



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО –
ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ISSN 0016-9714

ГИДРО- ТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО



2 2017
ЭНЕРГОПРОГРЕСС

Оптимизация контроля качества укладки гравийно-галечниковых грунтов при возведении плотин

Борткевич С. В. *, кандидат техн. наук, главный инженер

(АО "Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро "ГИТЕСТ")

Комплексом геотехнических и сейсмоакустических исследований опробован сейсмоакустический способ контроля качества укладки гравийно-галечниковых грунтов. Даны рекомендации по определению максимальной плотности рассматриваемых грунтов при расчёте их коэффициента уплотнения в теле плотин.

Ключевые слова: плотина, гравийно-галечниковый грунт, контроль качества, геотехнические исследования, сейсмоакустические исследования, скорость продольных волн, структура сложения грунта, плотность грунта, представительная проба, гранулометрический состав, коэффициент уплотнения грунта.

By complex of geotechnical and seismic-acoustic researches seismic-acoustic way of quality control of laying down of gravel-pebble soils is tested. Recommendations for determining maximum density of considered soils when calculating their compaction coefficient in dam body are given.

Keywords: dam, gravel-pebble soil, quality control, geotechnical researches, seismic-acoustic researches, longitudinal wave speed, structure of laying soil, soil density, representative sample, granulometric composition, soil compaction coefficient.

Для возведения плотин на горных реках широко применяют гравийно-галечниковые грунты. При качественной укладке эти грунты обладают малой деформативностью и высокой прочностью как в сухом, так и в обводнённом состоянии. Качество укладки гравийно-галечниковых грунтов в тело сооружения характеризуют по гранулометрическому составу и коэффициенту уплотнения, которые должны соответствовать проектным значениям. При этом проектные значения гранулометрического состава грунта задают в виде граничных кумулятивных кривых с минимальным и максимальным допустимым содержанием частиц определённого размера, а коэффициент уплотнения грунта — величиной, определённой согласно [1] по формуле

$$K_{com} = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}}, \quad (1)$$

где ρ_d — плотность сухого грунта, уложенного в тело плотины, t/m^3 ; ρ_{dmax} — максимальная плотность сухого грунта, t/m^3 .

Определение ρ_d и ρ_{dmax} гравийно-галечниковых грунтов связано с рядом трудностей, обусловленных высокой степенью неоднородности их гранулометрического состава и большой крупностью. Для укладки в тело плотин обычно допускаются грунты, включающие валуны размером до 800 мм.

Определение плотности сухого грунта ρ_d в насыпи выполняют методом лунки (шурфа). Главным фактором, влияющим на точность определения ρ_d , является объём отбираемой из лунки пробы, который рекомендуется принимать в зависимости от

максимального размера частиц грунта согласно [2]. Рекомендуемый ориентировочный объём пробы для определения плотности грунта с крупными включениями размером 200 мм и более составляет 1000 л при глубине лунки 800 – 1000 мм и размерах в плане 800 × 800 – 1000 × 1000 мм.

Эти рекомендации справедливы для рассматриваемых грунтов в том случае, если распределение частиц различных размеров в грунте относительно равномерно. Однако производственные исследования на строительстве плотин Нурекской, Тери и Рогунской ГЭС показали, что при укладке в тело плотин гравийно-галечниковых грунтов равномерного распределения их частиц не происходит. Вследствие высокой неоднородности этих грунтов в процессе послойной отсыпки образуется квазиоднородный насыпной массив, характеризующийся своей особой структурой. Геотехническая модель структуры сложения насыпного массива из гравийно-галечниковых грунтов приведена в [3].

Элементами структуры являются "скопления" валунов, включая гальку крупностью более 100 мм, и "основа" грунтового массива. По объёму насыпи "скопления" валунов распределены в "основе", представленной частицами размером до 40 – 80 мм.

Изменение гранулометрического состава грунта по крупности и содержанию мелкозёма (частиц мельче 5 мм) создаёт первый масштабный уровень неоднородности насыпного массива, а изменение структуры его сложения — второй масштабный уровень неоднородности. Объём единичных "скоплений" валунов достигает $1,5 m^3$ при линейных размерах в плане 0,5 – 2,1 м. Содержание "скоплений" в насыпи может изменяться от 15 до 50 % в зависимости от гранулометрического состава отсыпаемого грунта. "Скопления" валунов и "основа" массива

* info@gitest.ru

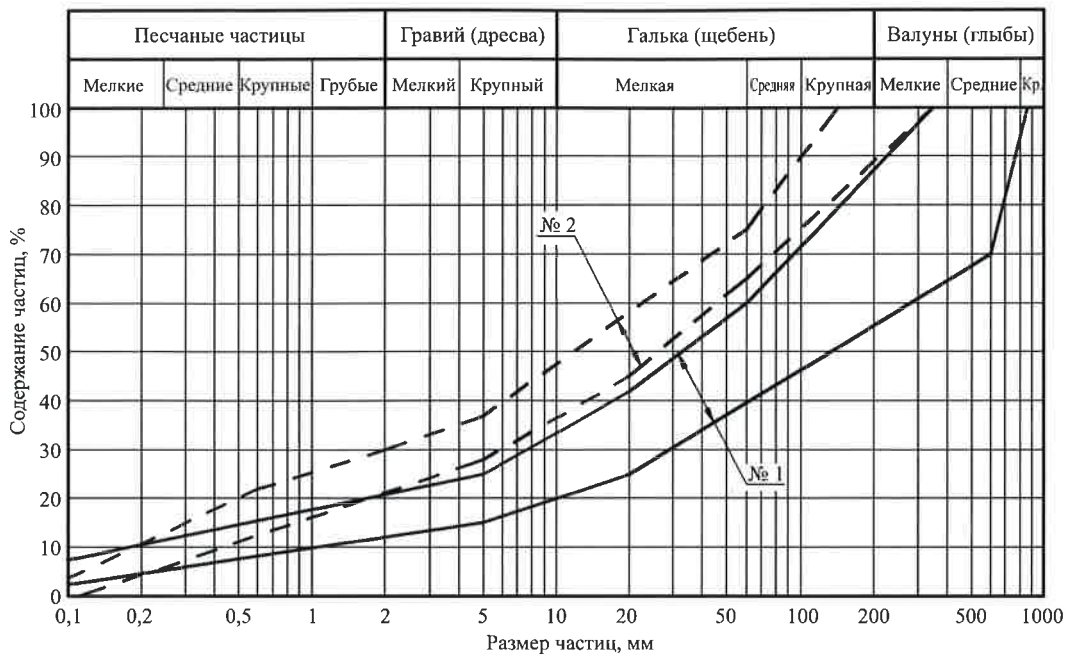


Рис. 1. Граничные кумулятивные кривые гранулометрического состава грунтов опытных насыпей № 1 и № 2

ва, сформированного послойной отсыпкой гравийно-галечникового грунта, существенно различаются по содержанию мелкозёма и степени неоднородности. Например, при отсыпке гравийно-галечникового грунта с содержанием мелкозёма 20 – 25 % в “основе” образуется 35 – 40 % мелкозёма, а в “скоплениях” — от 0 до 5 %. Степень неоднородности гранулометрического состава “основы” насыпного массива составляет 100 – 200, а “скоплений” валунов — не более 5 – 20.

Линейные размеры элементов структуры насыпного массива из гравийно-галечникового грунта соизмеримы с размерами проб грунта, отбираемых

методом лунки, поэтому возникает вопрос о представительности проб.

С целью уточнения размеров и объёма проб, которыми исключается влияние структуры сложения насыпного массива и неравномерности раскладки частиц грунта на результаты определений его гранулометрического состава и плотности, были проведены работы, включающие совместные геотехнические и сейсмоакустические исследования опытных насыпей. Кроме того, в процессе проведения этих работ на строительстве Рогунской ГЭС опробован сейсмоакустический способ контроля качества укладки крупнообломочных грунтов в насыпь

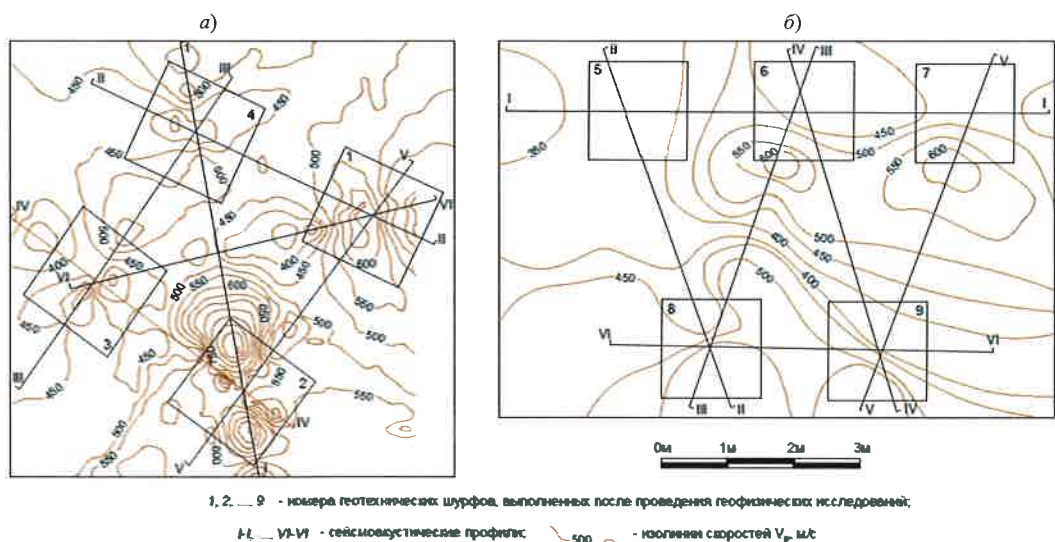


Рис. 2. Карты распределения скоростей продольных волн V_p , полученные по результатам сейсмоакустического прозвучивания площадок на опытных насыпях № 1 (а) и № 2 (б):

1, 2, ..., 9 — номера геотехнических шурфов, выполненных после проведения геофизических исследований; I – I, ..., VI – VI — сейсмоакустические профили; 500 — изолинии скоростей V_p , м/с

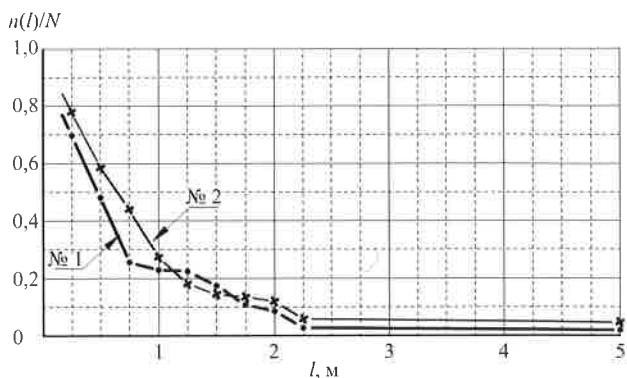


Рис. 3. Масштабные кривые, построенные по результатам многократных измерений скоростей продольных волн V_p на разных базах l при сейсмоакустическом прозвучивании опытных насыпей № 1 и № 2:

$n(l)$ — количество интервалов измерений, требующих исключения повышенных и пониженных значений измеряемого геофизического параметра; N — количество интервалов значимых различий измеряемого геофизического параметра

[4]. Научное руководство сейсмоакустическими исследованиями выполняли доктор физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии естественных наук А. И. Савич и кандидат технических наук В. И. Коптев, общее руководство работами осуществлял автор. Ответственными исполнителями работ являлись инженеры Ю. М. Горешков, А. С. Тишкин и В. В. Мишин.

Две опытные насыпи гравийно-галечниковых грунтов были устроены по технологической схеме, применявшейся на строительстве плотин Нурекской, Тери и Рогунской ГЭС: разработка грунта экскаватором, транспортировка автосамосвалами, отсыпка грунта слоями 0,8 – 1,0 м в насыпь, планировка бульдозером с поливом водой по норме 300 л/м³ и уплотнение виброкатком. Каждая насыпь объёмом по 600 м³ состояла из двух слоёв грунта.

Степень неоднородности грунта, уложенного в насыпи, от 100 до 300. Содержание мелкозёма от 16 до 36 %, размер валунов от 200 до 800 мм. Содержание пылеватых частиц 1 – 2 %. Гранулятивные кривые гранулометрического состава грунтов опытных насыпей № 1 и № 2 показаны на рис. 1.

На поверхности опытных насыпей было размечено расположение шурфов для геотехнических исследований. После этого по участкам расположения шурфов выполнено сейсмоакустическое профилирование с измерением скоростей распространения продольных упругих волн. В каждой насыпи сделано шесть сейсмоакустических профилей, проходящих через центры будущих шурфов. Упругие продольные волны в грунте возбуждали ударами молотка по деревянной бобышке диаметром 10 см и толщиной 15 см, а принимали вертикальными сейсмоприёмниками СВ-30, установленными с ша-

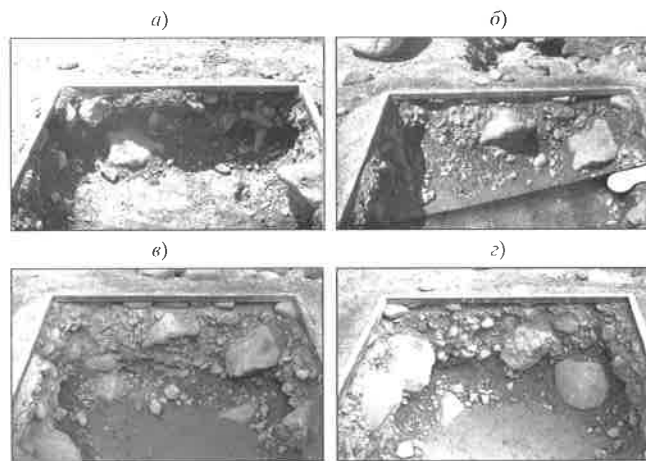


Рис. 4. Фотографическая развёртка стенок шурфа № 3, устроенного на опытной насыпи № 1 внутри стальной ограничительной рамки 1,60 × 1,60 м:

а, б, в, г — условные обозначения стенок шурфа

гом 0,25 м. Длина одной стоянки составляла 5,75 м. Сейсмоприёмники плотно устанавливали в предварительно пробитые штырём отверстия в грунте или на специальные подставки, если точки измерения попадали на валуны. Измерения скорости распространения упругих волн производили с помощью сейсмостанции ИСН-24 и двухканальной цифровой сейсмостанции, позволяющих регистрировать время пробега упругих волн в грунте с точностью не ниже $1 \cdot 10^{-4}$ с и имеющими устройства для сохранения зарегистрированных колебаний на экране дисплея.

Скорости продольных волн V_p определяли для различных комбинаций расстояний l между сейсмоприёмниками и пунктами удара, т.е. на различных базах измерений. Всего для определения скоростей упругих волн использовано 35 вариантов трехэлементных измерительных установок, в которых расстояние между сейсмоприёмниками Δl , а также расстояние между пунктами удара и ближайшим сейсмоприёмником изменялось от 0,25 до 1,75 м. Полученные значения скоростей, характеризующие различные части объёма исследуемых насыпей и разную степень осреднения оценок скоростей, были объединены по площадкам размещения шурфов, из которых должен был производиться отбор грунта для геотехнических исследований.

Количество единичных определений скоростей, по которым проводилось осреднение, менялось от 2 до 60. По полученным значениям скоростей продольных волн V_p построены графики изменений V_p вдоль исследованных профилей. Эти графики были использованы для построения карт V_p на площадках расположения шурфов в опытных насыпях № 1 и № 2. Карты, построенные на персональном компьютере по программе “ТОРО”, приведены на

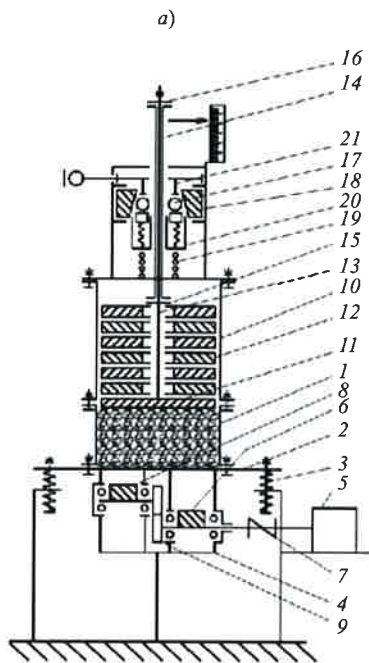


Рис. 5. Прибор для лабораторного определения максимальной плотности и коэффициента уплотнения крупнообломочных грунтов:

a — схема; *б* — фото в сборе: 1 — контейнер с грунтом; 2 — вибростол; 3 — пружины; 4 — вибратор; 5 — электродвигатель; 6 — ведущий дебаланс; 7 — эластичная муфта; 8 — ведомый дебаланс; 9 — шестерни; 10 — корпус для размещения пригрузочных дисков; 11 — пригрузочный поршень; 12 — пригрузочные диски; 13 — шток пригрузочного поршня; 14 — полый шток муфты одностороннего хода; 15 — закрепляющий наплечик; 16 — прижимная шайба; 17 — шарики муфты одностороннего хода; 18 — конусное кольцо; 19 — прижимная пружина; 20 — сепаратор; 21 — направляющая втулка

рис. 2. Все осреднённые значения скоростей использованы для построения масштабных кривых и для последующего установления зависимостей между геофизическими и геотехническими показателями грунтов в опытных насыпях.

Ограниченная мощность опытных насыпей затрудняла построение масштабных кривых для скоростей продольных волн при базе измерений $l > 1,75$ м, поэтому для изучения неоднородности насыпей был использован дополнительно метод неформального анализа [5]. На рис. 3 изображены масштабные кривые, характеризующие неоднородность исследованных опытных насыпей. Вид этих кривых позволяет сделать вывод о том, что исследованные насыпи представляют собой квазиоднородный (в масштабе каждой насыпи) массив. Линейные размеры неоднородностей около 2,1 м. Элементы неоднородности, представленные скоплениями валунов, относительно равномерно (регулярно) распределены в массиве. На это указывает ступенька масштабных кривых при базе осреднения 2,1 м. При случайном распределении неоднородностей масштабные кривые имеют плавный характер. Неоднородность насыпи № 1 выше, чем неоднородность насыпи № 2. На это указывает более резкое изменение масштабной кривой и наличие второй ступени при базе измерения — 1,2 м.

Элементами структуры насыпи № 1 являются отдельные средние и крупные валуны (600 –

800 мм), наличием которых объясняется ступень в масштабной кривой на базе изменения 1,2 м, и скопления мелких валунов (200 – 400 мм), относительно регулярно, со средним расстоянием 2,1 м распределённых в “основе” массива. В насыпи № 2, в отличие от насыпи № 1, содержание валунов и их максимальные размеры значительно ниже. Согласно полученным результатам сейсмоакустических исследований элементарным квазиоднородным элементом насыпного массива является блок с линейными размерами 5 – 10 м. Без учёта структуры сложения насыпи, представительным для измерения гранулометрического состава и плотности гравийно-галечникового грунта в контрольной точке, является блок с линейными размерами в плане не менее 2,1 м. При толщине уплотнённого слоя грунта 0,8 – 1,0 м объём такого блока составляет не менее 3,5 – 4,5 м³.

После завершения сейсмоакустических исследований были выполнены прямые определения плотности и гранулометрического состава грунта во всех шурфах, размеченных на насыпях, с инженерно-геологической документацией и фотографированием стенок шурфов (четыре шурфа в насыпи № 1 и пять — в насыпи № 2). На рис. 4 приведена развёртка стенок одного из шурфов.

При устройстве шурфов размером в плане 1,5 × 1,5 м вровень с поверхностью грунта устанавливали по уровню ограничительную стальную рам-

ку 1,6 × 1,6 м и фиксировали поверхность грунта мерной иглой. Выемку грунта из шурфа производили на глубину, равную толщине уплотнённого слоя. Объём шурфа замеряли посредством заливки воды до касания острия мерной иглы. При этом перед заливкой воды всю поверхность шурфа выстилали полиэтиленовой плёнкой толщиной 0,2 мм. Весь грунт, вынутый из шурфа, взвешивали и разделяли по размеру частиц.

Гранулометрический состав грунта определяли его просеиванием через набор стандартных сит (ячейки размером 20, 40, 60, 80 мм). Гальку крупностью более 80 мм и валуны отсортировывали вручную посредством обмера по наименьшему диаметру.

Содержание в грунте частиц размером менее 20 мм определяли следующим образом:

брали 20-килограммовую навеску из грунта, прошедшего через сито с ячейками 20 мм;

рассеивали эту навеску на ситах с ячейками 5 и 10 мм, промывали и взвешивали высушенный остаток;

пересчитывали содержание частиц 5 – 10 мм и 10 – 20 мм на всю массу грунта, вынутого из шурфа;

из отсева частиц грунта диаметром менее 5 мм брали пробу массой 1 кг для определения влажности мелкозёма и пересчета её на грунт в целом;

гранулометрический состав частиц грунта мельче 5 мм определяли согласно ГОСТ 12536-2014 [6].

Плотность сухого гравийно-галечникового грунта определяли как отношение массы сухого грунта, вынутого из шурфа, к замеренному объёму шурфа с учётом поправочного коэффициента, учитывающего влияние полиэтиленовой плёнки. Величина поправочного коэффициента 0,98 была установлена ранее исследованиями, проведёнными в процессе геотехнического контроля за укладкой гравийно-галечниковых грунтов в тело плотины Нурекской ГЭС.

Поставленные таким образом геотехнические и сейсмоакустические исследования на опытных насыпях позволили провести совместную обработку данных полевых измерений и выявить многомерные корреляционные зависимости между геотехническими параметрами грунта в теле насыпей и среднестатистическими значениями скоростей, измеренных на разных базах. В качестве способа установления этих корреляционных зависимостей использован метод многомерного регрессионного анализа, реализованный с помощью персонального

Результаты определения плотности и гранулометрического состава гравийно-галечникового грунта в опытных насыпях

Номер опытной насыпи	Номер шурфов	Плотность сухого грунта, т/м ³		Содержание в грунте частиц, %					
				< 5 мм		5 – 20 мм		> 100 мм	
		<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>
1	1	2,24	2,24	18,5	16,2	9,7	8,7	46,8	49,0
	2	2,28	2,30	23,0	24,0	18,0	17,8	30,0	28,0
	3	2,20	2,20	18,0	21,2	18,0	19,3	37,0	27,0
	4	2,22	2,21	16,0	16,6	10,0	11,2	36,0	36,0
	В целом по площадке	2,23	2,24	18,9	19,5	13,9	14,2	37,4	35,0
2	5	2,24	2,24	34,0	32,4	16,0	18,0	13,0	12,0
	6	2,28	2,27	31,0	28,8	20,0	17,2	10,0	18,0
	7	2,31	2,29	30,0	28,2	15,0	15,8	24,0	27,0
	8	2,24	2,25	35,0	36,4	14,0	14,6	11,0	12,0
	9	2,23	2,22	32,0	33,0	20,0	19,1	13,0	11,0
	В целом по площадке	2,26	2,25	32,4	31,8	17,0	16,9	14,2	16,0
Среднее		2,25	2,25	26,4	26,3	15,6	15,7	24,5	24,4

Примечание: *a* — геотехнические определения, *б* — сейсмоакустические определения.

компьютера и пакетов программ “STATGRAF” и “SURFER”.

Оценка гранулометрического состава грунта по скорости прохождения упругих продольных волн основывалась на так называемом масштабном эффекте, который проявляется в том, что среднестатистические величины скоростей в неоднородных средах зависят от базы измерений [7]. По мере увеличения базы измерений скорости закономерно уменьшаются. На малых базах, соизмеримых с размером крупных частиц грунта, они выше, а по мере увеличения базы они уменьшаются, приближаясь к асимптотическому значению, которое соответствует квазиоднородной среде, когда база измерений намного больше размеров крупных частиц.

В качестве показателей гранулометрического состава исследуемого грунта принято содержание основных групп частиц: мелкозёма (мельче 5 мм), крупного гравия с мелкой галькой (от 5 до 20 мм), средней гальки (от 20 до 100 мм), крупной гальки и валунов (более 100 мм). Содержание этих групп частиц достаточно чётко определяет вид кумулятивных кривых гранулометрического состава грунта.

Гранулометрический состав и плотность гравийно-галечникового грунта определены по каждому шурфу в отдельности (“точечные” пробы) и в целом по площадкам, на которых они располагались. В таблице приведены результаты этих определений.

В целом для площадки расположения шурфов на насыпи № 1 плотность сухого грунта составляла $\rho_d = 2,23 \text{ т/м}^3$ по результатам геотехнических определений и $\rho_d = 2,24 \text{ т/м}^3$ по результатам сейсмоакустических определений, содержание мелкозёма (частиц мельче 5 мм) соответственно 18,9 и 19,5 %.

Для площадки расположения шурфов на насыпи № 2 плотность сухого грунта составляла $\rho_d = 2,26 \text{ т/м}^3$ по результатам геотехнических определений и $\rho_d = 2,25 \text{ т/м}^3$ по результатам сейсмоакустических определений, содержание мелкозёма соответственно 32,4 и 31,8 %.

“Точечные” пробы характеризуют лишь те или иные элементы структуры уплотнённого слоя грунта. Фактическая плотность и фактический гранулометрический состав гравийно-галечникового грунта в насыпи могут быть установлены только после накопления и статистической обработки результатов определений по “точечным” пробам.

Несмотря на существенное различие по содержанию мелкозёма в грунте, значения плотности сухого грунта, характеризующие каждую опытную площадку, оказались очень близки между собой. Следует отметить, что ранее, при определении максимальной плотности гравийно-галечникового грунта на вибростенде управления строительства

“Нурекгидрострой” путём уплотнения слоёв грунта толщиной 0,8–1,0 м в мерной ёмкости $2,0 \times 2,0 \times 2,0 \text{ м}$, был получен аналогичный эффект: при содержании мелкозёма как 19 %, так и 32 % максимальная плотность сухого грунта составила одну и ту же величину $\rho_{d\max} = 2,34 \text{ т/м}^3$ [8].

Коэффициент уплотнения гравийно-галечникового грунта для насыпи № 1 составил: $K_{\text{com}} = 2,23/2,34 = 0,95$ и для насыпи № 2 $K_{\text{com}} = 2,26/2,34 = 0,97$.

Возможно лабораторное определение максимальной плотности гравийно-галечникового грунта по устаревшему отраслевому стандарту Минэнерго СССР ОСТ 34-72-646-83 “Грунты. Метод определения максимальной плотности сложения несвязных грунтов” на смесях, моделирующих гранулометрический состав натурального грунта. Международной и отечественной практикой исследований наибольшая крупность частиц в модельных смесях гравийно-галечникового грунта установлена равной 60 мм, а вид и содержание мелкозёма принимается такими же, как в натурном грунте.

При лабораторном определении максимальной плотности гравийно-галечникового грунта имеет значение способ, а также режим вибрационного воздействия на модельную смесь грунта и величина её пригрузки. В АО “Научно-исследовательский институт энергетических сооружений” были проведены исследования в этом направлении [9], по результатам которых в АО “Институт Гидропроект” разработан с использованием [10] прибор для лабораторного определения максимальной плотности и коэффициента уплотнения крупнообломочных (крупнозёрных) грунтов (рис. 5). В АО “Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро “ГИТЕСТ” разработана методика определения на этом приборе максимальной плотности крупнообломочных грунтов, включая гравийно-галечниковые [11]. ПАО “РусГидро” запланировало разработать новый отраслевой стандарт на лабораторное определение максимальной плотности крупнообломочных грунтов [12], который должен послужить для более точного определения коэффициента уплотнения гравийно-галечниковых грунтов в теле гидротехнических сооружений.

Определение плотности и гранулометрического состава грунта плотины в контрольных точках методом лунки (шурфа) связано с выполнением трудоёмких технологических операций, сдерживающих темпы возведения сооружения, и не позволяет проводить своевременную оценку качества работ. Стремление к ограничению количества трудоёмких операций приводит к тому, что зачастую допускается отбирать по одной контрольной пробе на 5 тыс. м^3 укладываемого гравийно-галечникового грунта, т.е. при толщине отсыпаемого слоя 1 м по одной

пробе на карту размером 50 × 100 м. Одна проба на карту не может характеризовать качество укладки грунта.

Повышение оперативности и снижение трудоёмкости контроля качества укладки гравийно-галечниковых грунтов “точечными” пробами могут быть достигнуты за счёт применения сейсмоакустического способа [4], детально отработанного в процессе проведения комплекса совместных геотехнических и сейсмоакустических исследований на опытных насыпях. Сходимость контрольных параметров грунта, рассчитанных по многомерным корреляционным связям в зависимости от скоростей прохождения продольных упругих волн на разных базах измерений и полученных методом прямых геотехнических определений, очень высокая. Коэффициент корреляции по показателям гранулометрического состава и плотности сухого грунта изменяется от 0,93 до 0,98. При этом контрольными определениями плотности и гранулометрического состава грунта возможно охватить всю карту отсыпки без задержки технологического процесса отсыпки и уплотнения грунта. Для практического пользования составлена “Инструкция по контролю качества укладки гравийно-галечниковых грунтов сейсмоакустическим способом”.

Сейсмоакустический способ контроля качества послойной укладки гравийно-галечниковых грунтов большими объёмами на площадках с линейными размерами 5 – 10 м (объём пробы 20 – 100 м³) гарантирует учёт влияния структуры сложения грунта в насыпи на его плотность и усредняет гранулометрический состав грунта в контролируемой зоне, что уменьшает разброс значений контролируемых параметров, а также даёт более правильное и своевременное представление о качестве возведения насыпи. Кроме того, контроль качества насыпей большими объёмами открывает возможности для увеличения толщины слоёв отсыпки и уплотнения тяжёлыми самоходными виброкатками гравийно-галечниковых грунтов с более крупными валунами, чем допускается в настоящее время.

Выводы

1. Оптимизация контроля качества укладки гравийно-галечниковых грунтов при возведении плотин должна проводиться в направлении повышения представительности контрольных проб, оперативности их выполнения и точности определения контролируемых параметров.

2. При послойной отсыпке гравийно-галечниковых грунтов, содержащих валуны крупностью до 800 мм, представительные контрольные пробы на плотность и гранулометрический состав грунта характеризуются размерами в плане не менее

2,1 × 2,1 м (объём пробы 4 – 5 м³), а с учётом структуры сложения грунта в отсыпаемом слое — не менее 5,0 – 10,0 м (объём пробы 20 – 100 м³).

3. Плотность и гранулометрический состав гравийно-галечниковых грунтов, уложенных в тело плотины, целесообразно определять с использованием сейсмоакустической аппаратуры путём прозвучивания слоя грунта по нескольким поперечникам с измерением скоростей прохождения упругих продольных волн на разных базах, что существенно облегчает и ускоряет процесс геотехнического контроля.

4. При расчёте коэффициента уплотнения гравийно-галечниковых грунтов в сооружении рекомендуется использовать значения максимальной плотности, полученные виброуплотнением натурального грунта.

5. Для лабораторного определения максимальной плотности гравийно-галечниковых грунтов на модельных смесях необходима разработка соответствующего стандарта.

Список литературы

1. *СП45.13330.2012.* Земляные сооружения, основания и фундаменты: Актуализированная редакция СНиП 3.02.01 – 87. — М.: Минрегион России, 2012.
2. *РД 34.15.073.* Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве. — Л.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1991.
3. *Борткевич С. В.* Роль технологических исследований в научном обосновании плотин из грунтовых материалов // Гидротехническое строительство. 2009. № 8.
4. А. с. 1833816. Сейсмоакустический способ контроля качества укладки крупнообломочных грунтов в насыпь / С. В. Борткевич, Ю. М. Горшков, В. И. Коптев, А. И. Савич, Н. Г. Савченков // Бюллетень изобретений. 1993. № 30.
5. *Губерман Ш. А.* Неформальный анализ данных в геологии и геофизике. — М.: Недра, 1987.
6. *ГОСТ 12536-2014.* Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
7. *Савич А. И., Куонджич Б. Д., Коптев В. И. и др.* Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений. — М.: Недра, 1990.
8. *Борткевич С. В., Вуцель В. И., Чернилов А. Г., Ройко Н. Ф.* Контроль качества уплотнения грунтовых материалов при строительстве высоких плотин // Гидротехническое строительство. 1981. № 5.
9. *Чернилов А. Г., Урунич В. М.* Определение плотности укладки грунтов в плотины из местных материалов // Гидротехническое строительство. 1979. № 6.
10. А. с. 2002891. Устройство для уплотнения образцов из несвязанных грунтов / В. М. Урунич, С. В. Борткевич // Бюллетень изобретений. 1993. № 41 – 42.
11. *Борткевич С. В., Аверьянов В. Н.* Метод определения максимальной плотности и коэффициента уплотнения крупнообломочных грунтов // Второй Всероссийский Дорожный Конгресс: Сб. научных трудов. — М.: МАДИ, МОО “Дорожный Конгресс”, 2010.
12. *Стандарты, планируемые к разработке // Вестник РусГидро.* 2009. № 1.

Памяти Альберта Дмитриевича Осипова

1 января 2017 г. на 89-м году жизни скончался выдающийся гидротехник, известный ученый в области бетона и технологии бетонных работ, заслуженный строитель РСФСР, лауреат премии Совета Министров СССР, старейший член редколлегии журнала “Гидротехническое строительство” Альберт Дмитриевич Осипов.

После окончания в 1949 г. Тбилисского института инженеров железнодорожного транспорта А. Д. Осипов работал на строительстве Волго-Донского судоходного канала, а с 1953 по 1998 г. – в Научно-исследовательском секторе института “Гидропроект” (в настоящее время – АО “НИИЭС”).

Годы работы в АО “НИИЭС” были для Альберта Дмитриевича чрезвычайно плодотворными. Под его руководством как начальника отдела исследований строительных материалов и непосредственном участии были проведены исследования бетона и технологии его укладки практически для всех крупных гидроузлов и атомных электростанций, проектируемых институтом “Гидропроект”, в том числе таких как Волго-Донской судоходный канал, Жигулевская, Волжская, Усть-Илимская, Красноярская, Саяно-Шушенская ГЭС, Курская, Чернобыльская, Смоленская АЭС, Асуанская ГЭС в Египте, ГЭС Хадита в Ираке, Капанда в Анголе, Ольмос в Перу, каскад Ефратских ГЭС в Сирии.

Им разработаны песчаные, малогравийные и особо жесткие бетоны для гидротехнического строительства, бетоны особо высокой плотности и прочности для АЭС, бесцементные бетоны на основе золы-уноса ТЭЦ и многие другие решения для составов и технологий укладки бетонных смесей.



Альберт Дмитриевич был энциклопедически образованным ученым, творческой личностью, прекрасно владел английским языком. Он никогда не стремился к ученым званиям и степеням. Защитив в 1966 г. кандидатскую диссертацию, Альберт Дмитриевич искренне полагал, что его уровень – это норма для специалиста отраслевой науки.

Многие годы А. Д. Осипов являлся членом комитета “Бетон для плотин” и членом редколлегии Международной комиссии по большим плотинам, членом Российского национального комитета по большим плотинам, членом редколлегии журнала “Гидротехническое строительство”. Он автор более 100 печатных работ, 20 патентов и авторских свидетельств, трех монографий. За выдающиеся достижения в области науки и техники Альберт Дмитриевич удостоен государственных и ведомственных наград. Он награжден орденом Трудового Красного Знамени и медалями, ему присвоено звание “Лауреат премии Совета Министров СССР”, “Заслуженный строитель РСФСР”, он удостоен многих наград и грамот Минэнерго СССР и Минэнерго РФ.

Выйдя на пенсию, Альберт Дмитриевич до последних дней не терял связей с родным институтом и редколлегией журнала “Гидротехническое строительство”. Он был строгим, непредвзятым и доброжелательным экспертом, с удовольствием передавал свои знания и жизненный опыт другим специалистам.

Память об Альберте Дмитриевиче Осипове, выдающемся инженере и ученом, сохранится в памяти и сердцах его близких, друзей и коллег – всех тех, кто знал этого замечательного человека.

Сдано в набор 22.12.2016. Подписано в печать 14.02.2017. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Печ. л. 7,5. Цена свободная

Оригинал-макет выполнен в издательстве “Фолиум”
127411, Москва, Дмитровское ш. 157, тел/факс 8(499) 258-08-28

Internet: <http://www.folium.ru>, **E-mail:** info@folium.ru

Отпечатано в типографии издательства “Фолиум”
