

Дубицкий Михаил Александрович,
к.т.н. доцент, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: dubitskii_ma@mail.ru

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ КАСКАДА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Dubitskii M.A.

SAFETY EVALUATION OF CASCADE HYDROPOWER STATIONS

Аннотация. В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на безопасность каскада гидроэлектростанций. Предложены показатели, характеризующие безопасность каскада гидроэлектростанций.

Ключевые слова: гидроэлектростанции, безопасность, окружающая среда, водохранилища, расход воды, показатели безопасности.

Abstract. The article deals with the main factors affecting the safety of the cascade of hydroelectric power plants. The indicators characterizing the safety of the cascade of hydroelectric power plants are, proposed.

Keywords: hydroelectric power plants, safety, environment, reservoirs, water consumption, safety indicators.

Безопасность – свойство объекта не допускать ситуаций опасных для людей и окружающей среды [1-5]. Анализ взаимодействия гидроэлектростанций (ГЭС) с окружающей средой показывает, что реальную опасность для людей и окружающей среды представляют: разрушение основных сооружений ГЭС; разрушение береговой линии водохранилищ; аварийные сбросы в воду нефтепродуктов; режимы работы ГЭС, реализованные без должного учета гидрологических и метеорологических условий рек и водохранилищ; перерывы электроснабжения потребителей.

Большая часть гидротехнических сооружений возводится на деформированных участках местности со сложными геологическими и гидрогеологическими показателями, подвержена воздействию громадных сил напора воды, действию льда и волн, фильтрационных потоков и т.п. Точный учет множества факторов, которые необходимо учитывать при проектировании ГЭС, невозможен и поэтому (во избежание разрушений основных ее сооружений) расчеты выполняются с некоторым запасом с помощью соответствующих коэффициентов. Эти запасы тем больше, чем крупнее сооружение. При этом принимают во внимание [6, 7]: наличие в нижнем бьефе населенных пунктов, предприятий, транспортных магистралей и т.п.; наибольшую высоту водонапорных сооружений и объем водохранилища; геологическое строение основания, сейсмичность района, топографическое строение долины и т.п.

При проектировании ГЭС расчетные максимальные расходы воды принимаются, исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), равной 0,1% и 0,01% соответственно для основного и поверочного расчетов [6, 7].

При определении высоты наката волн на гидротехническое сооружение обеспеченность волн принимают равной 1 % [6, 7].

Грунтовые откосы гидротехнических сооружений и берегов водохранилищ чувствительны к изменению уровней воды. Причем быстрое понижение уровней воды является более опасным, чем повышение уровней воды, т.к. уровень грунтовых вод в теле сооружения не успевает снизиться вслед за уровнем воды в водоеме. Образовавшееся избыточное давление на откос со стороны грунтовых вод может привести к нарушению их устойчивости и возникновению оползневых явлений.

При планировании режимов работы ГЭС безопасное состояние гидросооружений обеспечивается недопущением превышения расчетной нагрузки на водонапорные сооружения (недопущением превышения допустимых уровней воды в бьефах) [6, 7].

Для обеспечения «режимной» безопасности каскада гидроэлектростанций в качестве показателей безопасности для каждой гидроэлектростанции можно было бы использовать такие показатели как: вероятность не превышения нормального подпорного уровня (НПУ) $P^{НПУ}$; вероятность не превышения форсированного подпорного уровня (ФПУ) $P^{ФПУ}$; вероятность не превышения максимально допустимой отметки нижнего бьефа гидроэлектростанции - $P_{НБ}^{max}$; вероятность превышения минимально допустимой отметки верхнего бьефа - $P_{ВБ}^{min}$; вероятность превышения минимально допустимой отметки нижнего бьефа $P_{НБ}^{min}$.

Выбранные показатели имеют достаточно простой физический смысл, имеется возможность их опытной проверки и подтверждения. Кроме того, для первых двух показателей установлены нормативные значения.

Вместо системы показателей ($P^{НПУ}$, $P^{ФПУ}$, $P_{НБ}^{max}$, $P_{ВБ}^{min}$, $P_{НБ}^{min}$) целесообразно использовать один показатель, который представляет собой вероятность того, что уровень воды в верхнем и нижнем бьефе будет находиться в допустимой области (иначе говоря – вероятность безопасной работы ГЭС) P^B .

На тех реках где создан каскад гидроэлектростанций, предложенные показатели ($P^{НПУ}$, $P^{ФПУ}$, $P_{НБ}^{max}$, $P_{ВБ}^{min}$, $P_{НБ}^{min}$) или показатель P^B должны характеризовать безопасность работы каскада ГЭС в целом, т.к. режимы работы ГЭС в каскаде взаимосвязаны.

Анализ каждого состояния каскада ГЭС (рисунок 1) с точки зрения безопасности заключается в оценке возможности такого перераспределения воды между водохранилищами (из-за ошибок прогноза расхода боковой приточности воды в водохранилища), при котором, уровни воды в верхнем и нижнем бьефах ГЭС каскада будут находиться в допустимой области.

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: i, j - текущий номер и число станции в рассматриваемом каскаде ГЭС; X_i^+ - отклонение уровня воды в

верхнем бьефе i -й ГЭС от максимально допустимой отметки ($\overline{H_{Bi}}$) в сторону его увеличения; X_i^- - отклонение уровня воды в верхнем бьефе i -й ГЭС от максимально допустимой отметки в сторону его снижения; Y_i^+ - отклонение уровня воды в нижнем бьефе i -й ГЭС от максимально допустимой отметки ($\overline{H_{Hi}}$) в сторону его увеличения; Y_i^- - отклонение уровня воды в нижнем бьефе i -й ГЭС от максимально допустимой отметки ($\overline{H_{Hi}}$) в сторону его уменьшения;

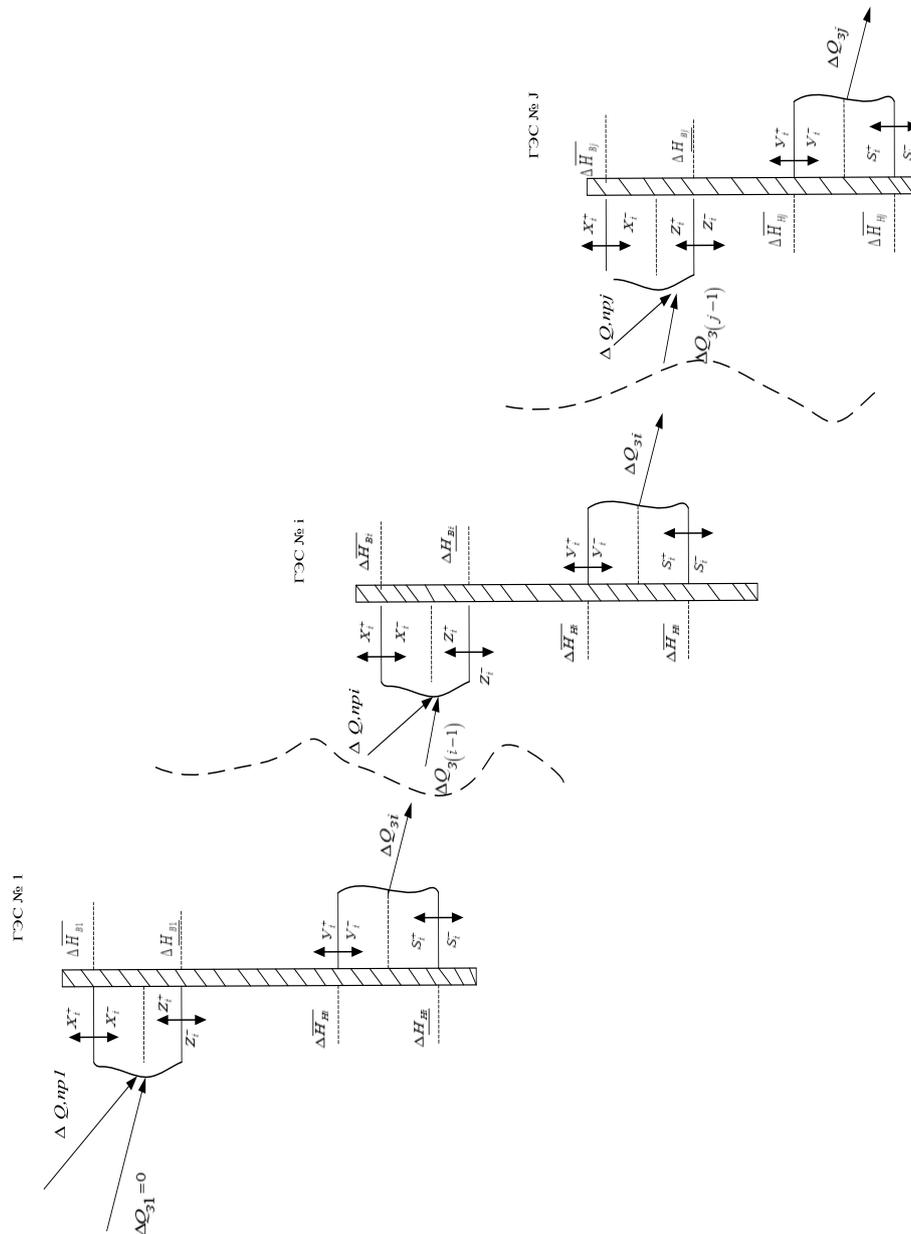


Рисунок 1. Расчетная схема для каскада гидроэлектростанций

Z_i^+ - отклонение уровня воды в верхнем бьефе i -й ГЭС от минимально допустимой отметки ($\underline{H_{Bi}}$) в сторону его увеличения; Z_i^- - отклонение уровня

воды в верхнем бьефе i -й ГЭС от минимально допустимой отметки в сторону его уменьшения; S_i^+ - отклонение уровня воды в нижнем бьефе i -й ГЭС от минимально допустимой отметки ($H_{ни}$) в сторону его увеличения; S_i^- - отклонение уровня воды в нижнем бьефе i -й ГЭС от минимально допустимой отметки в сторону его уменьшения; H_B и $H_{ни}$ - соответственно уровни воды в верхнем и нижнем бьефах; ΔQ_i , - изменение расхода приточности воды в i -ое водохранилище из-за изменения зарегулированного расхода, поступающего из $(i-1)$ -го водохранилища и ошибки прогноза расхода боковой приточности воды с той части водосбора, которая расположена между i -ым и $(i-1)$ -ым водохранилищами (ΔQ_{npi}); ΔQ^V - изменение расхода приточной воды в i -ое водохранилище, которое привело к изменению в нем объема воды с V_{Bi} до V'_{Bi} за рассматриваемый интервал времени ΔT ; Q'_{zi} - скорректированное с учетом ошибки прогноза расхода боковой приточности воды значение зарегулированного расхода воды из i -го водохранилища; ΔQ_{zi} - изменение зарегулированного расхода воды из i -го водохранилища. Здесь переменными величинами являются X_i^+ , X_i^- , Y_i^+ , Y_i^- , Z_i^+ , Z_i^- , S_i^+ , S_i^- , H_B и $H_{ни}$, ΔG , i , ΔQ_{zi} , $\Delta Q_{z(i-1)}$, ΔQ_i^V , V'_{Bi} , Q'_{zi}

Разработанная расчетная схема позволяет оценить показатели безопасности каскада гидроэлектростанций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dubitsky M.A. RELIABILITY OF ENERGY SYSTEMS. Reliability: Theory & Applications. Elektronik journal of international group on reliability. ISSN 1932-2321. Vol. 8. № 3, issue of September', 2013.
2. Надежность систем энергетики. Терминология. Сборник рекомендуемых терминов. Вып.95.– М.: Наука, 1980. – 43с.1. СНиП 33-01-2003 Строительные нормы и правила Российской Федерации.
3. Энергетическая безопасность. Термины и определения. – М.: Энергия, 2005. – 60 с.
4. Дубицкий М.А., Рыкова А.А. Резервы мощности в электроэнергетических системах // Вестник ИрГТУ. – 2014. - № 8. – С. 141-147
5. Надежность систем энергетики и их оборудования / Под общей редакцией Ю.Н. Руденко: В 4-х т. Т. 1: Справочник по общим моделям анализа и синтеза надежности систем энергетики / Под ред. Ю.Н. Руденко. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 480с.
6. Гидротехнические сооружения. Основные положения / Госстрой России. - М.: Госстрой России, 2004. - 21 с
7. СНиП 2.06.04-82.* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)// Гострой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 40 с.