

Литература

1. Плотников, Н. А. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод / Н. А. Плотников, В. С. Алексеев. – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.
2. Абрамов, С. К. Забор воды из подземного источника / С. К. Абрамов, В. С. Алексеев. – М.: Колос, 1980. – 239 с.
3. Гаврилко, В. М. Фильтры буровых скважин / В. М. Гаврилко, В. С. Алексеев. – 3-е изд. – М.: Недра, 1985. – 334 с.
4. Конструкция водозаборной скважины при роторном бурении: пат. ВУ 17098 / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко. – Опубл. 30.04.2013.
5. Проектирование водозаборов подземных вод / А. И. Арцев [и др.]; под ред. Ф. М. Бочевера. – М.: Стройиздат, 1976. – 291 с.
6. Водозаборная скважина: пат. 028091 / В. В. Ивашечкин, М. П. Магарян. – Опубл. 31.10.2017.
7. Богомолв, Г. В. Бесфильтровые водозаборные скважины в рыхлых породах (теория и практика устройства) / Г. В. Богомолв, Р. А. Станкевич. – Минск: Наука и техника, 1975. – 152 с.
8. Водозаборная скважина: а.с. 1448002SU, МКИ Е 03В 3/18 / В. П. Ткаченко; Гидрологическая экспедиция Министерства мелиорации и водного хозяйства УССР. – № 4235664/29-33; заявл. 24.02.87; опубл. 30.12.88 (не публик).
9. Водозаборная скважина: пат. ВУ 23608 / В. В. Ивашечкин, Ю. А. Медведева. – Опубл. 30.12.2021.

УДК 624.15

Опытнo-полевые исследования на участке строительства Пскемской ГЭС в Республики Узбекистан

Ташходжаев А. У., Галиева Д. Н.
Ташкентский архитектурно-строительный институт
Ташкент, Республика Узбекистан

В статье отражены результаты полевых исследований по определению показателей деформативных свойств грунтов, а также по определению коэффициента фильтрации крупнообломочных грунтов для отсыпки в упорную призму и галечниковые грунты для отсыпки в тело плотины перемычки.

Многочисленные натурные и специальные опыты показывают о сложности механизма деформируемости крупнообломочных грунтов. Исследование деформируемых свойств крупнообломочных грунтов является го-

раздо сложнее по сравнению с исследованием прочностных характеристик грунтов. Деформативные свойства крупнообломочных грунтов связаны со многими факторами и параметрами грунта. Система определяющих параметров при исследовании деформативных характеристик практически та же, что и при исследовании прочности. В тоже время, опыты по изучению прочности и опыты на сжимаемость, это разные виды напряженного состояния. В вопросах прочности наибольшее значение имеет девиатор напряжения, а в компрессионных стабилметрических испытаниях – шаровой тензор, т. е. всестороннее гидростатическое обжатие.

В связи с проектированием и строительством высоких каменно-земляных плотин, получили широкое развитие всесторонние исследования физико-механических свойств крупнообломочных грунтов, в наброске в условиях, когда эти материалы будут находиться под большими нагрузками и испытывать сейсмические воздействия. Исследования проводились в лабораториях и полигонах Гидропроекта, ВОДГЕО, ВНИИГ в городе Ташкент.

Спротивляемость крупнообломочных пород сдвигу и деформируемости их определяются в лабораторных и полевых условиях теми же методами и на таких же принципах, какие используются при исследованиях глинистых и песчаных грунтов, только масштаб приборов увеличивается.

Несвязные грунты несмотря на их сходство по петрографическому составу, разнятся между собой по величине неоднородности смесей: содержанию в составе грунта максимальной фракции и содержанию мелкозема, поэтому в каждом конкретном случае возникает необходимость экспериментального определения характеристик: прочностных, деформативных и их уплотняемости.

Широкими исследованиями выполненными исследовательскими организациями, а также наблюдениями за укладкой каменных материалов в упорные призмы плотин при достаточном больших объемах и хорошо отработанных параметрах БВР, было установлено, что зерновые составы крупнообломочных грунтов довольно хорошо характеризуются средним состав. Учитывая опыт разработки подобных карьеров при строительстве Чарвакской, Тупалангской плотин, были выбраны граничные кривые с содержанием фракций менее 5 мм – 5–18 % и кривая № 1 ($m = 25\%$) с повышенным содержанием мелкозема с постоянным коэффициентом неоднородности.

Деформационные опыты на опытной площадке строительства перемычки Пскемского гидроузла, проводились на отметке 1152,5 (зоны А; В и С) по методу статического нагружения на поверхность грунта жестким металлическим штампом размером 70×70 см. Определение сжимаемости камня проводились под нагрузкой 0–40 кг/см². Нагрузка на грунт осу-

шествялась через металлический штамп ступенями по 10, 20, 30, 40 кгс/см². На каждой ступени нагрузку выдерживали до стабилизации, далее увеличивали нагрузку до следующей ступени.

В состав установки для испытания грунта штампом входили:

- штамп размером 70×70 см;
- для создания и измерения нагрузки на штамп использовался гидравлический домкрат ДГ 200;
- анкерное устройство (для установок без грузовой платформы);
- устройство для измерения осадок штампа индикатор часового типа ИЧ-25.

Конструкция установки (рис.) обеспечивала возможность нагружения штампа ступенями давления по 0,01–0,1 МПа, центрированную передачу нагрузки на штамп, постоянство давления на каждой ступени нагружения. Отсчеты по прогибомерам на каждой ступени нагружения проводили при испытании крупнообломочных грунтов и песков через каждые 10 мин в течение первого получаса, 15 мин в течение второго получаса и далее через 30 мин до условной стабилизации деформации грунта. Все отсчеты заносились в полевой журнал. По данным испытаний построили график зависимости осадки штампа от давления ГОСТ 20276-2012 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

Оборудование: штамп площадью 0,5 м²; гидравлический домкрат на 50–100 т, загрузочные и крепежные приспособления.

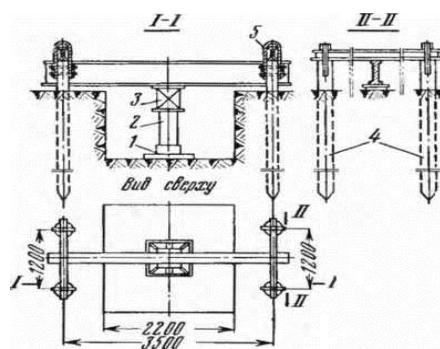


Рис. Схема установки для поверхностного испытания грунта штампом статической нагрузки гидравлическим домкратом:

1 – штамп; 2 – стойка; 3 – домкрат; 4 – анкерные связи; 5 – вкладыш

Следующую ступень нагрузки прикладывают тогда, когда процесс осадки от предыдущей ступени затухает. Осадку считают завершенной,

если ее приращение за 2 ч не превышает 0,2 мм (при точности приборов для измерения осадки 0,2 мм). Испытание проводят до достижения либо проектного давления на грунт, либо предельного давления, при котором наблюдается резкое увеличение осадки штампа в случае незначительного возрастания нагрузки (перегиб кривой на графике зависимости осадки от нагрузки). Затем штамп разгружают ступенями по 0,5–1,0 кгс/см² в зависимости от плотности грунта. После разгрузки каждой ступени в течение 1 ч регистрируют перемещение штампа, а снимают штамп спустя 3 ч после снятия последней ступени нагрузки.

Модуль сжимаемости грунта E_p кгс/см² вычисляют по формуле

$$E_p = 0,88 (1 - \nu^2) \frac{pB}{\eta k}, \quad (1)$$

где p – полная нагрузка на штамп, кгс/см²; B – сторона штампа, см; ηk – конечная осадка, соответствующая нагрузке p , см; ν – коэффициент Пуассона, равный для песков и супесей 0,3, для суглинков и глин в пластичном состоянии соответственно – 0,35 и 0,42, а для плотных – 0,20.

Расчетное значение E_p принимают равным среднему значению, полученному по результатам нескольких испытаний одного и того же слоя грунта.

Испытание грунта штампом проводили для определения модуля деформации E для крупнообломочных грунтов;

Результаты испытаний оформили в виде графиков зависимости осадки штампа от нагрузки (рис. 1–4). При испытании грунта в шурфе размеры шурфа определяли в зависимости от необходимости крепления его стен и глубины проходки. Минимальные размеры шурфа в плане – 1,5×1,5 м.

В состав установки для испытания грунта штампом входили:

- штамп;
- устройство для создания и измерения нагрузки на штамп;
- устройство для измерения осадок штампа;

Конструкция установки обеспечивала центрированную передачу нагрузки на штамп возможность нагружения штампа ступенями давления по 0,01–0,1 Мпа при постоянном давлении на каждой ступени нагружения.

Тип и площадь штампа выбрана согласно табл. 1. ГОСТ 20276-2012.

Нагружение штампа осуществляли домкратом ДГ200, которые предварительно были оттарированы.

Нагрузку измеряли с погрешностью не более 5 % ступени давления.

Прогибомеры для измерения осадки штампа были закреплены на реперной системе. Штамп был соединен с прогибомером нитью из стальной

проволоки диаметром 0,3–0,5 мм. Измерительная система обеспечивала измерение осадок с погрешностью не более 0,1 мм.

Таблица 1

Тип и площадь штампа

Грунты	Положение штампа относительно уровня подземных вод	Глубина испытания, м	Место проведения испытания	Штамп	
				Тип	Площадь, см ²
Крупнообломочные				I	5000
Пески плотные и средней плотности	На уровне подземных вод и выше	По всей толщ	В котловане, шурфе, дудке	I	2500
Глины и суглинки с $I_L \leq 0,25$; супеси с $I_L \leq 0$				II	1000
Пески рыхлые; глины и суглинки с $I_L > 0,25$; супеси с $I_L > 0$	На уровне подземных вод и выше	По всей толщ	В котловане, шурфе, дудке	I	5000
Органоминеральные и органические				II	1000
Просадочные при испытаниях с замачиванием	Выше уровня подземных вод	По всей толщ	В котловане, шурфе, дудке	I	5000
Крупнообломочные	На уровне подземных вод и выше	Ниже 6	В забое скважины	III	600
Пески плотные					
Глины и суглинки с $I_L \leq 0,5$; супеси с $I_L \leq 0$	На уровне подземных вод и выше	Ниже 6	В забое скважины	IV	600
Пески					
Глинистые при любых значениях показателя текучести	Ниже уровня подземных вод	По всей толщ	Ниже забоя скважины	IV	600
Органоминеральные и органические					
Глины и суглинки с $I_L > 0,5$; супеси с $I_L > 1$	Выше и ниже уровня подземных вод	До 10	В массиве без бурения скважины	IV	600
Органоминеральные и органические					

Осадку штампа определяли, как среднеарифметическое значение показаний трех прогибомеров, фиксирующих осадку штампа в трех точках, расположенных под углом 120° от центра штампа.

Реперная система, на которой крепили прогибомеры, состояла из четырех свай, забитых попарно в грунт с противоположных сторон выработки на расстоянии 1,0–1,5 м от краев, и прикрепленных к ним параллельно металлических ригелей, на которых установили прогибомеры.

При испытаниях в шурфах штамп с плоской подошвой установили на дно выработки. Для достижения плотного контакта подошвы штампа с грунтом произвели не менее двух поворотов штампа вокруг его вертикальной оси, меняя направление поворота. После установки штампа проверили горизонтальность его положения. Поверхность грунта в пределах площади установки штампа была тщательно спланирована.

После установки штампа монтировали станцию подачи давления для нагружения штампа, анкерное устройство и измерительную систему.

Нагрузку на штамп увеличивали ступенями давлений Δp , указанными в табл. 2 – 4. ГОСТ 20276-2012.

Общее число ступеней давления после достижения давления, соответствующего вертикальному нормальному напряжению от собственного веса грунта $\sigma_{zg,0}$ на отметке испытания, было не менее четырех.

В первую ступень давления был включен вес деталей установки, влияющих на нагрузку штампа.

Время выдержки каждой последующей ступени давления было не менее времени выдержки предыдущей.

Таблица 2

Ступени давлений Δp при различных плотностях сложения грунтов

Грунты	Коэффициент водонасыщения	Ступени давления Δp , МПа, при плотности сложения грунтов			Время условной стабилизации деформации t , ч
		Плотные	Средней плотности	Рыхлые	
Крупнообломочные	$S_r \leq 1,0$	0,1	0,1	0,1	0,5
Пески крупные	$S_r \leq 1,0$	0,1	0,05	0,025	0,5
Пески средней крупности	$S_r \leq 0,5$	0,1	0,05	0,025	0,5
	$0,5 < S_r < 1,0$	0,1	0,05	0,025	1,0
Пески мелкие и пылеватые	$S_r \leq 0,5$	0,05	0,025	0,01	1,0
	$0,5 < S_r \leq 1,0$	0,05	0,025	0,01	2,0

Таблица 3

Ступени давления Δp для различных коэффициентов пористости

Грунты	Ступени давления Δp , МПа, при коэффициенте пористости				Время условной стабилизации деформации t , ч
	$e \leq 0,5$	$0,5 < e \leq 0,8$	$0,8 < e \leq 1,1$	$e > 1,1^*$	
Глинистые с показателем текучести: $I_L \leq 0,25$	0,1	0,1	0,05	0,05	1
$0,25 < I_L \leq 0,75$	0,1	0,05	0,05	0,025	2
$0,75 < I_L \leq 1$	0,05	0,025	0,025	0,01	2
$I_L > 1$	0,05	0,025	0,01	0,01	3

* При коэффициенте пористости $e > 1,1$ время условной стабилизации увеличивается на 1 ч.

Таблица 4

Ступени давления Δp и время условной стабилизации деформации

Грунты	Ступени давления Δp , МПа	Время условной стабилизации деформации t , ч
Просадочные природной влажности	0,05	1
Просадочные после замачивания	0,025	2
Органоминеральные и органические	0,005–0,01	4

Каждую ступень давления выдерживали до условной стабилизации деформации грунта (осадки штампа).

Отсчеты по прогибомерам на каждой ступени нагружения производили через каждые 10 мин в течение первого получаса, 15 мин в течение второго получаса и далее через 30 мин до условной стабилизации деформации грунта;

Обработка результатов

По данным испытаний построили графики зависимости осадки штампа от давления $S = f(p)$ (приложение Д).

На графике проводили осредняющую прямую методом наименьших квадратов.

За начальные значения p_0 и S_0 (первая точка, включаемая в осреднение) приняли давление, равное напряжению $\sigma_{zg,0}$, и соответствующую осадку;

за конечные значения p_n и S_n – значения p_i и S_i соответствующие четвертой точке графика на прямолинейном участке.

Модуль деформации грунта E , МПа, вычисляли для линейного участка графика по формуле

$$E = (1 - \nu^2) K_p K_1 D \frac{\Delta p}{\Delta S}, \quad (2)$$

где ν – коэффициент Пуассона, принимаемый равным 0,27 для крупнообломочных грунтов; 0,30 – для песков и супесей; 0,35 – для суглинков; 0,42 – для глин; K_p – коэффициент, принимаемый в зависимости от заглубления штампа h/D ; h – глубина расположения штампа относительно поверхности грунта, см; D – диаметр штампа, см; K_1 – коэффициент, принимаемый равным 0,79 для жесткого круглого штампа; Δp – приращение давления на штамп, МПа, равное $p_n - p_0$; ΔS – приращение осадки штампа, соответствующее Δp , см, определяемое по осредняющей прямой.



Рис. 1. График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы НБ

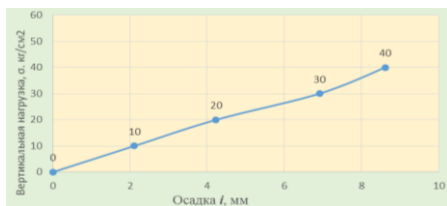


Рис. 2. График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы НБ

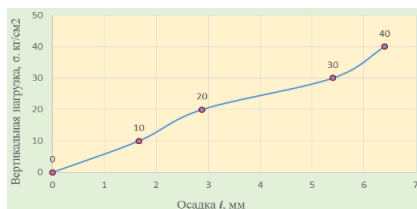


Рис. 3. График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы ВБ

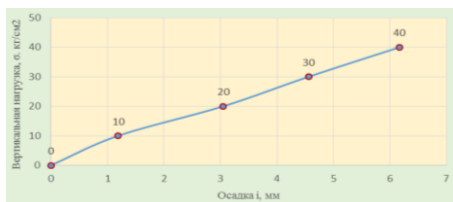


Рис. 4. График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта упорной призмы ВБ

Как видно из гранулометрических составов и плотностей каменного материала, уложенных в зоне А, относительные осадки слоя каменного материала в насыпи уменьшаются с увеличением в составе грунта мелкозернистых фракций < 5 мм. При нагрузках 4,0 МПа также уменьшаются с 8,6 мм, до 6,2 мм при увеличении мелкозема от 5 % до 18 %. При недостаточном количестве мелкозема пористость горной массы достаточно высокая и деформации материала значительные. Наиболее оптимальное значение мелкозема в составе грунта 18–25%, при котором осадки не будут превышать 6 мм.

Литературы.

1. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Введ. 2015-07-03. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 23 с.
2. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Введ. 2014-12-12. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 22 с.
3. ГОСТ 22733-2016 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. Введ. 2016-07-28. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 15 с.

4. Нестеров, М. В. Гидротехнические сооружения / М. В. Нестеров. – Мн.: Новое знание, 2006. – 616 с.
5. КМК 2.06.05-98 Плотины из грунтовых материалов.
6. КМК 3.07.01-96 Гидротехнические сооружения речные.

УДК 004:620.9

Энергетический сектор Узбекистана и перспективы цифровизации гидроэлектростанций

Исаков А. Ж.

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»
Ташкент, Республика Узбекистан

В данной статье на основе проведенных исследований рассмотрены вопросы текущей ситуации в электроэнергетической отрасли Республики Узбекистан; определены перспективы спроса на электрическую энергию; представлены основные положения государственной энергетической политики и ее важнейших составляющих; показана перспектива развития электроэнергетической отрасли Республики Узбекистан.

Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020–2030 годы разработана в целях удовлетворения растущей потребности Республики Узбекистан и обеспечения дальнейшего сбалансированного развития электроэнергетической отрасли с учетом передового мирового опыта и современных тенденций развития мировой энергетики.

Анализ текущей ситуации показывает, что в настоящее время располагаемая генерирующая мощность Республики Узбекистан составляет 12,9 ГВт, из них: на ТЭС вырабатывается 11 тыс. МВт (84,7 %), на ГЭС вырабатывается 1,85 тыс. МВт (14,3 %), на блок-станциях и изолированных станциях вырабатывается более 133 МВт (1 %) [1].

Основным источником генерации являются 11 ТЭС, в том числе 3 ТЭЦ. Мощность современных энергоэффективных энергоблоков составляет 2825 МВт или 25,6 % от общей мощности ТЭС. В 2019 году на ТЭС выработано 89,6 % электрической энергии от общей генерируемой.

Гидроэнергетика включает 42 ГЭС, в том числе 12 крупных, общей мощностью 1,68 ГВт (90,8 % от общей мощности ГЭС), 28 МГЭС, общей мощностью 0,25 ГВт (13,5 %) и 2 микро ГЭС, общей мощностью 0,5 МВт. По водотоку работают 30 ГЭС мощностью 532 МВт (4 крупных – 317 МВт и 26 МГЭС – 215 МВт). При водохранилищах имеется 10 ГЭС суммарной мощностью 1,4 ГВт. Коэффициент использования гидропотенциала рес-