

4. Согришин, Ю. П. Штамповка на высокоскоростных молотах / Ю. П. Согришин, Л. Г. Гришин, В. М. Воробьев. – М.: Машиностроение, 1978. – 164 с.

УДК 627.8.034

**Оценка экономического ущерба от затопления территории
в период прохождения паводка катастрофической обеспеченности
на примере Клястицкого гидроузла**

Немеровец О. В., Ивашечкин В. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Низконапорные гидротехнические сооружения (плотины IV класса с напором до 15 м и объемом водохранилища до 50 млн м³) имеют аварийность выше, чем у высоконапорные и средненапорные. Последнее десятилетие в России наблюдалось более 300 аварий ГТС, относящихся к IV классу. Такое число обусловлено неудовлетворительным уровнем технического обслуживания сооружений, недоукомплектованным штатом эксплуатационного персонала, а в некоторых случаях – потерей собственника и эксплуатирующей организации [1]. На территории Республики Беларусь согласно [2] все земляные плотины относятся к низконапорным (плотины IV класса) при этом водохранилища, образованные данными подпорными сооружениями, имеют объем более 1 млн м³ [3]. Вероятность возникновения аварии на гидроузле возрастает после 40–50 лет эксплуатации гидроузла.

Основными разрушающими факторами гидродинамических аварий при разрушении напорного фронта земляной плотины являются волна прорыва и катастрофическое затопление местности.

Волна прорыва имеет значительную скорость движения и обладает большой разрушительной силой. Волна прорыва, с гидравлической точки зрения, является волной перемещения, которая, в отличие от ветровых волн, возникающих на поверхностях больших водоемов, обладает способностью переносить в направлении своего движения значительные массы воды. Поэтому волну прорыва следует рассматривать как определенную массу воды, движущуюся вниз по реке и непрерывно изменяющую свою форму, размеры и скорость.

Поражающее действие волны прорыва проявляется в виде непосредственного ударного воздействия на людей и сооружения массы воды, движущейся с большой скоростью, и перемещаемых ею обломков разрушен-

214

ных зданий и сооружений, других предметов. Волной прорыва может быть разрушено большое количество зданий и других сооружений. Степень разрушения будет зависеть от их прочности, а также от высоты и скорости движения волны.

На затопляемой территории выделяют четыре зоны катастрофического затопления:

1. Первая зона непосредственно примыкает к гидросооружению и простирается на 6–12 км от него. Высота волны может достигать здесь нескольких метров. Характерен бурный поток воды со скоростью течения 30 км/ч и более. Время прохождения волны 30 мин.

2. Вторая зона – зона быстрого течения (15–20 км/ч). Протяженность этой зоны может быть 15–25 км. Время прохождения волны 50–60 мин.

3. Третья зона – зона среднего течения (10–15 км/ч). Протяженность до 30–50 км. Время прохождения волны 2–3 ч.

4. Четвертая зона – зона слабого течения (разлива). Скорость течения здесь может достигать 6–10 км/ч. Протяженность зоны в зависимости от рельефа местности может составлять 35–70 км.

Для моделирования течения в нижнем бьефе, которое формируется при появлении расхода в результате разрушения плотины используем модель Сен-Венана для течения воды в открытом русле произвольного профиля [4–6]. В [7] приведен пример моделирования гидродинамической аварии на Клястицком гидроузле в результате разрушения грунтовой однородной плотины и прохождения волны прорыва по прилегающей территории нижнего бьефа.

Обработав результаты разрушения грунтовой плотины и определив расход воды, проходящий через образовавшийся проран, можно получить контур затопляемой территории и отследить объекты, попадающие в эту зону. Расчетные границы зоны затопления нижнего бьефа Клястицкого гидроузла показаны на рис.



Рис. Расчетные зоны затопления территории нижнего бьефа Клястицкого водохранилища при разрушении плотины

Методика оценки экономического ущерба от затопления территории в результате гидродинамической аварии изложена в [8].

Оценка ущерба от аварии на гидроузле производится в общем виде по формуле:

$$\Pi_a = \Pi_{пп} + \Pi_{ла} + \Pi_{сэ} + \Pi_{нв} + \Pi_{экол},$$

где Π_a – полный ущерб от аварии, руб; $\Pi_{пп}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный гидроузел; $\Pi_{ла}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) аварии, руб; $\Pi_{сэ}$ – социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб; $\Pi_{нв}$ – косвенный ущерб, руб; $\Pi_{экол}$ – экологический ущерб, руб;

Каждый из ущербов, представленных в формуле, зависит от ряда факторов входящих в состав определяющего ущерба и оценивается масштабом гидродинамической аварии.

Оценка экономического ущерба является трудоемкой задачей. Так как в зону затопления попадает лесной массив, сельскохозяйственные угодья с которых сельхозпредприятия получают определенную сумму прибыли. Рассчитать экономические затраты для этих факторов с высокой точностью невозможно в силу экономических показателей сельскохозяйственного производства, которые в свою очередь зависят от климатических условий года. Оценка социально-экономических потерь и косвенного ущерба производится по данным переоценки жилищного фонда. Узнать стоимость застройки затопляемой территории можно по данным кадастра.

Литература

1. Щедрин, В. Н. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланов, О. А. Баев, Е. Д. Михайлов. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 283 с.
2. ТКП 45-3.04-169-2009 (02250). Гидротехнические сооружения. Строительные нормы проектирования // Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь. – Мн., 2011 – 74 с.
3. Калинин, М. Ю. Водохранилища Беларуси: Справочник / М. Ю. Калинин [и др.]. – Мн.: ОАО Полиграфкомбинат им. Я. Коласа, 2005. – 184 с.
4. Грушевский, М. С. Волны пусков и паводков в реках. / М. С. Грушевский. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 336 с.

5. Klohn-Crippen. Red River one-dimensional unsteady flow model: final report submitted to International Joint Commission / Klohn-Crippen // Richmond (British Columbia), 1999. May. – 88 pp.

6. Ahmad, S. Comparison of One-Dimensional and Two-Dimensional Hydrodynamic Modeling Approaches for Red River Basin, final report to International Joint Commission / S. Ahmad, S. P. Simonovic // Winnipeg: University of Manitoba, 1999. December. – 52 pp.

7. Верменюк, В. В. Моделирование неустановившегося движения в нижнем бьефе гидроузла при разрушении грунтовой плотины / В. В. Верменюк, В. В. Ивашечкин, О. В. Немеровец // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 554–567. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2021-64-6-554-567>.

8. Методика по оценке размера ущерба от чрезвычайной ситуации на водохранилищах энергетического назначения / В. Е. Левкевич, З. Г. Патеева, А. В. Плискус; Институт экономики НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2011. – 47 с.

УДК 625.7/.8

Подземный водоотвод для предохранения земляного полотна от переувлажнения и размыва

Копаченя С. С., Левицкий А. А., Линкевич Н. Н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Приведены основные причины разрушений водоотводных конструкций, а также конструкции гидроизолирующих и капиллярпрерывающих прослоек и дренажных устройств, применяемые в дорожном строительстве и их роль в эксплуатации дороги и сооружений на ней.

Известно, что оценка состояния автомобильных дорог определяется параметрами, установленными в нормативных документах [1, 2 и др.]. На данные параметры существенное влияние оказывает эффективность работы дорожных водоотводных сооружений. Неудовлетворительная работа сооружений дорожного водоотвода и дренажа вызывает деформации дорожного покрытия и разрушение элементов не только самого земляного полотна, но и прилегающих искусственных сооружений.

Из опыта эксплуатации водоотводных сооружений известно, что основными факторами, приводящими к разрушению их конструкций, являются: несоблюдение технологии выполнения строительных работ; ошибки, допущенные при проектировании; отклонения от проекта, необоснованные и