

ВЯЗКОСТИ В ВИДЕ

$$\gamma_{HT} = \hat{C}_n x^I y^r U_n^q,$$

где $\hat{C}_n = \gamma_{шт} H^{I+r} V_{шт}^{-q}$.

Различное сочетание показателей степени I , q и r определит характер течения струи:

при $I=q=r=0$ течение ламинарное;

при $I=1, q=1, r=0$ – течение турбулентного пристеночного слоя;

при $I=0, q=1, r=1$ – свободная турбулентная струя.

Решение задач о ламинарных струях вязкой жидкости достаточно хорошо освещено в научной литературе [1, 2].

Совместное рассмотрение уравнений движения, непрерывности и изменения температуры для различных условий позволяет найти решение ряда автомодельных задач турбулентного движения закрученных струй и вывести условие автомодельности реактивных потоков вязкой жидкости.

Решение этих задач, наряду с теоретической значимостью, имеет ряд практических приложений в различных отраслях промышленности.

Литература

1. Вулис А. А., Кашкаров В. П. Теория струи вязкой жидкости. Физмат. изд., учеб. пособие. – М.: Наука, 1965. – 431 с.
2. Хамидов А. А. Решение задач о двумерной свободной струе смеси вязких жидкостей // Проблемы механики, № 3. – Ташкент, 1993.

УДК 614.8:355.58/364

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ НАПОРНОГО ФРОНТА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

Комзолова Д.С., Климович В.А., Кишкевич А.С.

Научные руководители ст. преподаватель Шаталов И.М., ст. преподаватель Щербакова М.К.

Причинами разрушения или обрушений грунтовых плотин являются: сейсмические воздействия на сооружения; подпорный уровень воды, превышающий расчетную величину; аварийное состояние сооружения; неэффективность работы дренажных систем и др.

Сценарии развития гидродинамической аварии различны. Возможно нарушение целостности подпорного сооружения (образование прорана) в теле

плотины, размеры которого существенно меньше общей длины напорного фронта и меньше или равны высоте сооружения или полное его разрушение. В результате данной чрезвычайной ситуации возникают волны перемещения, определение основных параметров которых (скорости, глубины потока) является весьма актуальной задачей.

В условиях высокогорья уклон дна как сухого русла, так и русла водотока достигает достаточно большого значения (10–20 м/км) в отличие от равнинных русел, для которых это значение не превышает 1 м/км. Высокогорный рельеф при разрушении подпорных сооружений способствуют возникновению бурного потока, движущегося с большой скоростью и сносящего все на своем пути. Опасность появляющейся при этом волны перемещения обусловлена и тем, что на своем пути она захватывает грунт, составлявший тело размытой плотины, и различные скальные породы сухого русла, что увеличивает ее ударную силу.

При развитии любого сценария аварии происходит относительно постепенное опорожнение водохранилища, при котором расход воды при распространении потока по нижнему бьефу грунтовой плотины уменьшается в начальном створе и увеличивается в конечном створе. Для определения основных параметров такого потока были проведены экспериментальные исследования в гидродинамическом лотке.

Тестовым объектом исследования было выбрано Тахтакорпюнское водохранилище на территории Азербайджана, созданное одной из наиболее высоких земляных плотин не только в регионе, но и в Европе. Располагается данное сооружение на высоте около 140 метров над долиной с жилой застройкой и сетями энергоснабжения, водоснабжения и транспортного сообщения. Протяженность склона от плотины составляет 2,32 километра (рисунок 1).

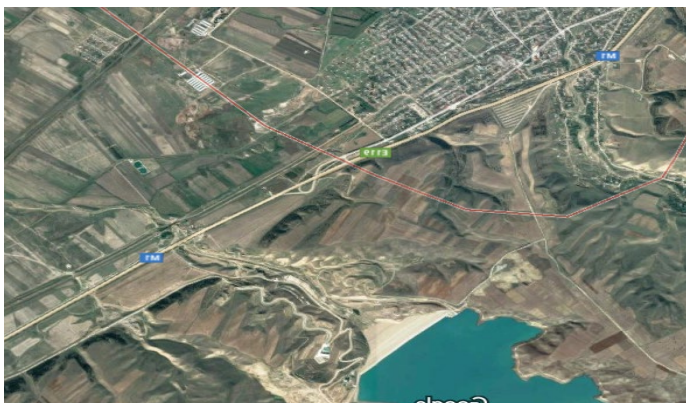


Рисунок 1 – Плотина Тахтакорпюнского водохранилища

Провести натурные эксперименты на подобных объектах не представляется возможным. Поэтому лабораторные исследования являются самым оптимальным методом определения необходимых параметров водных потоков при гидродинамической аварии. Был проведен количественный эксперимент, который позволил зафиксировать волну перемещения и определить геометрические и кинематические ее параметры. Гидравлические сопротивления, шероховатость дна, аэрация потока и волнообразование не учитывались в связи с большой инерционностью горного потока.

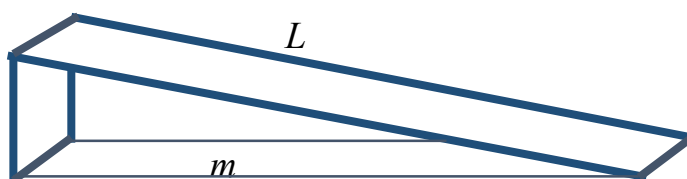
Для проведения лабораторных экспериментов на первом этапе были определены критерии подобия, которые учитывались при разработке модели тестового сооружения. Были выбраны критерии геометрического и динамического подобия, равенство которых для природы и модели обеспечивает возможность пересчета полученных экспериментальных значений исследуемых параметров потоков для натуральных условий.

Динамическое подобие выражается через число Фруда, Fr:

$$Fr_{\text{мод}} = Fr_{\text{нат}} = \frac{v^2}{gh}. \quad (1)$$

Геометрическое подобие определено геометрическими размерами согласно модели (рисунок 2):

$$\frac{m_{\text{мод}}}{L_{\text{мод}}} = \frac{m_{\text{нат}}}{L_{\text{нат}}} \quad (2)$$



m – высота расположения плотины над горизонтальной плоскостью, м;
 L – длина нижнего бьефа (склона), м.

Рисунок 2 – Модель нижнего бьефа (склона)

Эксперименты проводили в лаборатории Белорусского национального технического университета в прямоточном гидравлическом лотке шириной 0,245 м с прозрачными стенками (рисунок 3–5). Поток снимали неподвижной камерой.



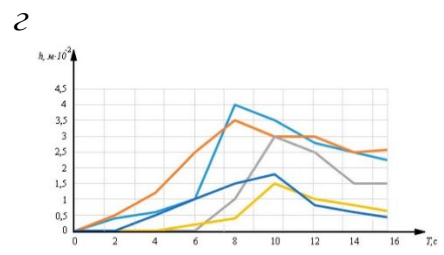
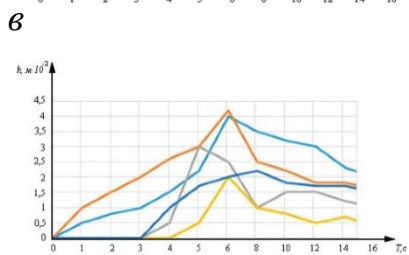
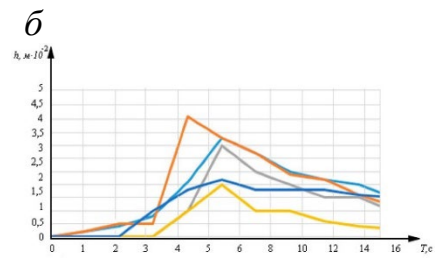
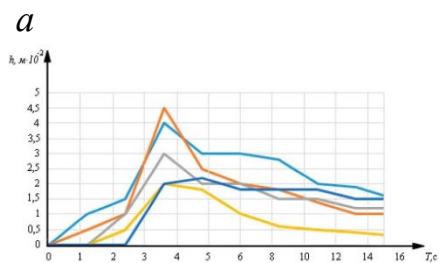
Рисунок 3 – Общий вид экспериментального лабораторного стенда с моделью нижнего бьефа (сухого русла)

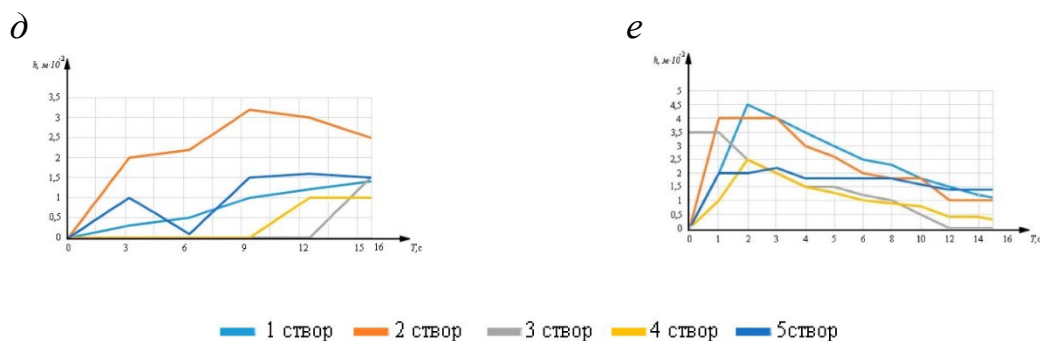


Рисунок 4 – Общий вид волны перемещения при мгновенном открытии затвора



Рисунок 5 – Общий вид обратной волны





a – 2 секунды; *b* – 4 секунды; *в* – 5 секунд; *г* – 10 секунд; *д* – 15 секунд; *е* – мгновенно

Рисунок 6 – График изменения глубины потока воды h (высоты волны перемещения) в зависимости от времени перемещения потока T в нижнем бьефе модели при различном времени открытия затвора

Всего было определено шесть серий экспериментов с пятикратным повторением каждой серии. Далее была проведена обработка результатов измерений и наблюдений для того, чтобы в дальнейшем провести сопоставление с результатами теоретических расчетов и уточнить количественные значения полученных параметров. По результатам были построены графики зависимостей $h = f(T)$, что соответствовало изменению глубины потока воды h (высоты волны перемещения) в зависимости от времени движения потока T в нижнем бьефе модели при различном времени открытия затвора (рисунок 6).

Видеонаблюдение и анализ построенных графиков показывает, что в начальный момент времени перемещения потока воды на участке, расположенном на некотором расстоянии от подвижного затвора, происходит довольно резкое увеличение глубины (и соответственно массы или расхода) вытекающего потока воды (рисунок 6*a–bд*). Затем вода стекает по крутому склону лотка, находясь в бурном состоянии, со значительным уменьшением глубины h и увеличением средней скорости v потока (рисунок 5). Это свидетельствует о появлении прямой отрицательной волны перемещения, о которой упоминалось в ранее опубликованных статьях. Здесь следует отметить, что при мгновенном открытии подвижного затвора 1 (что соответствует полному разрушению земляной плотины) появлялась прямая положительная волна перемещения с резким уменьшением глубины в начальном сечении и мгновенным растеканием бурного потока (рисунки 6*е*, 4).

При движении по наклонной поверхности (горному склону) поток всегда находится в бурном состоянии, а волна перемещения обладает максимальной скоростью и огромной разрушительной способностью. Далее, достигнув горизонтальной плоскости в гидродинамическом лотке, поток переходит в спокойное состояние при этом появляется обратная

положительная волна (рисунок 5), у которой глубина увеличивается, что в природных условиях приведет к затоплению окружающей территории и дополнительным локальным разрушениям в водоворотной зоне.

Разработанная методика лабораторных исследований, проведенный эксперимент и полученные результаты позволяют оценить гидравлические показатели (скорости и глубины) движущегося потока от времени развития прорана. Полученные экспериментальные данные будут использованы для сопоставления с результатами теоретических расчетов для оценки возможностей и достоверности выбранного метода численного моделирования.

УДК 628.112

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ С ЦЕЛЬЮ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

Максимчук М.А., Устюжанина В.С.

Научный руководитель ст. преподаватель А.Н. Кондратович,

для водоснабжения объектов хозяйствования и населения в РБ активно используется вода из подземных источников, для этих целей пробурено около 40тыс скважин, в коммунальном хозяйстве используется 2750 скважин и со средним дебитом от 40 до 50 м³/ч. С начала эксплуатации любой скважины начинается процесс кольматации фильтра скважины и призабойной зоны, т.е. уменьшения их пропускной способности.

Наиболее часто на практике приходится сталкиваться с различными видами химического кольматажа в прифильтровых зонах скважин, который может интенсифицироваться биологической деятельностью бактерий. Основной причиной этого являются железо-, сульфат- и марганцевые бактерии, которые в нескольких видах присутствуют во всех водоносных породах и подземных водах и в результате жизнедеятельности осаждают железо, марганец и выделяют сероводород из подземных вод.

Опыт эксплуатации водозаборных скважин показывает, что их производительность и дренирующая способность существенно снижаются во времени вследствие зарастания фильтров и прифильтровых зон скважин(ПЗС) различными химическими соединениями. Эти соединения образуются в результате нарушения химического равновесия в пласте, связанного с действием в нем гидродинамического возмущения. В результате нарушения химического равновесия в прифильтровой зоне за счет понижения давления, происходит десорбция свободной углекислоты из подземных вод. При этом