

6. Lamb T. V. Struktura uplotnennoj gliny // Perevod № 2076. NIS Gydroprojecta. – M.: Gydroproject, 1962. – 35 s.

7. Leflaiv E., Shaefner M. Znachenije tolshchiny sloev dlya uplotneniya nasypi. Perevodsfantsuzskogo// Informatsionnoye izdaniye VINITI «Geologiya». Vypusk 7. Referat E455. – M.: VINITI, 1981. – 8 s.

Received on 03.02.2016.

Information about the authors

Smetanin Vladimiri Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the

chair «Organization and technology of construction of objects of environmental engineering»; FSBEI HE RGAY-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Akademicheskaya, 44, tel.: 8-499-976-07-13; e-mail: smetanin2000@yandex.ru.

Averyanov Vitaliy Nikolaevich, candidate for a candidate degree, General director of AO «Design-survey research bureau «GITEST»; 125512, Moscow, Leningradskoye shosse, 43A.; tel. 8 (926) 280-01-20, e-mail: 2800120@mail.ru.

УДК 502/504:631.445.12

А. М. СИЛКИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

Н. Ф. ЖАРНИЦКАЯ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ И ПРОЧНОСТИ ТОРФОВ

Торф, вследствие своего образования, состава сложения и состояния коренным образом отличается от минеральных грунтов как по деформируемости, так и по прочности. Результаты исследований деформируемости торфов под жестким плоским штампом при постепенно возрастающей нагрузке позволили выявить четыре фазы: уплотнение с перемещением твердых частиц (каркас торфа) в зоне под штампом только вертикально вниз; уплотнение и срез каркаса по периметру штампа с перемещением твердых частиц только вниз; «катастрофический» срез каркаса (провал штампа), выдавливание из него в зоне, находящейся под штампом, вместе с водой гумуса, и боковое расширение каркаса, но с продолжением уплотнения; разрушение каркаса и выдавливание его из-под штампа. Результаты испытаний показали возможность устройства сетевых ГТС с жесткой водопроводящей трубой, уложенной непосредственно на естественное торфяное основание. Результаты исследования торфов как естественных оснований сетевых сооружений мелиоративных систем показали, что прочность торфов в одних случаях обеспечивается их сопротивлением сжатию и срезу, а в других – сопротивлением сжатию и разрыву. Задача – правильно определить эти показатели.

Торф, сапрпель, степень разложения, степень зольности, штамп, водопроводящая часть, трубчатые сетевые сооружения, деформируемость и прочность торфов, зольность конституционная и наносная.

Введение. Торф как основание различных сооружений использовался с древних времен и поныне; в Швейцарии на глубине 2 м в торфе были обнаружены остатки свайных фундаментов, которые, по мнению археологов, были построены за 1000 лет до нашей эры; в Германии в 1918 году при раскопках была обнаружена гать-дорога шириной более 3-х метров, в виде настила из бревен, находящаяся в

торфе на глубине 1,0...1,2 м. Аналогичные дороги на болотах, погребенные слоем торфа мощностью до 3,0 м, были найдены в Голландии, Австрии, Венгрии и других странах. В России на одном из болот Ленинградской области под слоем торфа на глубине 2,5 м была обнаружена шоссе-ная дорога Екатерининского времени. С девятнадцатого века на торфах стали возводить и гидротехнические сооружения.

Материалы и методы исследований. Торф, как грунт, вследствие своего образования (происхождения), состава сложения и состояния коренным образом отличается от минеральных грунтов как по деформируемости, так и по прочности.

По названию торф имеет с минеральными грунтами ряд общих показателей физических и физико-механических свойств – плотность грунта, плотность сухого грунта, пористость и др. Но торф имеет и свои специфические показатели, такие как степень разложения $D_{др}$ и степень зольности $D_{зс}$.

Теоретически степень разложения торфов изменяется от 0 до 100 %, практически [1, 3, 4] неосушаемые болота России имеют степень разложения 45...50 %.

Степень зольности у торфов, согласно ГОСТ 25100-2011 [1], не может быть более 50 %. В противном случае – это заторфованный минеральный грунт. При этом, до 14 % – это зольность конституционная, а остальные 36 % – это зольность наносная, привнесенная извне.

На кафедре оснований и фундаментов [4] в течение многих лет проводились лабораторные и полевые штамповые испытания с использованием крупноразмерного плоского штампа, размеры которого соизмеримы с размерами подошв сетевых гидротехнических сооружений. Штамп представлял собой специально изготовленную жесткую железобетонную плиту с размерами в плане 1х4,6 м, вес которой составлял 4 т, а среднее контактное давление от собственного веса по его подошве 9 кПа [3].

Результаты исследований позволили деформируемость торфов под жестким плоским штампом при постепенно возрастающей (ступенями) нагрузке разделить на четыре фазы:

1. уплотнение с перемещением твердых частиц (каркас торфа) в зоне под штампом только вертикально вниз;

2. уплотнение и срез каркаса по периметру штампа с перемещением твердых частиц только вниз;

3. «катастрофический» срез каркаса (провал штампа), выдавливание из него в зоне, находящейся под штампом, вместе с водой гумуса, и боковое расширение каркаса, но с продолжением уплотнения;

4. разрушение каркаса и выдавливание его из-под штампа.

Картина деформируемости под жестким плоским штампом при постепенно возрастающей нагрузке у всех торфов одинакова. Она складывается из одних и тех же фаз, но каждой фазе соответствует определенный интервал нагрузок, зависящий от физического состояния торфов. Например, с ростом степени разложения неосушаемых торфов интервалы нагрузок, соответствующие тем или иным фазам, уменьшаются. Некоторые фазы могут быть совершенно незаметны. Они могут быть незаметны и в зависимости от соотношения мощности торфа и размеров подошвы штампа. Так, при соотношении менее единицы первая фаза практически совмещается со второй, а третья – с четвертой.

Схемы деформируемости торфяного основания в процессе нагружения и разгрузки, зафиксированная инструментально и визуально в одном из полевых опытов, показана на рисунке 1. Первой фазе соответствуют рисунки 1б и 1в, второй фазе – рисунок 1г, а третьей фазе – рисунки 1д и 1е. Следует отметить, что при степени разложения 45...50 % торф неосушаемых болот под жестким штампом четвертой стадии деформирования не имеют. Осадка штампа во всех опытах при равномерно распределенной нагрузке была равномерной.

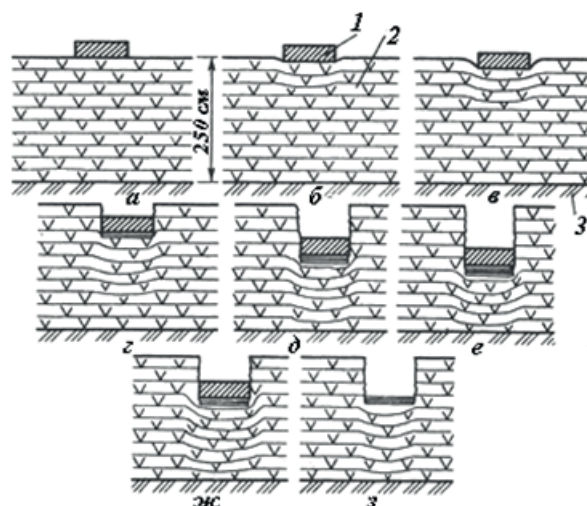


Рис. 1. Схема деформируемости торфяного основания под жестким крупноразмерным штампом в процессе нагружения и разгрузки: а – нагрузка не приложена; б...е – под нагрузкой; ж, з – после разгрузки; 1 – плита-штамп; 2 – торфяное основание; 3 – грунт минерального дна болота

При устройстве сетевых гидротехнических сооружений на торфяных основаниях можно допускать все три возможные фазы их деформирования. Задача заключается лишь в правильном определении расчетных показателей торфов, необходимых при прогнозировании осадки сооружений. Здесь следует отметить, что сетевые ГТС мелиоративных систем на торфах передают на основания нагрузку не более 50...60 кПа.

С целью проверки возможности устройства сетевых гидротехнических сооружений на естественном торфяном основании были построены два сооружения: трубчатый регулятор с переездом и труба-переезд. Звенья труб водопроводящей части обоих сооружений были уложены на жесткую фундаментную плиту с плоской подошвой. Оба сооружения были построены в 1973–1974 гг. Наблюдения за их эксплуатацией в течение более двадцати лет показали, что они находятся в хорошем для эксплуатации состоянии (рис. 2).



Рис. 2. Состояние сетевых сооружений на торфяном основании на сентябрь 2013 г. (Яхромская пойма)

Изучив в достаточной степени физико-механические свойства торфов, убедившись в возможности устройства трубчатых сетевых гидротехнических сооружений со звеньями труб водопроводящей части на жесткой фундаментной плите, было решено исследовать деформируемость торфов в основании жесткого цилиндрического штампа (трубы) для того, чтобы выявить возможность устройства водопроводящей части из жесткой неразрезной трубы, уложенной непосредственно на естественное торфяное основание.

В качестве цилиндрических штампов на разных болотах были использованы гладкие железобетонные трубы с внешним диаметром 73, 75, 94, 96, 120 и 170 см. Линейные нагрузки в разных экспериментах составляли от 5 до 100 кН/м.

На рисунке 3 показана картина деформированного состояния торфяного основания трубой с внешним диаметром 75 см после снятия нагрузки.

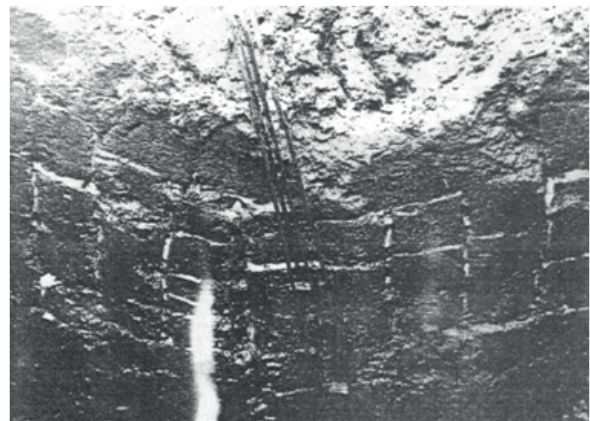


Рис. 3. Картина деформированного состояния торфяного основания трубой $d = 75$ см (Яхромская пойма)

Во всех экспериментах выдавливание торфов из-под труб не происходило. Поверхность торфяной залежи с боков от труб прогибалась и при больших прогибах (при больших нагрузках) торф (его каркас) разрывался. После полного снятия нагрузки поверхность торфяной залежи, вследствие упругости каркаса торфа, восстанавливала свое первоначальное состояние. Во всех экспериментах торф под трубой имел в основном деформацию сжатия.

Результаты штамповых испытаний показали возможность устройства сете-

вых ГТС с жесткой водопроводящей трубой, уложенной непосредственно на естественное торфяное основание. Для подтверждения этой возможности было построено четыре экспериментальных переезда: два с диаметром труб 100 см и два с диаметром труб 120 см. Они показали хорошую эксплуатационную пригодность.

Аналогичную картину деформируемости (как под трубами) имеют торфы и в основаниях узких насыпей, например, в основаниях дамб обвалования.

Теоретически, как под трубами, так и под узкими насыпями торф основания может потерять свою прочность. Но в действительности это не происходит из-за небольших нагрузок, передаваемых ими на торфяное основание [5].

Опасность потери торфом прочности представляет собой устройство сооружений на двухслойном основании. Здесь имеется ввиду, что двухслойность – это слой торфа, подстилаемый жидкими образованиями, например, сапропелем или водой.

В этом случае торфяной ковер сжимается и прогибается. При прогибе под узкими насыпями нижняя часть торфяного ковра, в первую очередь по оси насыпи, работает на разрыв (рис. 4). Этот разрыв распространяется снизу вверх, в результате чего узкая насыпь проваливается.

Под широкими насыпями прогиб происходит по подошве откоса насыпи, а разрыв идет сверху вниз. Следовательно, прочность определяется (обуславливается) не сопротивлением торфа срезу «по периметру подошвы», а сопротивлением разрыву.

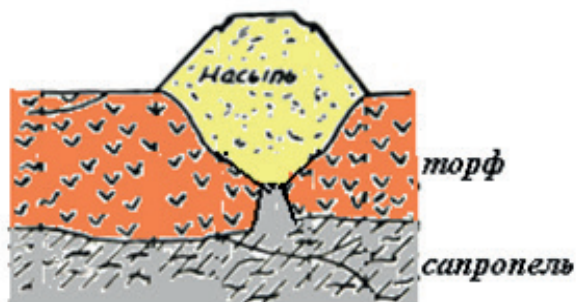


Рис. 4. Схема деформирования торфяного ковра при «двухслойном» основании

Сопротивление торфа срезу «по периметру» необходимо знать и при оценке проходимости различных машин как

транспортных, так и строительных. При этом, важное значение имеет обстоятельство – движется машина без остановок или с остановками.

При движении транспортного средства без остановок его проходимость может обеспечить верхний довольно толстый (50...70 см) слой торфа, состоящий из неразложившихся растений, так называемый очес, играющий роль гати. Однако, если движутся одновременно несколько машин, то их движение должно быть не «след в след». Каждая машина должна двигаться по своему маршруту.

При оценке проходимости строительных машин важное значение имеет – машина циклического действия (например, одноковшовый экскаватор) или непрерывного действия (например, многоковшовый экскаватор).

Под стоящей или работающей машиной очес сильно сжимается и вся нагрузка транспортного средства передается уже на торф. Чтобы машина потеряла проходимость достаточно ее движителю погрузиться в торф на 20...30 см.

Вывод

Результаты исследования торфов как естественных оснований сетевых сооружений мелиоративных систем показали, что прочность торфов в одних случаях обеспечивается их сопротивлением сжатию и срезу, а в других – сопротивлением сжатию и разрыву. Задача состоит в том, чтобы правильно определить эти показатели.

Библиографический список

- ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М.: «Стандартинформ», 2013. – 63 с.
- Некрасова Т. В. Исследование напряженного состояния торфяного основания под трубами // Современные проблемы водного хозяйства и природообустройства: тез. док. научно-теоретической конф. – М.: МГУП, 1997. – 250 с.
- Приходько Ю. С., Силкин А. М. Исследование напряженно-деформированного состояния торфяного основания / в кн.: Экспериментально-теоретические исследования процессов упруго-пластичного деформирования основания и фундаментов. Межвузовский сборник. – Новочеркасск.: 1980. – С. 104–108.
- Силкин А. М. Сооружения мелиоративных систем в торфяных грунтах. – М.: Агропромиздат, 1986. – 136 с.

5. Цыганков А. Ф. Результаты исследований дамб, возводимых на торфяных основаниях. Труды института мелиорации, водного и болотного хозяйства. Том III, АН БССР. – Минск.: АН БССР, 1953. – 260 с.

Материал поступил в редакцию 27.01.2016.

Сведения об авторах

Силкин Александр Михайлович, доктор технических наук, заслуженный деятель

A. M. SILKIN

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

N. F. ZHARNITSKAYA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «The Ivanovo state chemical-technological university», Ivanovo

науки РФ, профессор кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д.44; тел. +7(916) 510 43 64.

Жарницкая Надежда Федоровна, старший преподаватель кафедры «Экономика и финансы»; ФГБОУ ВО ИВХТУ; 153000, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7; тел. +7(909) 24987 20.

PECULIARITIES OF THE DEFORMABILITY OF PEATS STRENGTH

Peat as a consequence of its formation, composition and state differs drastically from mineral soils on both deformability and strength. The results of investigations of peat deformability under hard plane stamp under a gradually increasing load allowed reveal four phases: compaction with movement of solid particles (peat carcass) in the zone under the stamp only vertically downwards; compaction and cutting of the carcass along the stamp perimeter with movement of solids only downwards; «catastrophic» cut of the carcass (stamp downfall), stamping out of it in the zone under the stamp together with the humus water, and side widening of the carcass but with the compaction continuation; carcass breakage and its stamping out. The tests results showed a possibility of HTS arrangement with a rigid water conveying pipe laid on the natural peat base. The research results of peat as natural bases of network structures of reclamation systems showed that peat strength is ensured by resistance to compression and cutting in one cases, and in other cases – resistance to compression and breakage. The task is only to determine these indicators correctly.

Peat, sapropel, degree of decomposition, degree of ash content, stamp, water conveying part, tubular network structures, deformability and peat strength, constitutional and alluvial ash content.

References

1. GOST 25100-2011. Grunty. Classificatsiya. – M.: «Standartinform», 2013. – 63 s.
2. Nekrasova T. V. Issledovaniye napryazhenogo sostoyaniya torfyanogo osnovaniya pod trubami // Sovremennyye problemy vodnogo hozyaistva I prirodoobustroistva: tez. Dok. Nauchno-teoreticheskoy conf. – M.: MGUP, 1997. – 250 s.
3. Prikhodjko Yu. S., Silkin A. M. Issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya torfinogo osnovaniya / v kn.: Eksperimentaljno-teoreticheskije issledovaniya protsessov uprugoplastichnogo deformirovaniya osnovaniya I fundamentov. Mezhvuzovskiy sbornik. – Novocheerkassk.: 1980. – P. 104–108.
4. Silkin A. M. Sooruzheniya meliorativnyh system v torfyanykh gruntah. – M.: Agropromizdat, 1986. – 136 s.
5. Tsygankov A. F. Rezuljtaty issledo-

vaniy damb, vozvodimyh na torfyanyh osnovaniyah. Trudy institute melioratsii, vodnogo I bolotnogo hozyaistva. Tom III. AN BSSR. – Minsk.: AN BSSR, 1953. – 260 s.

Received on 27.01.2016.

Information about the authors

Silkin Alexander Mikhailovich, doctor of technical sciences, honored scientist of RF, professor of the chair «Bases and foundations, building and assessment of the property objects»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Acedemicheskaya, 44; tel.: +7(916) 510 43 64.

Zharnitskaya Nadezhda Fedorovna, senior lecturer of the chair «Economics and finance»; FSBEI HE IvChTU; 153000, Ivanovo, pr. Sheremetjevsky, 7; tel.: +7(909) 24987 20.