals. The second way is digging ponds or damming streams and small rivers where underground water table rises by raising water level in the upper water with the help of dams and in tailwater by redistribution of water flow [2, 3].

Рис. 1. Основные места залегания торфа в Подмоскowie

Fig. 1. Peatlands in Moscow region

Устройство системы обводнения первого типа показано на рис. 2 на примере наиболее крупного объекта около поселка Рязановский. Показан генплан сооружений для обводнения торфяников. Вода из расположенного в низине магистрального канала 1 (канал Жилинского) (рис. 2 и 3) насосами 2 поднимается на самую высшую точку местности, в озеро Удёное. Из этого водоема вода по сети обводнительных каналов 3 (рис. 2 и 4) поступает на обводняемую территорию. Уровень воды в обводнительных каналах поддерживается путем устройства на них поперечных дамб. Для возможности регулирования поступающих расходов, а также для опорожнения каналов в дамбах устраиваются водопропускные сооружения с затворами (трубчатые водосбросы) 4. За счет фильтрации вода с обводняемых территорий снова собирается в магистральном канале 1.

Installation of the first type water supply system at the large object in Ryazanovskiy village is shown on fig. 2. There you can see a master plan of watering peat lands. Water is flowing up from the bottom of main drain (Zhilinskiy canal) (fig. 2, 3) with the help of pumps 2 to the highest point on the ground, Udenoe Lake. Water is flowing through the net of canals from the Lake to the water supply system (fig. 2, 4). Spur-dikes keep up water level in the drain canals. The installed spillovers with flood hatches (conduit spillways) regulate incoming flows and empty canals. Ground water seepage helps water from the territories to collect in the main drain 1.

Рис. 2. Генплан системы обводнения торфяников около поселка Рязановский: 1 — магистральный канал (канал Жилинского); 2 — насосная станция; 3 — обводнительные каналы; 4 — поперечные дамбы, оборудованные водопропускными сооружениями с затворами; 5 — поперечная дамба с водопропускным сооружением на канале Жилинского; 6 — трубопровод насосной станции

Fig. 2. Master plan of rewetting peatlands near Ryazanovskiy village: 1 — main channel (Zhilinskiy canal); 2 — Pump Station; 3 — watering canals; 4 — spillovers with hatches; 5 — spur-dikes; 6 — pump station conduit

Рис. 3. Магистральный канал (канал Жилинского) на объекте около поселка Рязановский

Fig. 3. The main canal (canal Zhyllinski) in the facility in about village Ryazanovsky

Рис. 4. Обводнительный канал и водоподпорное гидротехническое сооружение на объекте около пос. Рязановский

Fig. 4. Watering canal and water retaining hydraulic structure near the village Ryazanovsky

Наиболее сложным моментом работы этой системы обводнения является обеспечение магистрального канала необходимым количеством воды. На данном объекте этот вопрос решается двумя способами. Во-первых, с помощью дамб поднят уровень воды в магистральном канале Жилинского, а, во-вторых, этот канал подпитывается водой из специально созданного водоема — оз. Октябрьское.

На системах обводнения первого типа подъем уровня воды в обводнительных и магистральном каналах осуществлялся с помощью гидротехнических сооружений, представляющих собой грунтовые плотины с трубчатым водосбросом (см. рис. 4). В зависимости от расхода и напора менялись только типы и конструкции водоприемников водосбросов.

Типовая конструкция трубчатого водосброса состоит из водоприемника 1, трубы 2 и концевого крепления (рис. 5).

The most difficult part of the working system is supplying the main canal with necessary quantity of water. The given problem is solved in two ways. First, raising the water level in the main canals with dams, and secondly, a specially prepared reservoir — Oktyabr'skoe Lake supplies water to the canal.

The first type water supply systems rose water level in the canals with the help of irrigation structures — dikes, with conduit spillway (see fig. 4). Spillways and water receivers have changed their types and designs depending on water expenditure and pressure.

Typical conduit spillway consists of water receiver 1, pipe 2 and end fixing (fig. 5).

Рис. 5. Типовая конструкция трубчатого водосброса: 1 — водоприемник; 2 — труба; 3 — тело плотины; 4 — мостик; 5 — песчаная подушка; 6 — бетонная плита в верхнем бьефе; 7 — крепление откосов и дна канала бетоном; 8 — крепление бетоном откоса плотины; 9 — водобойная плита в нижнем бьефе; 10 — крепление откосов плотины и канала щебнем, уложенным в георешетку; 11 — ковш из щебня на слое геотекстиля

Fig. 5. Typical spillway pipe: 1 — water receiver; 2 — pipe; 3 — dam; 4 — bridge; 5 — sand cushion; 6 — upper water concrete slab; 7 — concreting canal slope and invert; 8 — concreting dam slope; 9 — apron slab in tail water; 10 — fixing dam slopes and canal with gravel stowed in geoweb; 11 — bucket of gravel on a geotextile layer

Водосбросная труба 2 выполняется из звеньев железобетонных труб, диаметром 1,2 или 1,4 м в зависимости от пропускаемого расхода. Длина трубы водосброса определялась габаритами поперечного сечения земляной водоподпорной плотины 3. Обычно откосы плотины выполнялись с заложением 1,5...1,75. Для удобства эксплуатации водоприемника предусмотрен металлический мостик 4. Под всеми бетонными конструкциями водосброса в случае залегания в основании сооружения непрочных грунтов (глинистых или торфяных) производится выемка на глубину до 0,5...1 м и устройство песчаной подушки 5. Непосредственно под самим сооружением предусмотрена бетонная подготовка 6 толщиной 0,05...0,1 м.

В верхнем бьефе осуществляется крепление бетоном дна и откосов канала непосредственно перед водоприемником 7, а также откоса плотины 8. В нижнем бьефе в качестве конечного крепления (для защиты от размыва) предусмотрены водобойная плита 9, а также крепление откосов канала и плотины щебнем, уложенным в георешетку 10. Перед бетонной плитой в верхнем бьефе и за водобойной плитой в нижнем бьефе устраивается ковш из щебня на слое геотекстиля для предотвращения подмыва крепления 11.

В зависимости от расхода и напора для трубчатого водосброса предусмотрено два типа водоприемников: шахтный водоприемник и портал с затвором.

Spillway pipe 2 is made of ferroconcrete pipes of 1.2 or 1.4 m in diameter depending on the water expenditure. The dimensions of dam cross section 3 determine spillway pipe length. Usually, dam slopes are located 1.5...1.75. Metal bridge 4 provides better use of water receiver. There is an excavation 0.5...1 m deep and sand cushion 5 under spillway concrete structures in case of bedding incompetent soils (clay or peat). Directly under the structure there is a concrete cap 0.05...0.1 m thick.

Canal bottom, canal slopes in front of water receiver 7 and dam slopes 8 in the upper water are fixed with concrete. Apron slab 9 and gravel, laid in geoweb 10, fixing of canal and dam are used as end fixing (for scour protection) in tail water. Gravel bucket on a geotextile layer in upper water in front of concrete slab and in tale water behind apron slab protects bind water jet 11.

There are two types of water receivers dock-type water intake and portal with flood hatch depending on expenditure and pressure of spillway.

При напорах менее 1,5 м используется водоприемник в виде портала с затвором (рис. 6, 7). Портал представляет собой доковую конструкцию, состоящую из фундаментной плиты 1 и двух боковых стенок 2, между которыми крепится щитовой затвор 3 типовой конструкции.

Portal with flood hatch as a water receiver is used at pressures less than 1.5 m (fig. 6, 7). Portal is a dock and consists of foundation slab 1 and two sidewalls with a sluice gate 3 between them.

Рис. 6. Типовая конструкция водоприемника в виде портала с затвором: 1 — фундаментная плита водоприемника; 2 — боковые стенки водоприемника; 3 — щитовой затвор; 4 — порог под затвор; 5 — бетонная труба; 6 — бетонная плита в верхнем бьефе; 7 — крепление откосов канала и плотины бетоном; 8 — бетонная подготовка; 9 — песчаная подушка; 10 — тело плотины

Fig. 6. Typical water receiver as a portal with flood hatch of the receiving water: 1 — foundation water receiver slab; 2 — water receiver sidewalls; 3 — sluice gate; 4 — lip; 5 — concrete pipe; 6 — concrete slab in upstream; 7 — concreting canal slopes and dams; 8 — concrete preparation; 9 — sand cushion; 10 — dam

Рис. 7. Фото водоприемника в виде портала с затвором

Fig. 7. Water receiver as a portal with a gate

Желательно выбирать габариты затвора таким образом, чтобы сделать возможным перелив воды через затвор, даже когда он закрыт. Для этого верх затвора должен быть вровень с уровнем воды. При напоре менее 1 м закладные части затвора устанавливаются непосредственно на фундаментную плиту. С увеличением напора под затвором устраивается порог необходимой высоты 4.

You should choose the dimensions of sluice gate so that water flowed over it even when it is closed. For that purpose the upper part of a sluice gate should be flush with water level. If pressure is less than 1 m, gate frames are installed directly on a foundation slab. If pressure increases, a lip of desired height is installed.

При всей простоте конструкции такого водоприемника при эксплуатации требуется постоянный контроль над состоянием затвора, так как при больших расходах вовремя не открытый затвор может повлечь подъем уровня верхнего бьефа выше гребня плотины, что в свою очередь повлечет размыв плотины.

Шахтный водоприемник (рис. 8) целесообразно применять при напорах от 1,5 м и выше. Он представляет собой коробчатую конструкцию из монолитного бетона с армированием 1. Пропуск воды осуществляется в автоматическом режиме через верхнюю кромку стенок. Для возможности пропуска паводка или для опорожнения верхнего бьефа с целью прочистки канала предусмотрено донное отверстие в передней стенке 2, оборудованное щитовым затвором 3. В задней стенке в месте сопряжения бетонной трубы 4 и водоприемника также предусмотрено отверстие 5. Кроме того, для недопущения засорения шахты и трубы водоприемник оборудован решеткой 6.

При проектировании объектов обводнения территорий бывших торфоразработок данная конструкция водоприемника получила наибольшее распространение (рис. 9).

Simple as it may seem running water receiver requires permanent monitoring of the gate. The reason is that not opening the gate in due time at big expenditures may leads to rising upper water level higher than crest of dam that in its turn lead to washing away the dam.

Shaft water receiver should be used (fig. 8) at pressures of 1.5 m and higher. It is a box-like structure made of reinforced concrete 1. Water flows hands off over the upper edge of the wall. There is a ground opening in the front wall 2, with a sluice gate 3, to let out flood or to drain upper water and clean the canal. There is also an opening 5 in the back wall in the conjunction of concrete pipe 4 and water receiver. Besides, there is a grid 6 to prevent blocking shaft and pipe.

The related structure was the most Popular in designing water supply structures in peatlands (fig. 9).

Рис. 8. Типовая конструкция шахтного водоприемника: 1 — шахта водоприемника; 2 — отверстие под затвор в передней стенке; 3 — щитовой затвор; 4 — бетонная труба; 5 — отверстие в задней стенке; 6 — решетка; 7 — крепление откосов канала и плотины бетоном; 8 — крепление откоса плотины щебнем, уложенным в георешетку; 9 — тело плотины; 10 — бетонная подготовка; 11 — сопрягающие стенки; 12 — бетонная плита в верхнем бьефе; 13 — песчаная подушка

Fig. 8. Typical shaft water receiver: 1 — shaft; 2 — front wall opening; 3 — sluice gate; 4 — concrete pipe; 5 — back wall opening; 6 — grid; 7 — mount slopes and channel concrete dam; 8 — concreting canal slopes and dam; 9 — dam; 10 — concrete cap; 11 — connected walls; 12 — upstream concrete slab; 13 — sand cushion

Рис. 9. Шахтный водоприемник, изготовленный в заводских условиях

Fig. 9. Prefabricated shaft water receiver

К преимуществам шахтного водоприемника можно отнести: монолитность конструкции и, следовательно, ее прочность; возможность изготовления конструкции заранее в заводских условиях (рис. 10). Но самое главное преимущество — пропуск расходов в автоматическом режиме, что существенно снижает риск аварийных ситуаций.

The advantages of shaft water receiver are: solidity, durability and possibility of its prefabricating (fig. 10). But the most important advantage is monitoring water expenditures hands off, which significantly reduces the risk of emergency.

Рис. 10. Водоприемник со сдвоенной шахтой на канале Жилинского

Fig. 10. Water receiver with a dual shaft in Zhilinskiy canal

К числу недостатков относятся большой уровень форсировки при пропуске сверхпроектных расходов и относительная дороговизна сооружения.

Кроме того, возможна установка этого типа водоприемника на магистральных каналах и водоемах. При этом для повышения пропускной способности конструктивные размеры шахты увеличиваются. Также возможен вариант использования водоприемника со сдвоенной шахтой (см. рис. 10).

На системах обводнения второго типа, т.е. предусматривающих создание пруда на малых реках, применение трубчатых водосбросов становится нецелесообразным. Это связано с большими паводковыми расходами ($10...20 \text{ м}^3/\text{с}$ и выше). В этом случае конструкция шахтного водоприёмника ста-

The disadvantages include the high level of overload in excessive expenditures and relatively high construction costs.

Besides, this type can be installed in main canals and reservoirs. In order to increase spillway, we should increase design parameters. It's also possible to use water receiver with dual shaft (see fig. 10).

Using pipe spillways in watering systems of the second type stops being expedient. That's connected with flood flow ($10...20 \text{ м}^3/\text{с}$ and more). Thus, the construction of water receiver is clumsy. Therefore, it is advisable to use concrete spillway dams with gates.

новится очень громоздкой. Поэтому целесообразно использовать бетонные водосливные плотины с затворами.

В ходе проектирования были разработаны два типа водосбросных плотин: с прямолинейной водосливной стенкой и с лабиринтной в плане водосливной стенкой. Выбор той или иной конструкции зависит в основном от ширины русла реки или канала.

Бетонная плотина с прямолинейной водосливной стеной (рис. 11, 12) состоит из фундаментной плиты 1, боковых стен 2 и водосливной стенки 3.

The design works resulted in two types of spillway dam: a straight overflow wall and a labyrinth overflow wall. The selection of a particular structure depends primarily on the canal width.

Concrete dam with rectilinear overflow wall (fig. 11, 12) consists of foundation plate 1, sidewalls 2, overflow wall 3. If spillway front width is not big, fundamental plate and sidewalls make the dock entity, which would add the rigidity.

Рис. 11. Конструкция бетонной водосливной плотины с прямой водосливной стенкой: 1 — фундаментная плита водослива; 2 — боковые стены водослива; 3 — переливная стенка; 4 — отверстие под затвор; 5 — подъемно-опускной затвор; 6 — мостик; 7 — боковые железобетонные устои; 8 — крепление дна железобетонными плитами в верхнем бьефе; 9 — крепление дна железобетонными плитами в нижнем бьефе; 10 — бычок; 11 — бетонная подготовка; 12 — песчаная подушка; 13 — сопрягающие плотины

Fig. 11. Concrete spillway dam structure with a straight overflow wall: 1 — spillway slab; 2 — spillway side walls; 3 — overflow wall; 4 — gate hole; 5 — drop gate; 6 — bridge; 7 — concrete slopes; 8 — floor concrete cribbing in upper water; 9 — floor concrete cribbing in tail water; 10 — steer; 11 — concrete coat; 12 — sand cushion; 13 — connecting dams

Рис. 12. Бетонная водосливная плотина с прямой водосливной стенкой (вид с нижнего бьефа)

Fig. 12. Concrete spillway dam spillway with straight wall (viewed from tail water)

При небольшой ширине водосливногo фронта можно объединять фундаментную плиту и боковые стенки в единую доковую конструкцию, что позволит сделать конструкцию более жесткой.

Водосливная стенка плотины работает в автоматическом режиме, ее порог устраивается на отметке чуть ниже нормального подпорного уровня (НПУ). Пропуск расходов паводков и половодий осуществляется за счет форсировки уровня верхнего бьефа.

Помимо самого водослива в водосбросных плотинах необходимо устраивать донное отверстие 4, оборудованное щитовым затвором 5.

Оно необходимо для того, чтобы сбрасывать воду в период зимней межени. Как показал опыт эксплуатации плотины Хоробровской ГЭС [5], сброс воды зимой через водослив приведет к образованию мощных наледей, что негативно сказывается на качестве бетона. Кроме того, устройство донного отверстия позволит опорожнять пруд в случае необходимости.

За водосливной стенкой в фундаментной плите необходимо устраивать водобойный колодец. В рассмотренной конструкции он имеет глубину 0,2 м. Устройство колодца позволит более эффективно гасить энергию потока при сбросе небольших расходов. Особенно необходим водобойный колодец за глубинным отверстием.

Для удобства эксплуатации водосливной плотины, а также для возможности перехода реки или канала с одного берега на другой предусмотрен металлический мостик на гребне плотины 6.

Spillway dam wall is in automatic mode, with the crest level below the head water level (HWL). Forcing headwater level regulates flood water.

Besides spillway, bottom opening 4, with sluice gate 5, is also necessary.

It is necessary to spill water in winter runoff low. Khorobrovskaya hydroelectric dam operation [5] showed that weir waste in winter is the reason of icing and that in its turn affects concrete quality. In addition, floor hole allows emptying the pond in case of emergency.

Behind spillway wall in fundamental slab there should be water cushion. According to the design it has a depth of 0.2 m. It will be able to damp effectively stream energy in small expenditures. Water cushion behind the deep canal is especially necessary.

A metal bridge on the dam crest 6 provides comfortable use of spillway dam as well as crossing the river or the canal from one bank to another.

The main disadvantage of this design is the problem of connecting spillway dam with the banks (or ground dam). Two side ferroconcrete piers 7 are necessary for connecting spillway with ground dam. There two rows of ferroconcrete slabs on the bottom between them 8. Two standard slabs are used for paving in tail water 9.

Labyrinth design is aimed to reduce the amount of concrete work on spillway dam and height forcing. Khorobrovskaya HED may

Основным недостатком данной конструкции водосливной плотины является сложность ее сопряжения с берегами (или грунтовой плотиной). В верхнем бьефе для сопряжения водослива с грунтовой плотиной приходится выполнять два боковых массивных железобетонных устоя 7. Дно канала или реки между ними крепится железобетонными плитами в два ряда 8. В нижнем бьефе, за водосливной плотиной также предусмотрено крепление дна типовыми плитами 9.

Желание уменьшить объем бетонных работ по водосливной плотине и высоту форсировки приводит к идее придания водосливному фронту лабиринтного в плане очертания. Примером водосливной плотины в широком створе с лабиринтным водосливом может служить плотина Хоробровской ГЭС (рис. 13).

В нашем случае, при расходах около $5 \text{ м}^3/\text{с}$ не требуется устройства большого количества «зигзагов» и ширина водосливной плотины может быть резко уменьшена, это позволяет использовать конструкцию водосливной плотины в доковом исполнении.

Разработанная нами конструкция водосливной плотины с лабиринтной в плане водосливной стенкой показана на рис. 14 и 15. Она представляет собой конструкцию докового типа и включает в себя боковые стены 1, днище 2, а также саму переливную стенку 3. Боковые стены конструкции играют роль устоев, сопрягая водослив с грунтовой плотиной или берегами. Днище камеры в виде железобетонной плиты помимо конструктивной функции также выполняет роль водобойной плиты. Переливная стенка служит в качестве водосливного порога и располагается между боковыми стенками, дополнительно в ней устраиваются одно-два донных водопропускных отверстия 4 с затворами 5. За переливной стенкой в днище водослива устраивается водобойный колодец в виде углубления плиты днища 6. Для удобства маневрирования затворами поверх конструкции предусматривается мостик 7.

Рис. 14. Бетонная водосбросная плотина с лабиринтной в плане водосливной стенкой

Fig. 14. Concrete spillway dam with a labyrinth spillway wall

serve an example of spillway dam in broad cross section with labyrinth spillway (fig. 13).

Рис. 13. Водосливная плотина Хоробровской ГЭС

Fig. 13. Spillway Khorobrovskaya HED

With the expenditures of $5 \text{ м}^3/\text{с}$ you don't need a large number of "twists" and spillway dam width may be dramatically reduced. That allows to use spillway dam as a dock.

Fig. 14 and 15 show the designed spillway dam with a labyrinth wall. It represents a dock type construction and consists of side-walls 1, bottom 2 and overflow wall 3. Side-walls serve as piers, connecting spillway with ground dam or banks. Bottom slab in addition to its structural features is also used as an apron slab. Overflow wall with one or two bottom holes 4 with gates 5 is between sidewalls and serves as an overflow weir. There is a water cushion in the form of slab pitting 6 behind overflow wall. Bridge 7, above the construction, provides easier gates handling.

Рис. 15. Конструкция бетонной водосливной плотины с лабиринтной в плане водосливной стенкой*: 1 — боковые стены водослива; 2 — фундаментная плита водослива; 3 — переливная стенка; 4 — отверстие под затвор; 5 — подъемно-опускной затвор; 6 — водобойные колодцы; 7 — мостик; 8 — водоподпорная земляная плотина; 9 — боковые сопрягающие стенки; 10 — бетонная подготовка; 11 — песчаная подушка; 12 — каменная наброска

*Данный водослив запроектирован с двумя донными отверстиями.

Fig. 15. Concrete spillway dam construction with a labyrinth spillway wall*: 1 — the side walls; 2 — foundation slab; 3 — overflow wall; 4 — gate hole; 5 — drop gate; 6 — water cushions; 7 — bridge; 8 — water ground dam; 9 — connecting side walls; 10 — concrete foundation; 11 — sand cushion; 12 — quarry fill

*This spillway is designed with two bottom holes.

Основными преимуществами данной конструкции водосливной плотины являются повышенная жесткость и уменьшение высоты форсировки. Жесткость конструкции достигается за счет использования доковой конструктивной схемы сооружения. Надежная работа сооружения достигается путем удлинения водосливного фронта, устройства донных водосливных отверстий для возможности пропуска меженных расходов под уровнем нижнего бьефа, а также за счет устройства водобойного колодца за водосбросными отверстиями. К тому же большую часть времени водослив работает в автоматическом режиме, что существенно снижает стоимость эксплуатации сооружения.

В качестве примера использования бетонных водосливных плотин с прямой и лабиринтной в плане водосливными стенками можно рассмотреть объект около поселка Фряново (рис. 16).

Рис. 16. Схема размещения гидротехнических объектов около поселка Фряново

The main advantages of the spillway dam structure are the high level of rigidity and reducing forcing height. Dock-type structure provides high level of rigidity. A longer spillway front, bottom holes for low water flow and water cushions makes the construction work reliable. Besides, most of the time the spillway works in automatic mode, which significantly reduces the cost of exploitation facilities.

The example of concrete spillway dam with straight and labyrinth spillway walls is the object near the village Fryanovo (fig. 16).

Fig. 16. Hydraulic facilities layout near the village Fryanovo

В нижнем створе 1-1 была запроектирована бетонная водосливная плотина с прямой водосливной стенкой. Данное решение обусловлено необходимостью уменьшить удельные расходы потока за водосливом с тем, чтобы не допустить подмыва опор моста, расположенного ниже по течению. Кроме того, выбор водослива с прямой стенкой позволил значительно упростить пропуск льда в зимний период.

В створах 2-2 и 3-3 требовалось запроектировать более дешевые сооружения, так как расходы в этих створах небольшие, а основание слабое. Опыт показал, что построенные по нашему проекту лабиринтные водосливные плотины работают надежно.

Выводы. Для систем обводнения бывших торфоразработок требовались достаточно простые, что было обусловлено зачастую недостаточной квалификацией строителей и отсутствием у них опыта возведения подобных сооружений, и в то же время надежные конструкции водоподпорных и водопропускных сооружений [4]. С другой стороны, из-за нехватки исходных данных требовалось проектирование сооружений, обладающих необходимым запасом пропускной способности. Обе эти задачи нам удалось решить, применяя описанные выше конструкции.

Concrete spillway dam with straight wall was designed in downstream cross section. The project was aimed to reduce stream flow behind the spillway in order to prevent piers jetting located downstream. Moreover, the spillway with straight wall made possible to simplify ice passage in winter.

Cross-sections 2-2 and 3-3 required cheaper structures because of small expenditures and weak foundation. Experience has shown that the designed labyrinth spillway dams are reliable.

Conclusions. Peatlands rewetting required simple enough and at the same time reliable structures due to insufficient qualifications of builders and to the lack of experience, and at the same time reliable water retaining structures and culverts [4]. On the other hand, the design of structures with necessary water capacity was ne-

Опыт эксплуатации запроектированных нами сооружений (в случае качественного исполнения строительных работ) показал надежность их работы. За более чем два года эксплуатации в московском регионе произошло несколько паводков редкой повторяемости и данные сооружения успешно справлялись даже со сверхпроектными расходами.

cessary due to lack of basic data. The use of the above constructions helped us to solve both problems.

Exploitation of the designed structures (in case of high-quality works) proved their reliability. For more than two years of exploitation in Moscow region there have been several cases of unprecedented flood and the structures have successfully coped with excessive expenditures.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маршев С.В. Обводнение территории торфяных болот в Московской области // Территория и планирование. 2011. № 4 (34). С. 44—53.
2. Саинов М.П., Акулинин А.Н. Опыт проектирования малых гидротехнических сооружений для систем обводнения торфяников // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании. М.: МГСУ, 2012. С. 494—498.
3. Саинов М.П., Акулинин А.Н. Из опыта проектирования малых гидротехнических сооружений для систем обводнения торфяников // Строительство — формирование среды жизнедеятельности: сб. тезисов Шестнадцатой междунар. межвуз. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. М.: МГСУ, 2013. С. 235—237.
4. Саинов М.П., Акулинин А.Н., Александров Д.И. Причины и последствия аварий на гидротехнических сооружениях пруда у д. Новоселки [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2013. Вып. 3. Ст. 1. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>. Дата обращения: 19.12.13.
5. Ковалев С.В. Гидравлические характеристики автоматических водострающих затворов и оборудованных ими водосливных плотин: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.07. М., 2009. 202 с.

Поступила в редакцию в январе 2014 г.

Об авторах: **Саинов Михаил Петрович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры гидротехнических сооружений, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, mp_sainov@mail.ru;

Акулинин Антон Николаевич, студент, Институт гидротехнического и энергетического строительства, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, saleric@bk.ru.

Для цитирования:

Саинов М.П., Акулинин А.Н. Конструкции водосбросных сооружений систем обводнения торфяников [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2014. № 1. Ст. 3. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Sainov M.P., Akulinin A.N. Konstruktsii vodosbrosnykh sooruzheniy sistem obvodneniya torfyanikov [Design of Spillway Structures of Peatland Rewetting systems]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2014. no. 1, paper 3. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.

REFERENCES

1. Marshev S.V. Obvodnenie territorii torfjanyh bolot v moskovskoj oblasti [Peatlands Rewetting in Moscow Region]. *Territoriya i planirovanie* [Territories and planning]. 2011, no. 4 (34), pp. 44—53.
2. Sainov M.P., Akulinin A.N. Opyt proektirovaniya malyx gidrotekhnicheskikh sooruzheniy dlya sistem obvodneniya torfyanikov [Designing of Small Water Structures of Peatland Rewetting Systems]. *Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noy nauke i obrazovanii* [Integration, Partnership and Innovations in Construction Science and Education]. Moscow, MGSU, 2012, pp. 494—498.
3. Sainov M.P., Akulinin A.N. Iz opyta proektirovaniya malyx gidrotekhnicheskikh sooruzheniy dlya sistem obvodneniya torfyanikov [Designing of Small Water Structures of Peatland Rewetting Systems]. *Stroitel'stvo — formirovanie sredy zhiznedejatel'nosti: sbornik tezisev Shestnadtsatoy mezhnatsionnoy mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Construction — Forming of the Environment: the Digest of the Key Points of the 16th International Interuniversity Scientific and Practical Conference of Students, Masters, Postgraduates and Young Scientists]. Moscow, MGSU, 2013, pp. 235—237.
4. Sainov M.P., Akulinin A.N., Aleksandrov D.I. Prichiny i posledstviya avariya na gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh pruda u d. Novoselki [Causes and Consequences of Hydrotechnical Structure Accident near Novoselki Village]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2013, no. 3, paper 1. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.
5. Kovalev S.V. Gidravlicheskie kharakteristiki avtomaticheskikh vododeystvuyushchikh zatvorov i oborudovannykh imi vodoslivnykh plotin [Characteristics of Automatic Water Gates and their Equipment with Spillway Dams]: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.23.07. Moscow, 2009, 202 p.

About the authors: **Sainov Mihail Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, chair, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, mp_sainov@mail.ru;

Akulinin Anton Nikolaevich, student, Hydrotechnical and Energy Sector Construction Institute, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, saleric@bk.ru.