



УДК 556.16

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ И ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. СТ. ОСКОЛ¹

М.В. Кумани¹**А.В. Апухтин**¹**М.А. Петина**²

¹Курский государственный университет, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, д. 33

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: petin@bsu.edu.ru

В статье рассматривается возможность организации системы краткосрочного прогнозирования развития гидродинамической аварии с применением современных средств контроля гидрологических характеристик на примере Старооскольского водохранилища.

Ключевые слова: краткосрочное прогнозирование стока, максимальные уровни и расходы воды, метод соответственных уровней.

Одним из приоритетных направлений развития современной прикладной гидрологии Ю.Б. Виноградов [1] считает развитие «сверхкраткосрочных» прогнозов, существование которых невозможно при отсутствии автоматизированных систем измерения, передачи и обработки информации. В случаях, когда начало развития опасного явления и негативное воздействие на человека, населенные пункты, критически важные, потенциально опасные объекты, объекты инфраструктуры разделяют часы, только автоматизированные системы мониторинга и прогнозирования могут с достаточной заблаговременностью оповестить население, экстренные и оперативные службы и другие заинтересованные субъекты о вероятности наступления опасного явления. Развитие методов и приемов сверхкраткосрочного прогнозирования затопления территории особо актуально для гидродинамических аварий на водохранилищах.

В настоящее время для расчета характеристик волны прорыва водохранилищ применяется нормативный документ РД 03-607-03, позволяющий определить границы зоны затопления и характеристики волны прорыва, а так же объемы и расходы воды выливающейся по мере его развития [2]. Основой методики расчета параметров развития гидродинамической аварии является определение расхода жидкости выливающейся через живое сечение прорана. Однако, описанная в руководящем документе методика не позволяет определять перечисленные параметры в оперативном режиме при развитии аварии, так как в это время в нижнем бьефе в неустановившемся гидродинамическом режиме ведение гидрометрических работ невозможно.

На наш взгляд проблему решает организация системы сверхкраткосрочного прогнозирования развития гидродинамической аварии с применением современных средств контроля гидрологических характеристик.

Возможность сверхкраткосрочного прогнозирования затопления территории нами рассмотрена на примере Старооскольского водохранилища (рис. 1), сооруженного в 1976 г. на р. Оскол в 10 км выше города Старый Оскол. Фактическое значение полного объема (при НПУ=136,7 м) составляет 75,7 млн. м³, проектные значения достигают 200 млн. м³.

Затопление территории г. Ст. Оскол определяется расходами воды ($q_{ни}$), поступающими в нижний бьеф (при прорыве, аварийном сбросе и т.д.; в нашем случае ге-

¹ Работа выполнена в рамках государственного контракта от 29.04.2011 г. №16.515.11.5005

незис максимальных расходов не принципиален) и промежуточной приточностью ($Q_{прит}$) с территории бассейна между плотиной водохранилища и г. Ст. Оскол.

$$Q_{Ст.Оскол} = q_{пл} + Q_{прит} \quad (1)$$

Величину $q_{пл}$ определим как отношение изменения объема водохранилища к интервалу времени, за которое производилось определение, суммированное с $q_{прит}$ – бытовым расходом воды, поступающей в водохранилище в это же время.

$$q_{пл} = \Delta W / \Delta t + q_{прит} \quad (2)$$

Изменение объема воды в водохранилище определяется при помощи батиграфических кривых (кривой зависимости объема воды в водохранилище от уровня воды в нём). Текущее изменение уровня фиксируется с помощью датчиков уровня, размещенных в верхнем бьефе водохранилища у плотины и в зоне выклинивания подпора.



Рис. 1. Ситуационный план Старооскольского водохранилища

Промежуточная приточность на участке от водохранилища до замыкающего створа принимается равной приточности с водосбора водохранилища (исходя из принятия допущения о равенности модулей стока):

$$\frac{q_{прит}}{S'} = \frac{Q_{прит}}{S} \quad (3)$$

где S' – площадь водосбора водохранилища; S – площадь участка водосбора от плотины водохранилища до замыкающего створа.

Фактическое соотношение $S/S'=1/2$, следовательно, расход, формирующийся на участке от плотины водохранилища ($Q_{прит}$) до г. Ст. Оскол будет примерно в 2 раза меньше расхода $q_{прит}$.

Задача определения $q_{прит}$ решается либо использованием приближенных формул и моделей, либо определением расходов воды в контрольном створе на реках, питающих водохранилище с помощью дистанционных датчиков уровня.

Другой способ заключается в организации пункта контроля уровня и расхода воды на незначительном удалении от плотины водохранилища ниже по течению. Тогда, измеряя непосредственно расход $q_{пл}$ можно вычислить расход $q_{прит}$ как разность $q_{пл}$ и количества воды, истекающей из водохранилища в единицу времени ($\Delta W/\Delta t$), но этот вариант менее надежен при катастрофической ситуации.



Скорость руслового добегания (v_Q) определим, используя приближенную эмпирическую формулу, приведенную в «Методических рекомендациях ...» [3].

$$v_Q = 15 \left(\frac{10^5}{F} \right)^{0.10} \alpha \sqrt[3]{Qi} \quad (4)$$

где Q – расход воды в замыкающем створе участка реки; F – площадь бассейна в км²; i – уклон реки в промилле; α – параметр, меняющийся для равнинных рек от 0,4 при широкой заболоченной пойме до 1,0 при отсутствии поймы. Следует отметить, что параметр α при выходе на пойму резко уменьшается.

Учитывая, что в нашем случае рассматривается зарегулированный участок водотока, зависимость процессов формирования стока и движения волны половодья от площади водосбора по которому резко нарушена, приближенная формула для определения скорости добегания волны половодья будет иметь вид:

$$v_Q = \alpha \sqrt[3]{Qi} \quad (5)$$

В нашем случае, примем α равным 0,75. Средний уклон реки составляет 1,8‰. Тогда зависимость скорости добегания от расхода воды будет иметь вид, представленный на рис.2 и описывается уравнением (6).

$$vq = 0,6599 \ln(q_{пл}) + 0,6406 \quad (6)$$

Время добегания до гидрологического поста (рис. 3), при расстоянии от плотины до г.п. р. Оскол – г. Ст. Оскол (l) равном 10 км, определяется следующим образом:

$$\tau = \frac{l}{v_Q} = 10 / (\alpha \sqrt[3]{Qi}) \quad (7)$$

$$\tau = 10,461 (q_{пл})^{-0,307} \quad (8)$$

Уровень воды в замыкающем створе определяется по фактической кривой $Q=f(H)$, которая достаточно надежно аппроксимируется логарифмической функцией и выражается уравнением (9):

$$H_{(Оскол-Ст. Оскол)} = 64,111 * \ln(Q_{(Оскол-Ст. Оскол)}) - 2,401 \quad (9)$$

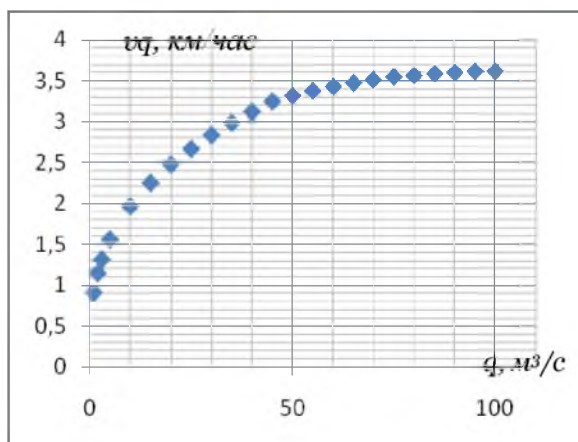


Рис.2. Теоретическая зависимость скорости добегания от расхода $q_{пл}$

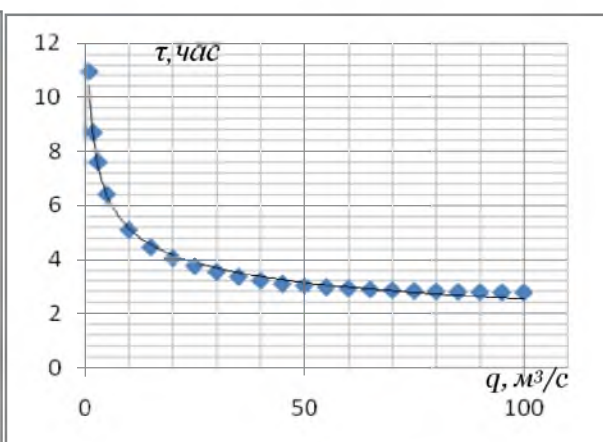


Рис.3. Теоретическая зависимость времени добегания от расхода $q_{пл}$

Для р. Оскол у г. Ст. Оскол заблаговременность краткосрочного прогноза в экстремальных случаях составит всего 2-3 часа. В условиях столь малой заблаговременности выпускаемых прогнозов, сама возможность предупреждения о риске затопления основывается на использовании современных автоматических и автоматизированных средств измерения, каналов связи, расчета прогнозных уровней и оповещения населения и заинтересованных субъектов.

Список литературы

1. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Современные проблемы гидрологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.

2. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов.– Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 421 с.

3. Методические рекомендации по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов (РД ОЗ-607-03). – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 28 с.

DEVISING OF A METHOD OF THE OPERATIVE FORECAST OF HYDRODYNAMIC FAILURE AND TERRITORIES FLOODING DEVELOPMENT FROM THE EXAMPLE OF STARY OSKOL

M.V. Kumani¹

A.V. Apuhtin¹

M.A. Petina²

¹*Kursk State University,
Radistcheva St., 33, Kursk, 305000,
Russia*

²*Belgorod State National
Research University,
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: petin@bsu.edu.ru

The possibility of the organisation of supershort-term forecasting system of hydrodynamic failure development with application of the modern control devices of hydrological characteristics from the example of Old Oskol water basin is considered in the article.

Key words: short-term forecasting of a drain, maximum levels and water discharges, a method of respective levels.