

со стороны водохранилища — по глубине  $H_y$ . Отверстие моста следует рассчитывать для случая спада, исходя из найденной глубины  $H_y$ .

Такова методика и формулы расчета наивысшего горизонта воды с обеих сторон дамбы или продольно-пойменной насыпи.

### Л и т е р а т у р а

1. Карамышев А.С., Богданов Г.Г. О применении результатов исследований продольно-пойменных насыпей к гидравлическим расчетам гидротехнических сооружений в пойме р. Сож на территории Гомеля. — "Труды БелИИЖТ", 1974, вып. 133.
2. Богданов Г.Г. Расчет отверстий периодически закрываемых труб. — "Труды Бежицкого института транспортного машиностроения", 1952, вып. 12.

В. Н. Заяц, П. К. Черник, А. П. Рубан

### НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СЛАБОГО ОСНОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ

Для обеспечения водоснабжением Солигорского калийного комбината потребовалось строительство водохранилища в пойме реки Случь. Было установлено, что пойма сложена слабыми сильно водонасыщенными грунтами с прослоями торфа и озерных отложений. Первоначально предусматривалась посадка земляной плотины на прочное основание. Требовалось удаление разжиженных (в результате нарушения структуры землеройными механизмами) грунтов на глубину от 2 до 5 м.

Более экономичный вариант возведения земляной плотины, т.е. строительства на слабом основании, предложен и выполнен Белорусским научно-исследовательским институтом мелиорации и водного хозяйства. В процессе исследований понадобились дополнительные изыскания и обследования в намеченном створе плотины. Кроме проб грунтов, отобранных из дополнительных скважин, набраны в шурфах монолиты с различной глубины. Выполнены тщательные лабораторные анализы, проведены компрессионные, сдвиговые и штамповые испытания образцов. Получены все физико-механические харак-

теристики грунтовых проб через каждые 25 см по глубине скважин, определены прочностные и деформационные показатели для монолитов через 50 см по глубине щурфов.

Анализ всех полученных данных показал, что левобережная часть поймы сложена низинными торфами высокой степени разложения (45—50%). По ботаническому составу они относились к древесно-осоковым и древесно-тростниковым, имели характерную для пойменных торфов повышенную зольность, достигавшую в некоторых горизонтах 39%. В связи с этим залежь отличалась значительной неоднородностью, коэффициенты пористости составляли 5,9—11,8, влажность в естественном состоянии охватывала диапазон от 380 до 715% при степени водонасыщения 94—99%. По существовавшим строительным классификациям эти торфы отнесли к первой группе, для которой основным видом деформации считалось уплотнение.

В правобережной части поймы встречались линзы и прослой торфа на различных глубинах (иногда на глубине 3 м). Торф отличался более высокой зольностью (до 60%). Основными грунтами основания здесь были водонасыщенные суглинки, часто заторфованные или с примесью органических веществ. Реже встречались заторфованные или с примесью органических веществ пески мелкие и пылеватые, еще реже глины. Поскольку коэффициент пористости их превышал 1, их отнесли к водонасыщенным илам, находящимся в основном в текучем, реже в текучепластичном или мягкопластичном состоянии.

В прирусловых и старичных впадинах реки и устья правого притока на глубине 3,5—5,0 м обнаружены отложения, содержащие от 11 до 32%  $\text{CaCO}_3$ . Грунты этих отложений с коэффициентом пористости от 3 до 3,7 были полностью водонасыщены, находились в текучем состоянии, имели зольность от 76 до 86%. По нормативным требованиям такие грунты можно было отнести к очень слабым илам. В отличие от илов верхних слоев поймы их назвали заиленными сапропелями.

Следует добавить еще, что пойменные отложения основания плотины отличались очень высокой пестротой физико-механических свойств не только по глубине, но и в плане. Нередко показатели грунтов в смежных скважинах (на расстоянии всего 1 м) были не очень похожими. Прослой располагались с большими уклонами. Слабые грунты подстилались мелкозернистыми песками средней плотности. Рельеф контакта неровный, с очень крутыми продольными и поперечными уклонами.

Для отмеченных трех основных разновидностей грунтов основания на сдвиговых, компрессионных, фильтрационных и

других приборах получены все необходимые прочностные, деформационные и фильтрационные характеристики. В табл. приведены некоторые из них и помещены результаты определения по формуле Н.П. Пузыревского начальной критической нагрузки на основании (по осредненным характеристикам грунтов).

Проектная высота плотины (без учета осадки основания) составляла 7 м, а в русловой части 9 м. При проектировании вызывала опасение устойчивость основания в период строительства, поскольку грунты были сильно увлажнены и находились в текучем состоянии. В связи с этим была предложена технология послойной отсыпки насыпи (1,5+2,5+3,0 м) с выдержкой каждого слоя до стабилизации осадки. Первоочередная задача состояла в засыпке старичных впадин и русловой части, чтобы пригрузить возможные выходы весьма слабых слоев и предупредить выдавливание. Толщину первого слоя насыпи задавали с учетом начальной прочности основания и из условия проходимости строительной техники.

Штамповые испытания образцов и крупных монолитов уплотняющими нагрузками показали, что прочность основания после отсыпки насыпи должна возрастать, поскольку грунты основания в результате осадки заметно уплотняются. Контроль за состоянием основания и ходом осадки осуществляли по специально оборудованным "осадочным маркам" (площадкам на поверхности основания с выводом стержней на поверхность насыпи), которые периодически нивелировались.

Три контрольных створа были оборудованы по всей ширине подошвы насыпи не только "осадочными марками", но и колодами-пьезометрами для наблюдения как за осадкой, так и

Таблица 1

Грунт	Коэффициент пористости	Сцепление, кгс/см <sup>2</sup>	Трение	Коэффициент фильтрации, см/с	Начальная критич. нагрузка, кгс/см <sup>2</sup>	Коэффициент компрессии
Торф	5,9--11,8	0,027	0,66	$(4,5-10) \cdot 10^{-4}$	0,245	1,0--2,0
Ил	1,0--1,6	0,076	0,55	$(7,5-50) \cdot 10^{-7}$	0,581	0,1--0,2
Сапропель	3,0--3,7	0,050	0,61	$(4,4-13) \cdot 10^{-6}$	0,425	0,5--0,6

за состоянием уровня грунтовых вод. Первый створ выбран на участке илистых (преимущественно) грунтов основания, второй там, где под илами залегают мощный слой сапропеля, третий — на участке с торфяным основанием. Для контрольных створов была вычислена величина осадки основания, необходи-

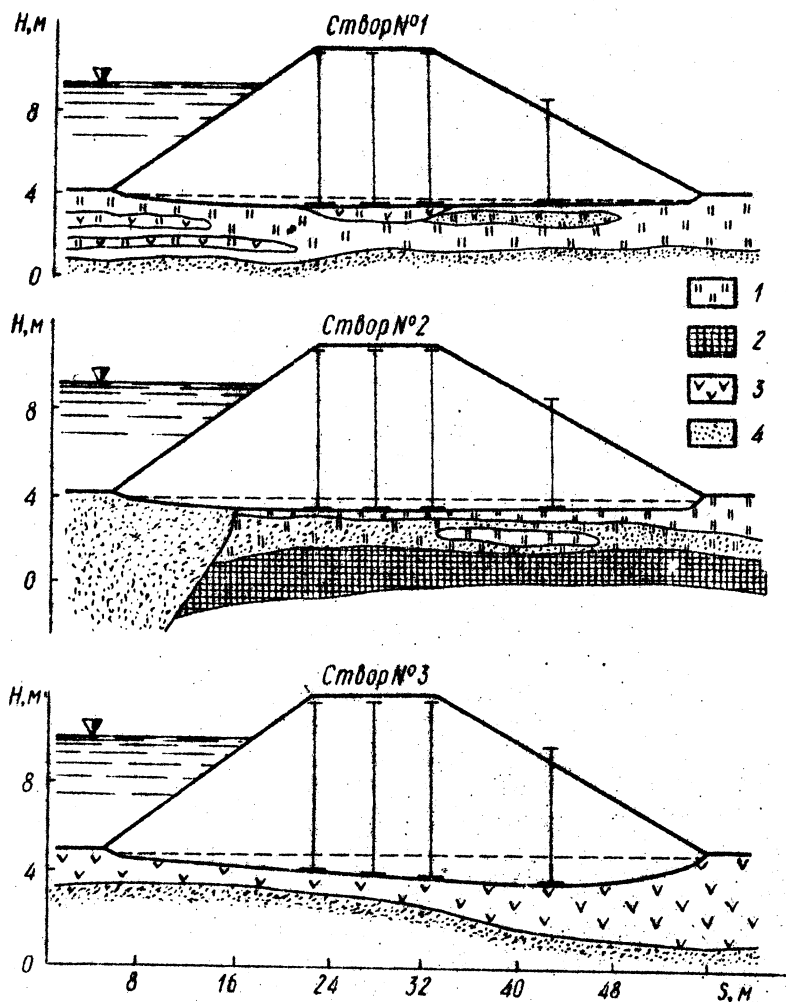


Рис. 1. Поперечные сечения земляной плотины; 1 — ил; 2 — сапропель; 3 — торф; 4 — песок.

мая для учета земляных работ при соблюдении отметки гребня плотины. Расчеты осадки (по оси плотины) выполнены по показателям сжимаемости образцов (и крупных монолитов) с учетом неоднородности и слоистости оснований. Верхний (расчетный) слой в 20 см при расчете не учитывали. В створе № 3, где глубина залежи под откосом оказалась намного большей, чем под гребнем, вычисление осадки проведено для вертикалей по оси плотины и под откосом (рис.1). Наиболее удобными для расчета осадки оказались кривые относительной компрессии.

Результаты расчетов осадки оснований в контрольных створах, а также численные значения фактической осадки, замеренные через 10 лет после начала строительства, приведены в табл. 2.

За расчетную нагрузку принимали произведение высоты насыпи на вертикали без учета осадки на объемный вес песка в теле плотины ( $1,8 \text{ г/см}^3$ ). Поскольку расчеты считались ориентировочными (для подсчета объемов работ), взвешивающее действие фильтрационных вод через тело плотины и дополнительная толща насыпного слоя с учетом осадки не учитывались. Строгие расчеты консолидации не проводились, поскольку условия консолидации непрерывно изменяются: в строительный период массы грунта перемещались с одного места на другое, после заполнения водохранилища изменяется уровень воды в нем, что отражается на положении кривых депрессии в теле плотины.

Строительство плотины, начатое в сентябре 1964 г., было закончено осенью 1967 г. Технологический режим строго не

Таблица 2

Номер контрольного створа	Основной грунт основания	Расчетная глубина слоя, см	Расчетная нагрузка, кгс/см <sup>2</sup>	Расчетная осадка, см	Изменная осадка через 10 лет, см
1	ил	250	1,26	32	28,7
2	ил + сугро-пель	220 + 200	"	67	66,2
3 (ось)	торф	120	"	59	55,3
3 (откос)	"	340	0,72	133	126,0

выдерживали: первый слой насыпи составлял 1,8—2,0 м, затем нарастали до 3,5 м и, наконец, довели до проектной отметки. На рис. 1 показаны разрезы плотины и основания по контрольным створам. На рис. 2 показано возведение насыпи в створах, заполнение водохранилища, даны кривые нарастания осадки.

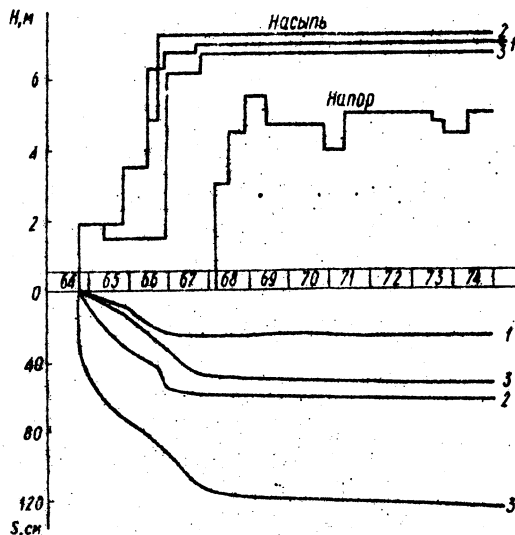


Рис. 2. Графики нагружения основания и осадки плотины во времени; 1, 2, 3 — соответственно в створах № 1, 2, 3.

Из рис. 2 видна некоторая неравномерность скорости осадки в промежутках между контрольными замерами не только в строительный период, но и в процессе эксплуатации. После заполнения водохранилища отмечалось прекращение осадки, затем деформация основания снова возобновилась. Интенсивность осадки составляет 3—5 мм в год. Такой плавный ход осадки указывает на удовлетворительное состояние слабого основания, на то, что деформации его происходят за счет уплотнения, а не в результате разрушения и выдавливания наиболее слабых прослоек из напряженной зоны. Контрольные отборы проб грунтов основания подтвердили сделанные прогнозы. Грунты уплотнились до проектной величины.

Наблюдения за процессом деформации основания земляной плотины показывают, что опыт строительства на слабых основаниях аналогичных сооружений следует распространять. При этом требуется тщательное изучение строительных свойств грунтов основания и соблюдение режимов технологии строительства.