

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ РЕЗЕРВНЫХ ЕМКОСТЕЙ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ОТ НАВОДНЕНИЙ

С целью защиты пойменных земель от наводнений посредством дамб обвалования большой протяженности необходимо обеспечить безаварийную работу всей защитной системы при пропуске катастрофических паводков, параметры которых превышают расчетные величины [1, 2]. Обеспечение безаварийной эксплуатации развитых систем обвалования при пропуске катастрофических паводков осуществляется применением противоаварийных резервных емкостей, аккумулирующих избыточную часть максимального стока [3].

При этом для управления режимом заполнения резервной емкости используется частично регулируемый процесс. Техническая реализация этого процесса достигается следующим образом. В качестве водосливного фронта на этапе проектирования назначается участок дамбы в пределах размещения резервной емкости. Выбирается отметка гребня водослива. На ней производится укрепление дамбы путем бетонирования, укладки сборных железобетонных плит, блоков с омоноличиванием, устройства глиняной подушки и т.д. Весь водосливный фронт может быть разделен на секции промежуточными бычками или шпунтовыми стенами. Аналогично ограничивается максимальная длина водосливного фронта. До проектных отметок гребня дамбы секции водосливного фронта засыпаются грунтом. Предусмотрен вариант перекрытия секций водосливного фронта подпорными гидротехническими сооружениями из наполняемых мягких и мембранных плотин, промежуточных валиков и др. [4]. Управление процессом заполнения противоаварийной емкости в этом случае осуществляется путем последовательного открытия требуемого количества секций.

Важным фактором, влияющим на эффективность работы противоаварийных резервных емкостей, является рациональный режим их использования. Последний предполагает выбор оптимального момента начала заполнения и определения гидрографа расходов с целью поддержания допустимого режима в междамбовом пространстве.

Основной предпосылкой начала заполнения противоаварийных резервных емкостей является превышение допустимого уровня воды в междамбовом пространстве на участке, контролируемом данной емкостью. В результате этого может возникнуть аварийная ситуация: перелив через гребень, потеря устойчивости откосов и разрушение дамб. Согласно [1, 2] системы обвалования при проектировании рассчитываются на уровень определенной обеспеченности в зависимости от класса капитальности сооружения. Поэтому данный уровень может служить критерием безопасности работы системы обвалования. Следует учитывать, что достижение или превышение этого уровня является необходимым, но недостаточным условием для определения

момента начала заполнения. Гидрологическая обстановка может потребовать принятия решения об открытии резервных емкостей, особенно в случае интенсивного нарастания расходов и уровней.

Определение момента вскрытия резервной емкости и назначение гидрографа расходов, идущих на ее заполнение, взаимосвязаны.

В общем случае в качестве критерия выбора рационального режима использования резервных емкостей может быть принят критерий минимума народнохозяйственных издержек при пропуске паводка, обеспеченность которого превышает расчетную. В состав издержек входят затраты, связанные с использованием резервных емкостей, и ущерб в системе защиты, вызванный пропуском избыточного максимального стока. Для случаев, когда резервная емкость может аккумулировать весь избыточный сток, режим ее использования должен быть выбран таким, чтобы ущерб от прохождения стока в системе обвалования равнялся нулю. Тогда критерием оптимизации режима аккумуляирования будет являться минимум затрат, связанных с использованием резервной емкости, что соответствует минимуму объема воды, сбрасываемого в резервную емкость при обеспечении безопасной работы системы защиты. На основании этого предлагается способ определения рациональных режимов противоаварийных резервных емкостей (рис. 1). На первом этапе необходимо получить гидрологическую информацию, которая является основой для проведения дальнейших работ. Далее производится расчет прохождения паводка без учета работы резервных емкостей. Результаты расчетов анализируются с целью выявления необходимости использования противоаварийных резервных емкостей. Если уровенный режим для складывающихся гидрологических условий не превышает расчетный для системы, то принимается решение о пропуске паводка без включения в работу резервных емкостей. Если допускается превышение уровней, то назначается расчетная схема использования емкостей и предварительно определяют объемы аккумуляирования. В целях рационального использования противоаварийных емкостей назначается ряд моментов начала заполнения и производится непосредственное определение рационального режима затопления. В этой связи при первом выбранном моменте начала заполнения производится расчет прохождения паводка по системе защиты с учетом работы резервных емкостей. В случае, если уровень на рассматриваемом участке превышает допустимый, определяют расход, который необходимо отвести в резервную емкость.

Величина расхода заполнения вычисляется как разность между расходом при допустимом уровне и для данного временного интервала в результате расчета. После назначения расхода заполнения расчет прохождения паводка для этого интервала повторяется. Если при этом не достигается требуемое снижение уровня, а такое положение может возникать из-за того, что связь уровней и расходов нелинейная, то выполняется корректировка расхода заполнения: определяется дополнительная часть расхода к ранее определенному, которая должна быть отведена в резервную емкость. Это продолжается до тех пор, пока не будет выполнено условие по обеспечению требуемого уровенного режима, либо противоаварийная резервная емкость заполняется полностью и дальнейшее увеличение сбросных расходов станет невозможным. В этом случае необходимо пересмотреть расчетную схему использования резервных

емкостей или, если это возможно, увеличить их объемы.

Расчеты проводят для запланированных моментов начала заполнения противоаварийных емкостей, в результате чего определяют ряд возможных режимов использования. На основании минимального требуемого объема выбирают рациональный режим заполнения резервных емкостей.

Для выбранного режима заполнения, используя полученные значения расходов, устанавливают параметры водосливного фронта.

Принято, что заполнение противоаварийной резервной емкости осуществляется через водосбросное сооружение типа бокового водослива с широ-

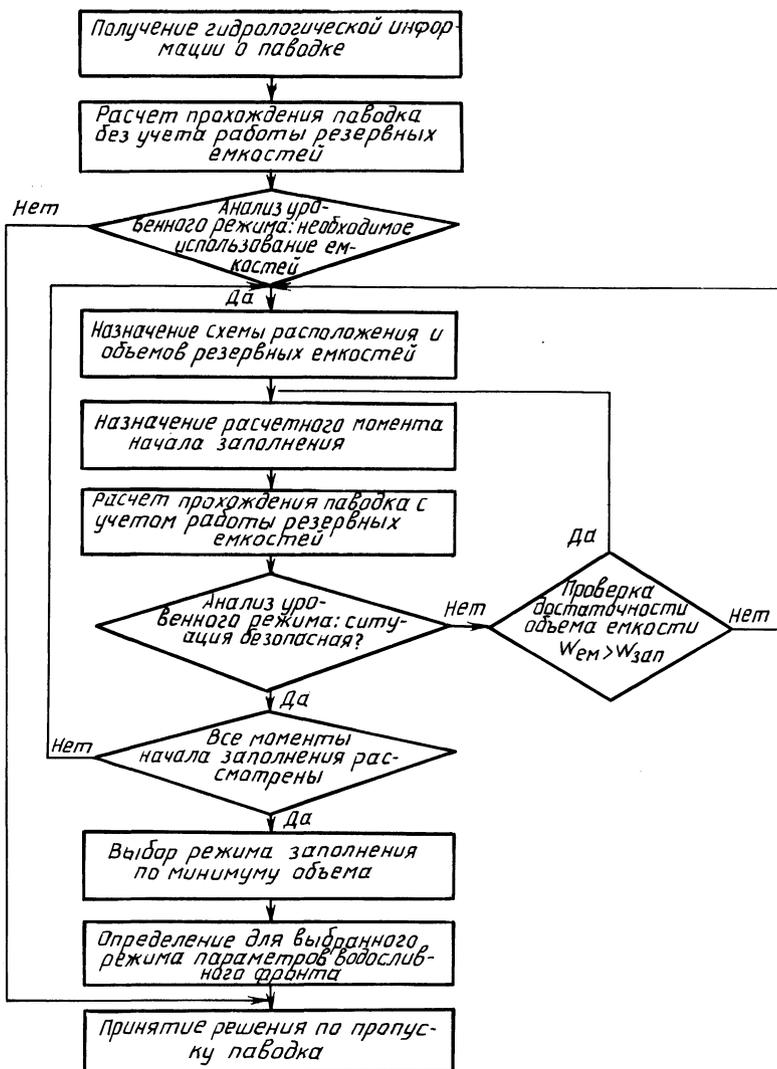


Рис. 1. Принципиальная схема определения рациональных режимов заполнения противоаварийных резервных емкостей

ким порогом. Такое представление водослива соответствует рекомендуемому устройству водосливного фронта. Для расчетов используется формула

$$Q = m\sigma_6 b \sqrt{2g} H^{3/2},$$

решенная относительно ширины водослива при принятии коэффициента бокового сжатия σ_6 согласно рекомендациям Х.Энгельса [5]. Учет влияния уровня воды в резервной емкости на условие истечения через водослив производится с использованием топографических характеристик емкости и критериев, определяющих режим работы водослива с широким порогом.

Длина водосливного фронта используется при пропуске паводка для управления процессом заполнения противоаварийной резервной емкости.

Для определения рациональных режимов использования резервных емкостей разработана программа, реализующая алгоритм расчета трансформации максимального стока [6].

С целью апробации программы и алгоритма выполнены расчеты по определению рациональных режимов заполнения резервных емкостей на конкретном объекте (участок р. Припять протяженностью 255 км). От начала участка вниз по течению на расстоянии 47 км обеспечивался допустимый уровень. На основании анализа топографического материала назначалось расположение противоаварийных резервных емкостей на расстоянии 39 и 70 км от начала расчетного участка; для этих емкостей были построены топографические характеристики. В качестве расчетного принят паводок 0,5 %-й обеспеченности. В табл. 1 приведены расчетные данные по уровенному режиму.

Как видно из данных табл. 1, выбранный в результате расчетов режим заполнения противоаварийных резервных емкостей удовлетворяет решению

Таблица 1

Влияние использования противоаварийных резервных емкостей на уровенный режим контролируемого участка

Расстояние от начальной точки расчета, км	Допустимый уровень на участке (1 % обеспеченности), м	Расчетный уровень при пропуске паводка 0,5 % обеспеченности (без использования резервных емкостей), м	Расчетный уровень при рациональном режиме использования резервных емкостей, м	Снижение уровня от использования резервных емкостей, см	Состояние уровенного режима относительно допустимого (+), см
46,90	30,17	30,63	30,12	51	-5
56,40	29,91	30,30	29,78	52	-13
61,55	29,61	29,85	29,31	54	-30
66,18	29,30	29,38	28,78	60	-52
70,14	29,08	29,11	28,50	61	-58
98,07	26,70	26,89	26,34	55	-36
142,45	24,48	24,91	23,38	53	-10
167,84	23,30	23,63	23,11	52	-19
194,67	21,50	21,79	21,46	33	-4
254,75	17,40	17,59	17,36	23	-4

**Длина водосливного фронта при рациональном режиме
использования резервных емкостей, м**

Месторасположение емкости от начальной точки расчета, км	Период использования емкостей, дни														Объем используемой емкости, м ³
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
49	30	31	69	115	128	155	147	32	40	52	60	63	77	89	851
70	82	128	137	153	73	53	32	41	29	8	40	62	72	86	900

поставленной задачи, т.е. уровни на контролируемом участке не превышают допустимые. При этом использование резервных емкостей обеспечивает безаварийную работу.

Полученные в результате расчетов расходы воды, идущие на заполнение емкостей, использованы для определения требуемой в каждый расчетный интервал периода их работы длины водосливного фронта. Вычисленные значения параметров водосливного фронта для каждой используемой резервной емкости приведены в табл. 2.

Приведенные результаты показывают, что назначенный режим удовлетворяет возможностям управления процессом заполнения противоаварийных резервных емкостей. Это обусловлено тем, что длина водосливного фронта постепенно нарастает до своего максимального значения, что позволяет путем подбора соответствующих размеров секций водослива достичь отвода в емкость требуемого в каждый конкретный момент времени расхода.

Способ определения рациональных режимов заполнения противоаварийных резервных емкостей может применяться как на этапе проектирования, когда определяются параметры системы защиты, так и в процессе эксплуатации для выбора правильных решений по пропуску прогнозируемого паводка.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-50-74. Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования. — М., 1975. — 25 с.
2. СНиП 2.01.04-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. М., 1983. — 93 с.
3. Гриневич Л.А., Рутковский П.П. О возможности использования временных резервных емкостей для регулирования уровня режима паводков в бассейне р. Припять // Вопросы гидравлики и инж. гидрологии. — 1983. — С. 82—86.
4. Сергеев Б.И., Степанов П.Н., Шумаков Б.Б. Мягких конструкции — новый вид гидротехнических сооружений. — М., 1971. — 127 с.
5. Богомолов А.И., Михайлов К.А. // Гидравлика. — М., 1972. — 648 с.
6. Зиверт А.А., Хелманис В.П. Расчет трансформации паводочных волн в русловых системах с учетом берегового регулирования // Водные ресурсы. — 1973. — № 6. — С. 118—125.