

Методика оценки и регулирования риска эксплуатируемых плотин д.т.н. Иващенко И.Н., к.т.н. Иващенко К.И.

- В РФ несколько сотен плотин, относимых ICOLD [] к крупным.
- Сооружения старые, многие «потенциально опасные»
- Оценка их состояния и риска аварии есть актуальная и важная задача

- 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений»
- 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» и №226-ФЗ «О внесении изменений в»
- 184-ФЗ «О техническом регулировании» и 255-ФЗ «О внесении изменений в»

- Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений. М. НИИЭС, 2000.

Содержание доклада

1. Методика оценки уровня безопасности и риска аварии эксплуатируемых плотин.
Методика детерминированной оценки риска аварии.
Методика вероятностной оценки риска аварии.
2. Статистический анализ результатов обследований плотин.
Определение вида функции распределения индекса I.
Оценка параметров функции распределения.
Рекомендации по оценке вероятности аварии.
3. Роль страхования в обеспечении безопасности плотин

Методика детерминированной оценки риска аварии

Индекс $I = F$ (измерения, экспертные оценки).

$$I = (I_{\max} + q) - [(I_{\max} + q) - I_i] / [(I_{\max} + q) - I_{\min}]^{n-1}$$

I_{\max} , I_{\min} - max и min I , соответствующие границам каждого интервала

q эксперт назначает погрешность оценки [0.1-0.15]

1. I.Ivashchenko, D.Radkevich, A.Orlov, A.Troitsky. Financial support of civil responsibility for damages caused by dam failure. Proceed. Congr. ICOLD, Montreal, 2003.
2. Золотов Л.А., Иващенко И.Н., Радкевич Д.Б. Оперативная количественная оценка уровня безопасности эксплуатируемых гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 1997. № 2.
3. K.I.Ivashchenko, D.B.Lavrov, A.G.Chernilov, I.N.Ivashchenko. Expert system: the management of dam safety in operation. Proceed. Int. Conf. & Exhib. Ljubljana, 2008.

Уровень безопасности плотины

| Состояние плотины | Индекс I | Действие |
|---------------------------------|------------------|--|
| Нормальное | < 3 | Поддержание эксплуатации |
| Потенциально опасное | От 3 до 5 | Поверочные расчеты. Дополнительные обследования. Ремонтные работы |
| Аварийное | От 5 до 6 | Оперативные аварийные работы |

Методика вероятностной оценки риска аварии

$p = p_1 + p_2$ p_1 – проектная ; p_2 – при эксплуатации

Особенности p_2 :

сравнительно небольшое число плотин; малое число аварий;

отсутствует представительная статистика аварий;

нет достаточной достоверности результатов анализа причин аварий;

на основе имеющейся статистики аварий невозможно установить зависимость вероятности аварии от состояния плотины, установленного в период обследования.

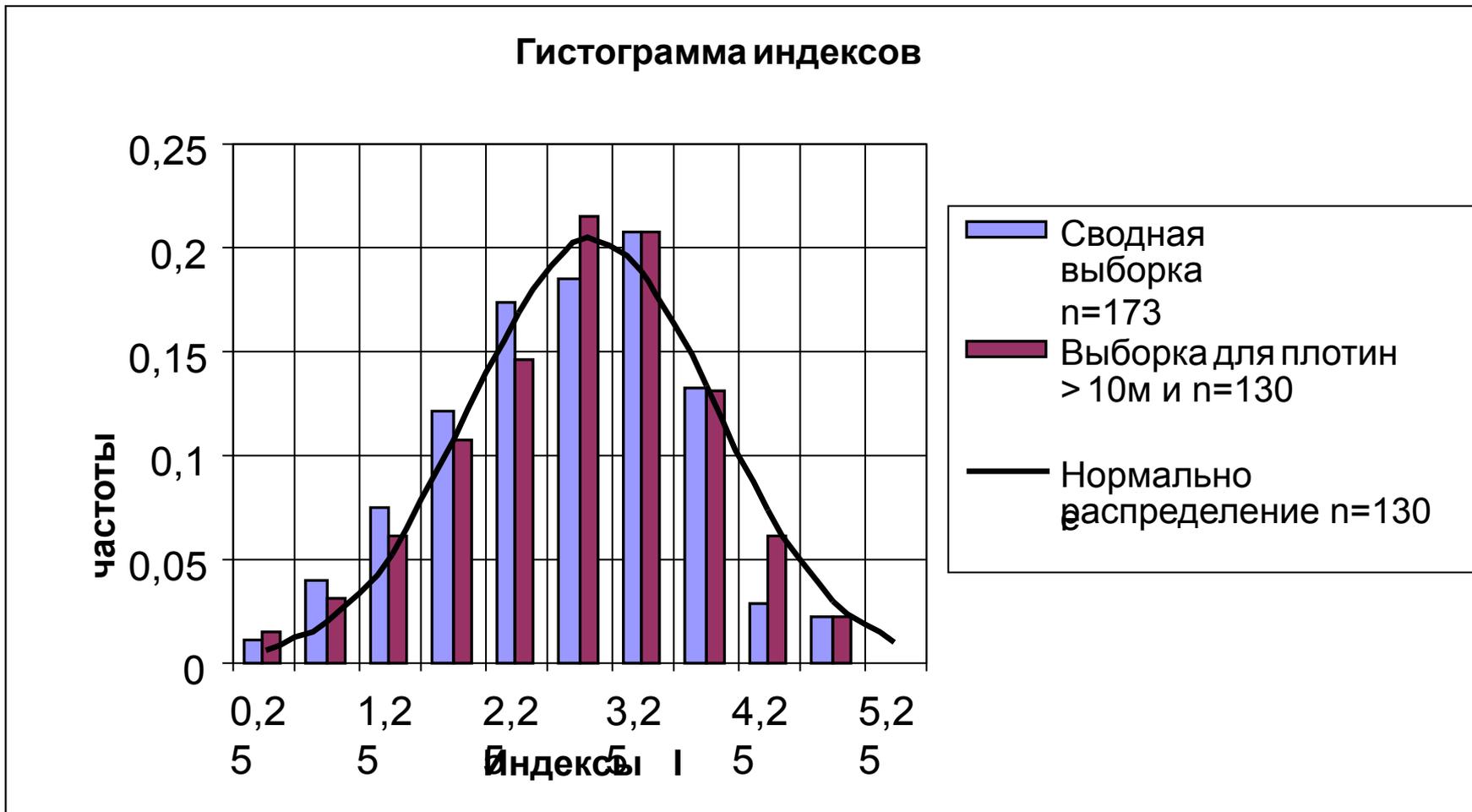
Методика определения вероятности p_2 основана на использовании статистического анализа результатов обследования плотин в процессе эксплуатации.

Статистический анализ результатов обследований плотин

Выполнен для решения задач

1. Определения вида функции распределения индекса I
2. Получения оценок параметров функции распределения
3. Формулирования рекомендаций по оценке вероятности аварии плотин на основе их обследований в процессе эксплуатации
4. Формирования перечня факторов безопасности

Определение вида функции распределения индекса



**Нормальный
закон:**

$$f(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * \sigma_I} * e^{-\frac{(I-m_I)^2}{2\sigma_I^2}}$$

m_I мат ожидание I σ_I стандартное отклонение I

Оценка параметров функции распределения

| Индекс I | Объем выборки n | m_I | σ_I | p_2 |
|----------|-----------------------|-------|------------|-------------------------|
| <2 | 28 | 1,43 | 0,75 | $2*10^{-7} - 3*10^{-6}$ |
| 2 - 3,5 | 88 | 2,74 | 0,52 | $3*10^{-6} - 2*10^{-5}$ |
| 3,5 - 5 | 37 | 3,96 | 0,49 | $7*10^{-3} - 4*10^{-2}$ |

Факторы безопасности плотин $2 < I \leq 3$

Достижение одним или несколькими диагностическими показателями критерия безопасности $I=3$. Необходимость ремонта дренажной системы. Неравномерная осадка и пониженные отметки гребня грунтовых плотин и дамб, повреждения и частичные разрушения крепления откосов. Локальные разрушения бетона водосливных граней, разрушение поверхностного слоя бетона в зоне переменного уровня воды. Коррозия металлоконструкций затворов водосливной плотины. Пониженная надёжность механического и электрического оборудования, отсутствие резервных источников питания подъемных устройств затворов, снижение прочности и недопустимая вибрация технологических люков и крышек турбин в напорных водоводах гидроэлектростанций.

Факторы безопасности плотин $3 < I \leq 3.5$

Достижение оценки одного или нескольких диагностических показателей индекса $I=3.5$. Отказ дренажной системы, локальные выходы фильтрационных вод на низовых откосах грунтовых плотин и ограждающих дамб ЗШО, сопровождаемые неорганизованным отводом фильтрующей воды. Появление суффозионных выносов материала тела плотин в дренаж из-за недопустимо высоких входных градиентов давления. Нарушение проектного заложения откосов, дамб. Низкая сдвиговая устойчивость, грунтовой пригрузки экрана плотины. Недостаточное превышение гребня грунтовой плотины над уровнем воды при форсированном подпорном уровне. Образование трещин, сколов, глубоких раковин, разрушение бетона, обнажение арматуры бычков и водобоя водопропускных сооружений. Выходы воды по вертикальным трещинам, строительным и температурным швам на низовой грани бетонных плотин. Низкая эффективность цементационной завесы в основании плотины. Образование воронок размыва в нижнем бьефе водосброса. Необходимость ремонта затворов, поврежденных быков, устоев и других конструкций водосброса, водосливных граней бетонного водослива, замены или реконструкции механического оборудования водослива. Необходимость замены электрооборудования подъемных механизмов затворов водосливной плотины, необходимость ремонта подкрановых и подъездных путей. Ограничение максимального расхода водосливной плотины из-за ненадежной работы боновых заграждений и образования заломов.

Рекомендации по оценке вероятности аварии

1. Обследование плотины. Заполнение декларации безопасности. Оформление экспертного заключения.
2. Подсчет индекса. Определение вероятности аварии.
3. При $I > 3$ привлечение независимых экспертов. По результатам их работы переоценка состояния плотины, уточнение параметров нормального закона, определение вероятности аварии.
4. Уточнение декларации безопасности и экспертного заключения.

Предложения по назначению страховых платежей по результатам обследований опасных объектов

$$T = (p_1 + p_2) * C + L$$

p_1 и p_2 - вероятности аварии, C – ущерб от аварии; L – затраты, непредвиденных расходов, прибыль страховщика.

Состояние объекта оценивается экспертами в форме индекса I

p_2 оценивается на основе функции распределения индекса I и уточненных параметров нормального закона

ВЫВОДЫ

- Предложена оценка состояния сооружений. Она апробирована на сотнях объектах, доказана ее объективность.
- Выполнен статистический анализ 170 деклараций безопасности, доказана применимость нормального закона распределения.
- Предложена методика оценки вероятности аварийных состояний.
- Полученные результаты дают основание для регулирования рисков (ремонтно-восстановительные мероприятия, страхование).

Список литературы

1. I.Ivashchenko, D.Radkevich, A.Orlov, A.Troitsky. Financial support of civil responsibility for damages caused by dam failure. Proceed. Congr. ICOLD, Montreal, 2003.
2. Золотов Л.А., Иващенко И.Н., Радкевич Д.Б. Оперативная количественная оценка уровня безопасности эксплуатируемых гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 1997. № 2.
3. K.I.Ivashchenko, D.B.Lavrov, A.G.Chernilov, I.N.Ivashchenko. Expert system: the management of dam safety in operation. Proceed. Int. Conf. & Exhib. Ljubljana, 2008.
4. Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений. М. НИИЭС, 2000.
5. Стефанишин Д.В., Шульман С.Г. Проблемы надёжности гидротехнических сооружений. Санкт-Петербург. ВНИИГ им Б.Е. Веденеева, 2001.
6. Рекомендации по оценке надёжности гидротехнических сооружений. П-842-86/Гидропроект. М.:1986.
7. Automated observation for the safety control of dams. Bulletin 41 ICOLD. Paris: ICOLD, 1982.