

М. Г. Красник, Ю. П. Борисовец, Р. И. Герман

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТА ПОД ГИБКИМИ ФЛЮТБЕТАМИ

В настоящее время для целей лесосплава начинают применять плотины запанного типа с гибким экраном и флютбетом. Мобильность, экономическая эффективность, а также возможность установки плотин в русле реки в его естественном состоянии выгодно отличают их от стационарных. Основным элементом таких плотин, обеспечивающим их фильтрационную устойчивость, является флютбет, изготавливаемый, как и экран, из гибких водонепроницаемых материалов. При монтаже плотин он укладывается на дно реки без предварительной планировки и облегает все неровности. Поэтому определяющим требованием для него является эластичность при достаточной прочности.

Гибкие флютбеты в практике гидротехнического строительства для целей лесосплава применяются впервые, и их работа не исследовалась. В связи с этим в гидротехнической лаборатории кафедры водного транспорта леса и гидравлики Белорусского технологического института имени С.М. Кирова (руководители: доктор технических наук, профессор Будыка С.Х. и кандидат технических наук, доц. Красник М.Г.) исследовалась возможность применения гибких флютбетов в качестве противofильтрационного устройства в плотинах запанного типа.

Предполагалось, что в результате работы гибкий флютбет должен самозаглубляться в низовой части, за счет чего будет обеспечена его фильтрационная устойчивость. Проведенные поисковые опыты подтвердили предположение. Выявленное новое качество гибкого флютбета позволило продолжить исследования по решению следующих задач: 1) выявление картины протекания процесса самозаглубления; 2) выявление условий, при которых при данном напоре происходит прекращение самозаглубления; 3) установление связи между размерами флютбета и величиной самозаглубления.

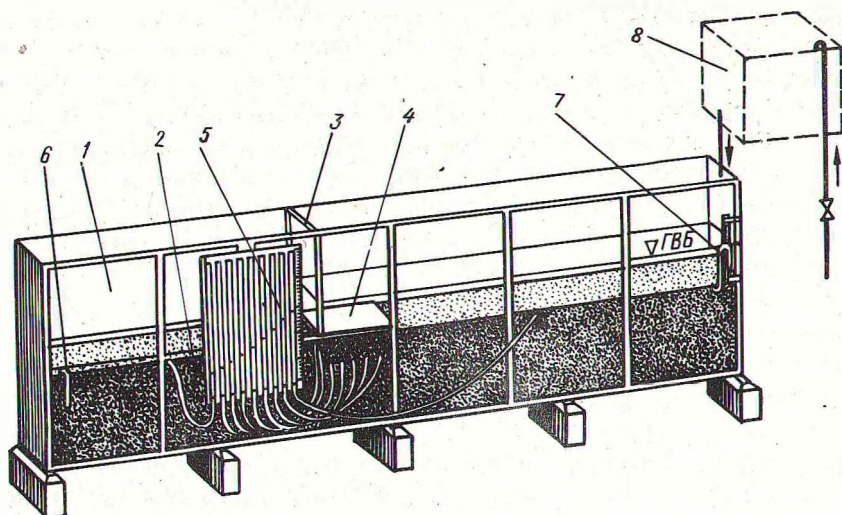


Рис. 1. Схема установки: 1 — фильтрационный лоток; 2 — грунтовая загрузка; 3 — жесткий эпром; 4 — флотбет; 5 — щит для пьезометров; 6 — устройство для измерения фильтрационного расхода; 7 — устройство для регулирования уровня в верхнем бьефе; 8 — напорный бак.

Для решения поставленных задач на кафедре была запроектирована специальная установка (рис. 1), состоящая из лотка и водооборотного устройства.

Лоток представлял собой открытый бассейн прямоугольной формы с размерами: длина — 6000 мм, ширина — 300 мм и высота — 1500 мм, которые выбирались с таким расчетом, чтобы по его оси установилась фильтрация, соответствующая плоской задаче. Для удобства наблюдений за состоянием грунта в нижнем и верхнем бьефах во время опыта одна стенка лотка была выполнена из оргстекла. Питание лотка осуществлялось дисциplinированной водой.

Методика проведения опытов в лотке была следующей: грунт принятой крупности загружался в лоток в воздушно-сухом состоянии. В качестве основного грунта для исследований, на основании анализа гранулометрического состава донных наносов, принят мелкий песок с коэффициентом неоднородности $\eta = 2,35$. Загруженный грунт осторожно подпитывался водой снизу (чтобы не зашемить воздух в порах и создать равномерную плотность)

и оставался в таком состоянии на несколько дней. Затем исследуемая гибкая модель флютбета (материал полиэтиленовая пленка, хлопчатобумажный авизент, резина) укладывалась на влажный грунт. Напор на модель создавался с помощью вертикальной стенки (экрана), выполненной из оргстекла. Низовая часть модели флютбета крепилась к экрану. Для создания подвижности гибкой модели флютбета между экраном и грунтом оставлялся зазор 3—5 мм. Ширина модели флютбета принималась несколько больше ширины лотка с тем, чтобы края ее были загнуты вдоль боковых стенок. Швы замазывались специальной замазкой. Это исключало фильтрацию между моделью флютбета и боковыми стенками лотка. Верхний край модели флютбета пригружался бронзовым прутком.

После полной установки модели флютбета и проведения всех вспомогательных работ создавался небольшой действующий напор ($H = 30 - 50$ мм), при котором производилась проверка правильности показаний пьезометров. В дальнейшем ступени подъема напора были небольшими, что давало возможность точно установить значение напора, при котором появились первые признаки разрушения грунта в нижнем бьефе.

Принятая для исследования модель представляла по существу плоский незаглубленный флютбет в водопроницаемом слое конечной глубины. Для такого флютбета имеются теоретические решения, которые позволяют определить все фильтрационные характеристики грунтового потока (фильтрационный расход, скорость, градиенты напора, давление и т.д.). Эти характеристики позволяют судить об устойчивости грунта в основании сооружения и самого сооружения в целом. В связи с этим была построена теоретическая гидродинамическая сетка, по которой были определены все характеристики фильтрационного потока. Они служили эталоном и позволяли установить, когда плоский флютбет превращается в частично заглубленный в низовой части. Для такого контроля по оси флютбета были установлены пять пьезометров, с помощью которых измерялось противодавление на флютбет. Схема расположения пьезометров показана на рис. 2.

Опытные показания пьезометров сравнивались с теоретическими. В начале опытов отклонений в показаниях, как правило, не наблюдалось и гибкий флютбет работал в соответствии с теоретической схемой, т.е. до момента самозаглубления параметры фильтрационного потока хорошо согласовывались с данными теоретического решения.

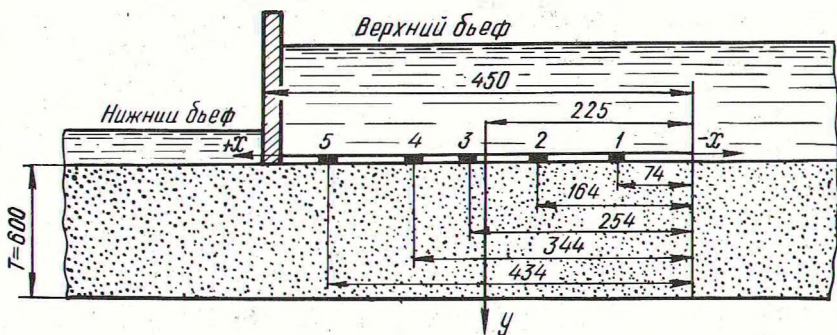


Рис. 2. Схема расположения пьезометров — 1, 2, 3, 4, 5.

Особое внимание при проведении опытов уделялось наблюдениям за изменением формы и положения нижней части флютбета. Для этого в дополнение к визуальным наблюдениям были установлены два пьезометра (6 и 7) по обрезу флютбета в точках, где давления соответствовали 0,1 Н и 0,07 Н.

На рис. 3 и 4 показаны графики изменения пьезометрических напоров в точках расположения пьезометров 6 и 7. Там же по-

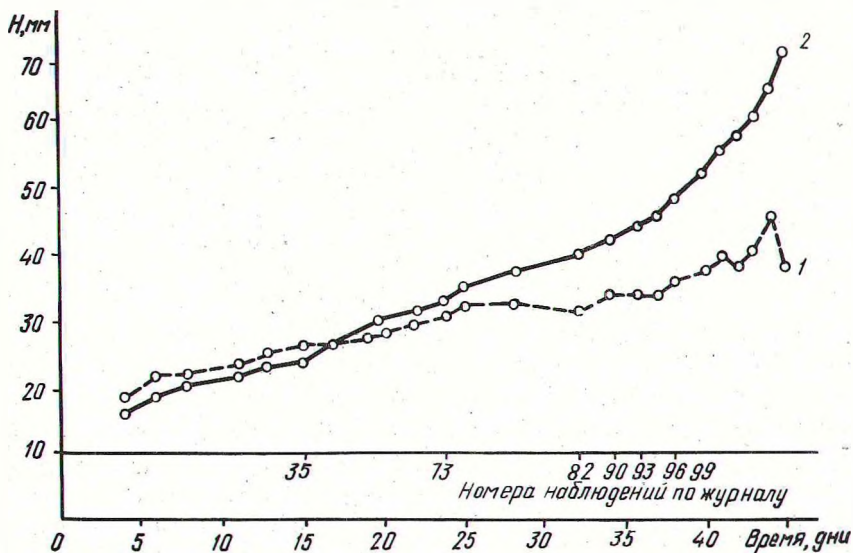


Рис. 3. График изменения пьезометрических напоров в точках расположения пьезометра: 1 — действительные показания пьезометра 7 в опытах; 2 — теоретическая.

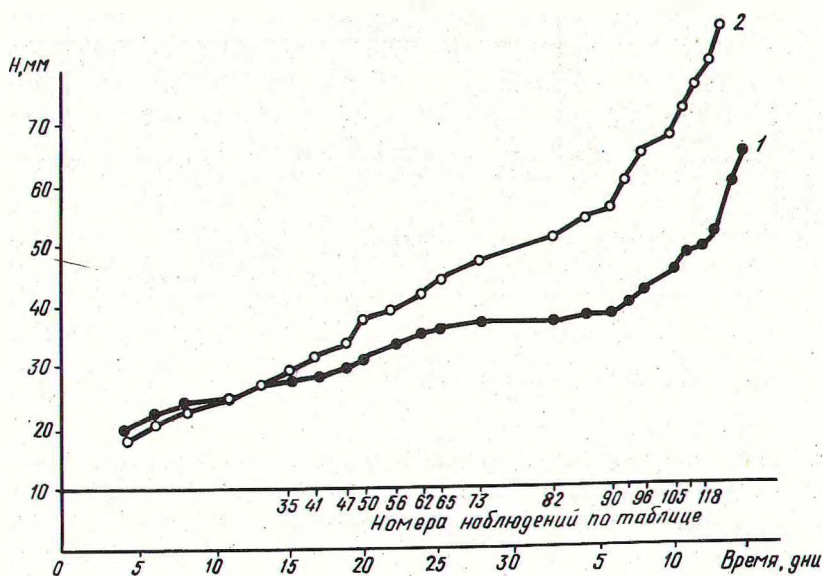


Рис. 4. График изменения пьезометрических напоров в точках расположения пьезометра 7: 1 — действительные показания пьезометра в опытах; 2 — теоретическая.

казаны и соответствующие теоретические напоры. Как видно из графиков, в начале опыта показания пьезометров хорошо согласовывались с теоретическими. После того, как визуально была замечена деформация основания (наблюдение 35), в указанных данных начались расхождения. Следовательно, первый выпор, зафиксированный в наблюдении 35, имеет глубинный характер. Начатый процесс разрушения на поверхности грунта у обреза флютбета постепенно распространяется вглубь.

В процессе наблюдений за изменением формы и положения нижней части флютбета было замечено, что во всех опытах первые признаки разрушения основания грунта появлялись в виде небольших насыпей в нижнем бьефе по обрезу флютбета, которые с повышением напора увеличивались. После окончания опытов были тщательно замерены деформации оснащения и подсчитаны объемы полученных насыпей и выемок. Сравнение результатов подсчета подтверждает, что основным видом разрушения является выпор, хотя объемы насыпей несколько больше объемов выемок. Небольшая их разница объясняется тем, что при образовании насыпей грунт за счет выпора разрыхлялся и уве-

личивался в объеме. Все это позволяет установить процесс самозаглубления флютбета. Вследствие выпора по обрезу флютбета образовывалось углубление, в которое, благодаря эластичности, вдавливалась гибкая модель флютбета. Путь фильтрации при этом не уменьшался, т.е. флютбет из плоского незаглубленного превращался в частично заглубленный в низовой части, и его можно было рассматривать как флютбет с низовым зубом.

Для определения выходных градиентов при самозаглублении флютбета использовался прибор ЭГДА, на котором была построена гидродинамическая сетка с размерами низового зуба, полученного в опытах. Выходной градиент определялся на низовой части зуба в момент окончания формирования заглубления.