

# ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НЕКОТОРЫХ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ СГТС (по итогам доклада на конференции «Обеспечение безопасности и надежности судоходных гидротехнических сооружений», Петрозаводск, 6–8 августа 2013 г.)

30



**Шестов Г. Е.,**  
главный специалист отдела  
научных исследований  
и экспериментального  
проектирования  
ОАО «Гипроречтранс», почетный  
работник речного флота РФ



**Власова И. В.,**  
ведущий инженер отдела  
научных исследований  
и экспериментального  
проектирования  
ОАО «Гипроречтранс»



**Мельник Г. В.,**  
нач. отд. науч. иссл.  
и экспериментального  
проектирования  
ОАО «Гипроречтранс», почетный  
транспортный строитель,  
почетный работник речного  
флота РФ

**Аннотация.** В статье специалистов ОАО «Гипроречтранс» изложены принципы определения предельных значений критериев безопасности судоходных гидротехнических сооружений. Детально рассмотрены 4 группы критериев оценки безопасности сооружений: уровни воды в бьефах; вертикальные перемещения сооружений; горизонтальные перемещения сооружений; положение депрессионной кривой в теле грунтовых сооружений. Кроме того, авторы обращают внимание на необходимость изменения существующего сейчас подхода, который применяется при оценке качественных признаков состояния сооружений, и дают предложение по модификации для этих признаков критериальной шкалы.

**Ключевые слова:** судоходные гидротехнические сооружения, оценка безопасности, предельные значения критериев безопасности.

**Abstract.** The article of JSC "Giprorechtrans" professionals reflects principles of limit values determination of safety criteria for navigational hydraulic structures. They regard four groups of criteria for assessing the structure safety in detail: water levels in pounds; vertical displacement of facilities; horizontal displacement of facilities; hydraulic grade line location in the soil structure. The authors point out the necessity to pay attention to one theoretic aspect of limit values assignment for safety criteria. These safety criteria are criteria with quality characteristics. A problem of limit values assignment in this case is nominal scale applying for the estimation of quality characteristics. It's impossible to assign limit values for intervals by this scale. It's possible to assign only name titles.

**Keywords:** navigational hydraulic structures, safety value of navigational hydraulic structures, safety value criteria of navigational hydraulic structures.

Когда речь заходит о критериях безопасности, то ассоциативно их соотносят с вопросами, которым сегодня уделяется неоправданно много внимания, а именно декларированию безопасности, и любимому детищу надзирающих структур — мониторингу.

А «неоправданно много» потому, что и декларирование, и мониторинг все больше становятся «ритуальными» действиями и все меньше отношения имеют к безопасности судоходных гидротехнических сооружений (СГТС). По крайней мере, утверждение, что декларирование и мониторинг объективно отражают техническое состояние и уровень безопасности СГТС, представляется слишком оптимистичным. Во многом это определяется следующими основными причинами. Первая состоит в том, что наблюдения и исследования, которые являются фундаментом контроля технического состояния и оценки безопасности СГТС, проводятся не в должном объеме и не с должным качеством. Второй причиной является проблема недостаточной обоснованности состава критериев безопасности и их предельных значений.

О первой причине довольно много говорилось в прошлом году на конференции по безопасности СГТС в Новосибирске и проходившем там же 14-м Координационном совете по инновациям в сфере внутреннего водного транспорта. Слова, правда, ушли в песок, но, по крайней мере, тема была обозначена.

Мы остановимся на второй причине — проблеме недостаточной обоснованности состава критериев безопасности и их предельных значений. Причем, учитывая нашу специализацию, будем говорить только о гидротехнической части СГТС. По проблемам механики и электрики предлагаем высказаться профильным специалистам.

Здесь существуют как организационные аспекты разработки и утверждения критериев безопасности, так и технические. На сегодня имеют место две практики разработки и утверждения критериев безопасности:

1. Эксплуатационная организация сама разрабатывает критерии безопасности, а затем передает их на утверждение в Ространснадзор.

2. Эксплуатационная организация нанимает для разработки критериев специализированную организацию, а затем передает полученные критерии на утверждение в Ространснадзор.

Общим здесь является неприемлемая практика утверждения Ространснадзором критериев безопасности, минуя экспертные центры, причем критерии утверждаются еще до разработки и утверждения самой декларации безопасности. При этом зачастую утверждаются настолько некачественные критерии, что экспертный центр, рассматривая декларацию безопасности, просто не имеет возможности ее оценить, поскольку критерии не адекватны, но уже утверждены.

Эту абсурдную ситуацию Ространснадзор обосновывает неубедительно. Объяснение следующее: «Получив уже утвержденные критерии, эксплуатационники объективно оценят техническое состояние и безопасность сооружения, поскольку не смогут подгонять предельные значения критериев безопасности под их фактические значения, что они могут делать, если будут одновременно разрабатывать критерии и декларацию». Однако это не так. Понятно, что и сейчас эксплуатационные организации при разработке критериев безопасности так или иначе ориентируются на их фактические значения. А если критерии безопасности разрабатывает специализированная организация, то заказчики могут ненавязчиво попросить войти в их положение. Бороться с этим сложно.

Конечно, можно апеллировать к чувству самосохранения эксплуатационников. Ведь подгоняя предельные значения критериев под их фактические значения, они сознательно могут завышать оценки технического состояния и безопасности, что чревато самыми негативными последствиями. Но данной апелляции явно не достаточно.

Для устранения такой порочной практики видятся два способа:

1. Организационный — возвращение к прежней практике, когда критерии безопасности вместе с декларациями попадали в экспертные центры, и в этом случае экспертиза могла проконтролировать обоснованность состава критериев и их предельных значений;

2. Технический — разработка общих принципов определения предельных значений критериев, что позволило бы избавиться от значительной доли волюнтаризма в этой области.

О возвращении к прежней практике специалисты говорят постоянно, но какого-либо движения в этом направлении не наблюдается. Поскольку это вопрос административный, отдадим его на откуп ответственным лицам. Мы же остановимся на разработке общих принципов определения предельных значений критериев.

С одной стороны вопрос может показаться надуманным. Ведь в действующих «Методических рекомендациях по контролю технического состояния и оценке безопасности СГТС» есть довольно объемное приложение «В», в котором указаны рекомендуемые предельные значения критериев безопасности. Однако, к сожалению, разработчики «Методических рекомендаций...» взяли это приложение из старой редакции, хотя ряд положений необходимо было переработать.

С другой стороны, могут сказать, что каждое сооружение уникально, и общих принципов быть не может. Но это тоже не так. Общие принципы, именно принципы, а не численные значения, в нашем случае быть могут. Ведь критерии СГТС —

это вполне осозаемые физические величины, кроме того, часть их поддается расчетам. Естественно, в каждом конкретном случае в зависимости от конструктивных особенностей сооружений и условий их эксплуатации могут быть исключения. Но это как раз тот случай, когда исключения только подтверждают правила. И такие правила нам необходимы. При этом необходимо обобщить и проанализировать существующий опыт в смежных отраслях, а также отраслевой опыт декларирования, достаточность комплектования системы контроля сооружений, программы контроля, отраслевые нормативные документы.

Если говорить об опыте в смежных отраслях, то необходимо прежде всего обратить внимание на следующие документы: «Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений РД 153-34.2-21.342-00» (РАО «ЕЭС России», М., 2001), созданная ОАО «НИИЭС» и ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, выпущенное НИИЭС «Пособие к Методике определения критериев безопасности гидротехнических сооружений» (РАО «ЕЭС России», М., 2001), и более ранний материал института «Гидропроект» — «Рекомендации по определению предельно допустимых значений показателей состояния и работы гидротехнических сооружений П-836-85 (Минэнерго СССР, М., 1985).

Они содержат много полезной информации, но в них не хватает конкретики, также они не учитывают некоторой специфики СГТС. Кроме того, существует и принципиальное противоречие в подходах энергетиков и отраслевых подходах речников к назначению предельных значений (у энергетиков принят термин «критериальные значения»). Два критериальных значения K1 и K2, задаваемые этими документами, позволяют различать только три эксплуатационных состояния: нормальное, потенциально опасное и предаварийное.

В нормативах Минтранса приняты пять видов технических состояний: исправное, работоспособное, ограниченно работоспособное, предаварийное, аварийное, что в целом соответствует системе стандартов, нормирующих требования по надежности и технической диагностике техники. Кроме того, в соответствии с «Административным регламентом исполнения Федеральным агентством водных ресурсов, Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору и Федеральной службой по надзору в сфере транспорта государственной функции по государственной регистрации гидротехнических сооружений и ведению Российской регистра гидротехнических сооружений», мы обязаны производить оценку сооружений по четырем уровням безопасности: нормальный, пониженный, неудовлетворительный и опасный. В связи с вышесказанным нам необходимо определить три предельных значения критериев безопасности.

Таким образом, именно анализ отраслевого опыта декларирования, нормативных документов, качества критериев безопасности, достаточности комплектования системы контроля сооружений, программ контроля и результатов наблюдений должен стать основным инструментом для решения поставленной задачи.

Здесь важно остановиться еще на одном моменте. Заказчик, как правило, поручает специализированной организации разработку критериев безопасности и 3-го раздела декларации «Анализ и оценка безопасности СГТС ...» сразу на 5–10 гидроузлов, причем в сжатые сроки. Можно себе

представить, о каком анализе достаточности комплектования системы контроля сооружений, программ контроля и их результатов может идти речь.

С точки зрения здравого смысла, все эти работы должны предшествовать как разработке критериев безопасности, так и самой декларации. А сроки и стоимость выполнения такой работы должны соответствовать ее трудоемкости. И если такую работу провести на многих гидроузлах, то могут быть разработаны и общие принципы определения предельных значений критериев.

К сожалению, наши эксплуатационники не склонны тратить на это средства. Исключение, пожалуй, составляет ФБУ «Администрация «Беломорканал». По его заказу в 2011 и 2012 гг. ОАО «Гипроречтранс» выполнялась работа по теме: «Обследование гидротехнических сооружений гидроузлов для определения достаточности комплектования системы контроля за их техническим состоянием, возможности восстановления и дооснащения КИА, создание программ наблюдений». В эти годы обследование выполнено по отдельным сооружениям гидроузлов №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 16, 19. В 2013 г. работа продолжается на гидроузлах №№ 8, 9, 14, 17, 18.

В качестве исходных данных для обследования использовались:

- проектная и исполнительная документация на сооружения;
- материалы декларирования безопасности гидроузлов;
- материалы инженерного обследования сооружений;
- данные наблюдений и исследований.

В соответствии с техническим заданием, в ходе выполнения работ:

- проанализированы, обобщены и систематизированы материалы по наблюдению за гидротехнической частью гидроузлов;
- разработаны предложения по восстановлению и дооснащению сети КИА;
- разработаны программы и инструкции по проведению натурных наблюдений;
- уточнены состав критериев безопасности по гидротехнической части гидроузлов и их предельные значения.

Полученные в ходе этих работ результаты позволяют более достоверно проводить оценку технического состояния и уровня безопасности гидроузлов.

Остановимся только на последнем этапе — результатах уточнения предельных значений критериев безопасности. При этом, учитывая требования к объему статьи, ограничимся некоторыми критериями безопасности, разбив их на несколько групп.

- I группа — уровни воды в бьефах.
- II группа — вертикальные перемещения сооружений.
- III группа — горизонтальные перемещения сооружений.
- IV группа — положение депрессионной кривой в теле грунтовых сооружений.

#### I группа — уровни воды в бьефах

Если говорить об уровнях воды, то, как показывает практика проведения экспертиз деклараций безопасности, здесь нередко происходит подмена одного контролируемого параметра другим. Например, в качестве критериев рассматриваются только уровень ВБ и напор на сооружение, а уровень НБ пропускается, поскольку считается, что это производная двух указанных параметров.

При назначении критериев по этой группе имеем в виду следующее:

- оценивая напор на сооружение, мы контролируем величину нагрузки на сооружение и его фильтрационный режим;
- оценивая уровень ВБ, мы контролируем риск перелива воды через гребень сооружения, его фильтрационный режим;
- оценивая уровень НБ, мы контролируем возможность увеличения размывов в НБ, безопасность судопропуска через сооружение, фильтрационный режим.

#### 1. Уровень воды верхнего бьефа (с точки зрения риска перелива через сооружение).

Для **судоходных шлюзов** предельные значения критерия безопасности — «Уровень воды верхнего бьефа» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- K1 — отметка максимального расчетного уровня (ФПУ) ВБ;
- K2 = (K1+K3) / 2;
- K3 — отметка верха обшивки РДВ верхней головы;

Для **грунтовых сооружений и водоспусков с глубинными затворами** предельные значения критерия безопасности — «Уровень воды верхнего бьефа» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- K1 — отметка максимального расчетного уровня (ФПУ) ВБ;
- K2 = (K1+K3) / 2;
- K3 — отметка гребня (устоя) сооружения минус (D + a);
- D = 2 см — строительный допуск отметки горизонтальной поверхности для железобетонных конструкций (СНиП 3.03.01-87);
- D = 5 см — строительный допуск отметки поверхности для грунтовых сооружений (СНиП 3.02.01-87);
- a = 50 см — минимальный нормативный запас возвышения отметки гребня грунтовых сооружений над уровнем воды в водохранилище (СНиП 2.06.05-84);
- a = 40 см — минимальный нормативный запас возвышения отметки устоев бетонных сооружений III-IV класса над уровнем воды в водохранилище (СНиП 2.06.06-85).

#### КОММЕНТАРИИ

При назначении величины K3 за базу берется отметка верха сооружения, и от нее отсчитывается отметка уровня верхнего бьефа, поскольку изменяемой величиной здесь является уровень воды. Многочисленные случаи, когда за базу бралась отметка ФПУ, представляются не оправданными. Кроме того, в нашем случае (за исключением судоходных шлюзов) превышение отметки верха сооружения над K3 составляет сумму только строительного допуска и нормативного запаса без учета высоты волны и ветрового нагона, что фактически и характеризует предаварийное состояние сооружения.

Кроме того, в работе дана следующая рекомендация. При разработке критериев безопасности, а затем и деклараций сначала необходимо определить предельные значения K1, K2, K3 для каждого сооружения гидроузла, затем выбрать из них минимальные значения, и дальнейший расчет сценариев аварий каждого сооружения производится именно на эти минимальные значения K1, K2, K3.

#### 2. Уровень воды нижнего бьефа.

Для **судоходных шлюзов в межшлюзовых бьефах** предельные значения критерия безопасности — «Уровень воды нижнего бьефа» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- K1 — отметка минимального навигационного уровня НБ;
- K2 — отметка порога НГ плюс (h + α); (α = 0,40 м — запас воды под днищем расчетного судна — «Правила пропуска судов...» п. 5);

- **K3** — отметка порога НГ плюс ( $h + \alpha^*$ ); ( $\alpha^* = 0,25$  м — запас воды под днищем расчетного судна для особых случаев — «Правила пропуска судов...» п. 6).

Для устьевого судоходного шлюза, с учетом значительных колебаний уровня Белого моря, принято:

- **K1** — отметка уровня моря, принятая в Паспорте сооружения;
- **K2** — отметка порога НГ плюс ( $h + \alpha$ ); ( $\alpha = 0,40$  м — запас воды под днищем расчетного судна — «Правила пропуска судов...» п. 5);
- **K3** — отметка порога НГ плюс ( $h + \alpha^*$ ); ( $\alpha^* = 0,25$  м — запас воды под днищем расчетного судна для особых случаев — «Правила пропуска судов...» п. 6).

Во всех случаях  $h$  — осадка расчетного судна.

#### КОММЕНТАРИИ

При назначении предельных значений использован отраслевой нормативный документ «Правила пропуск судов и составов через шлюзы внутренний водных путей Российской Федерации». Логика здесь такова: «Если есть уже утвержденные предельные значения, то их надо использовать и не придумывать свои».

#### II группа — вертикальные перемещения сооружений

**1. Минимальная отметка верхней головы шлюза или прилегающей территории, устоев водоспуска, гребня грунтовой дамбы (плотины) с точки зрения риска перелива через сооружение.**

Предельные значения критерия безопасности — «Минимальная отметка...» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- **K1** — проектная отметка гребня (устоя) сооружения минус D;
- **D = 5** см — строительный допуск отметки поверхности для грунтовых сооружений (СНиП 3.02.01-87);
- **D = 2** см — строительный допуск отметки горизонтальной поверхности для железобетонных конструкций (СНиП 3.03.01-87);
- **K2 = (K1+K3) / 2;**
- **K3 = 1** ФПУ + ( $D + a$ );  
2) отметка гребня (устоя) сооружения минус ( $D + a$ );
- **a = 60** см — минимальный нормативный запас возвышения отметки устоев бетонных сооружений II класса над уровнем воды в водохранилище (СНиП 2.06.06-85);
- **a = 50** см — минимальный нормативный запас возвышения отметки гребня грунтовых сооружений над уровнем воды в водохранилище (СНиП 2.06.05-84);
- **a = 40** см — минимальный нормативный запас возвышения отметки устоев бетонных сооружений III—IV класса над уровнем воды в водохранилище (СНиП 2.06.06-85).

#### КОММЕНТАРИИ

Здесь представлены два варианта назначения K3. Вариант 1) продолжает логику, принятую при назначении предельных значений K3 отметки уровня ВБ, только за базу берутся отметки воды, поскольку изменяемой величиной здесь является отметка верха сооружения. Здесь тоже превышение отметки верха сооружения над ФПУ составляет сумму только строительного допуска и нормативного запаса без учета высоты волны и ветрового нагона, что также характеризует предаварийное состояние сооружения. Причем этот вариант хорошо работает и в том случае, когда отметка верха сооружения значительно превышает нормативные значения. А таких сооружений у нас довольно много.

Вариант 2) — это как бы «перестраховочный» вариант. Если отметка верха сооружения значительно превышает нормативные значения, то мы в этом случае можем получить такое значение K3, кото-

рое, с одной стороны, тоже может превышать нормативные значения, а, с другой, уже является границей между предаварийным и аварийным состояниями, что не совсем логично.

Хотя выбор того или иного варианта — это решение эксплуатационника. Возможно, здесь лучше и перестраховаться. Однако этот вариант не работает, если отметка верха сооружения меньше нормативных значений. Здесь мы можем получить K3 ниже отметки ФПУ, что не имеет никакого смысла.

Надо обратить внимание, что при использовании первого варианта назначения K3 (в отличие от второго) можно получить величину K3 (отметка верха сооружения) меньше, чем величину K3 отметки уровня ВБ.

Однако здесь нет никакого противоречия — ведь это два совершенно независимых параметра (критерия безопасности). И состояние сооружения мы контролируем по каждому из них.

#### 2. Вертикальные перемещения железобетонных сооружений.

Для сооружений, расположенных на сжимаемых основаниях, предельные значения критерия безопасности — «Вертикальные перемещения железобетонных сооружений...» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- **K1** — максимальная величина остаточной вертикальной деформации марок, зафиксированная за период наблюдений (с округлением до 5 мм);
- **K2 = K1 + 2σ;**
- **K3 = K1 + 3σ;**
- $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение вертикальной деформации марок.

Для сооружений, наблюдения за вертикальными деформациями которых до настоящего времени не велись, критериальные значения назначают, исходя из следующих предпосылок:

- **K1** — строительный допуск отметки горизонтальной поверхности для железобетонных конструкций (СНиП 3.03.01-87);
- **K2 = K1 + 2σ;**
- **K3 = K1 + 3σ;**
- $\sigma = 10$  мм — среднее квадратическое отклонение деформаций марок, на тех сооружениях, где наблюдения ведутся.

Величина  $\sigma$  принята как максимальное значение среднегоКвадратического отклонения вертикальных деформаций устоев голов и стен камер шлюзов, расположенных на сжимаемых основаниях.

Осадка массивных бетонных сооружений, в основании которых залегают скальные грунты изверженных пород, практически невозможна. Однако данный вид наблюдений регламентируется «Инструкцией по наблюдениям и исследованиям», поэтому для массивных конструкций шлюзов, установленных на скальное основание, рекомендуется использование следующих предельных значений количественного параметра «Вертикальные перемещения железобетонных сооружений...»:

- **K1 = + σ;**
- **K2 = + 2σ;**
- **K3 = + 3σ;**
- $\sigma = 2$  мм — средняя квадратическая погрешность изменения вертикальных смещений зданий и сооружений, расположенных на скальных грунтах (СП 11-104-97).

**Предельные значения критерия безопасности — «Интенсивность вертикальных перемещений железобетонных сооружений...»** назначают, исходя из следующих предпосылок:

- **K1** — максимальная величина интенсивности вертикальных деформаций марок, зафиксированная за период наблюдений;

- $K_2 = K_1 + \omega$ ;
- $K_3 = K_1 + 2\omega$ ;
- $\omega = 2 \text{ мм}$  — приращение предельного значения, определенное методом экспертной оценки.

**КОММЕНТАРИИ**

При назначении данных критериев возможны два крайних случая.  
 1. Или мы имеем длинные временные ряды наблюдений.  
 2. Или мы ничего не имеем. То есть наблюдения до настоящего времени совсем не велись.

В первом случае, когда есть достоверные статистические показатели, используется широко применяемый метод назначения предельных значений. Во втором случае для назначения предельных значений мы вынуждены в первые годы наблюдений использовать объекты-аналоги.

Для осадок сооружений на скальных основаниях, контроль которых регламентируется отраслевыми нормами, приходится привлекать данные соответствующих нормативных документов.

Особняком здесь стоит способ назначения предельных значений интенсивности деформаций. Экспертная оценка, которая использовалась в этом случае, получена по результатам обработки большого объема результатов наблюдений и обработки мнения экспертов относительно этих результатов.

### 3. Вертикальные перемещения гребня грунтовых сооружений.

Для грунтовых сооружений предельные значения критерия безопасности — «Вертикальные перемещения гребня...» назначают, исходя из следующих предпосылок.

Принимаем коэффициент пористости супесчаного грунта после длительного самоуплотнения  $e_k = 0,5$  (коэффициент уплотнения  $K_k \approx 0,9$ ).

В соответствии со СНиП 2.02.01-83, принимаем:

- для грунтов плотного сложения  $e_i = 0,55$ ;
- для грунтов средней плотности сложения  $e_i = 0,65$ .

Сложение тела дамбы условно считается однородным в пределах всей толщи ( $H_i$ ).

Осадка грунта за счет его самоуплотнения в процессе эксплуатации вычисляется по формуле:

$$S = H_i \times (e_i - e_k) / (e_i + 1).$$

- $K_1$  — осадка за счет самоуплотнения, приводящего к плотному сложению тела сооружения ( $e_i = 0,55$ ), при отсутствии супфозии грунта;
- $S(K_1) = H_i \times 0,03$ ;
- $K_2 = (K_1+K_3) / 2$ ;
- $K_3$  — осадка за счет самоуплотнения, при супфозии грунта, приводящей к средней плотности сложению тела сооружения ( $e_i = 0,65$ );
- $S(K_3) = H_i \times 0,09$ .

Если значение  $K_3$  превышает разницу отметок гребня и ФПУ, то принимается  $K_3^* = (\nabla \text{гребня} - \nabla \text{ФПУ})$ .

**КОММЕНТАРИИ**

Принятый здесь принцип назначения предельных значений исходит из того, что этот критерий безопасности фактически позволяет косвенно контролировать плотность сложения грунтовых сооружений, которая может изменяться под действием тех или иных неблагоприятных факторов. Например, если величина осадок какой-либо марки приближается к  $K_3$ , то это может говорить о том, что в этом створе какой-либо причине происходит снижение плотности грунта, и необходимо принимать оперативные меры по выявлению причин этого явления и их устранению.

**III группа — горизонтальные перемещения сооружений**

#### 1. Горизонтальные перемещения стен камер шлюза, подпорных стен водоспусков.

Для **судоходного шлюза** предельные значения критерия безопасности — «Горизонтальные перемещения стен камер шлюза» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- $K_1$  — максимальная величина остаточных горизонтальных перемещений секций, зафиксированная за период наблюдений по щелемерным наблюдениям;
- $K_2 = K_1 + 2\sigma$ ;
- $K_3 = K_1 + 3\sigma$ ;
- $\sigma = 3 \text{ мм}$  — среднее арифметическое средних квадратических отклонений горизонтальных перемещений секций стен камер шлюза по щелемерным наблюдениям.

Для **судоходного шлюза**, где среднее арифметическое средних квадратических отклонений горизонтальных перемещений секций стен камер очень мало (1 мм), предельные значения критерия безопасности — «Горизонтальные перемещения стен камер шлюза» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- $K_1$  — максимальная величина остаточных горизонтальных перемещений секций, зафиксированная за период наблюдений по щелемерным наблюдениям;
- $K_2 = K_1 + 2\sigma^*$ ;
- $K_3 = K_1 + 3\sigma^*$ ;
- $\sigma^* = 3 \text{ мм}$  — максимальное значение среднего квадратического отклонения горизонтальных перемещений секций стен камер шлюза по щелемерным наблюдениям (в данном случае используется максимальное значение параметра).

Так как подобные наблюдения до настоящего времени на шлюзах №№ 13, 16, 19 не проводились, а для получения теоретических значений требуется проведение значительных по объему изысканий и обследований, предельные значения рассчитаны как среднее арифметическое аналогичных предельных значений  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  для шлюзов, где эти наблюдения велись.

Исходя из тех же предпосылок, рекомендуются предельные значения для подпорных стен водоспуска № 130. Однако, учитывая меньшую высоту подпорных стен водоспуска, по сравнению с высотой стен камер, их значения снижены.

В процессе проведения наблюдений предельные значения данного параметра подлежат обязательной корректировке.

**КОММЕНТАРИИ**

В данном случае подход к назначению предельных значений аналогичен подходу, принятому при назначении предельных значений вертикальных перемещений железобетонных сооружений гидроузлов. Необходимо, однако, обратить внимание, что в некоторых случаях при назначении предельных значений приходится учитывать фактическую величину измеряемого параметра. Так, для шлюза, где среднее арифметическое средних квадратических отклонений горизонтальных перемещений секций стен камер очень мало (1 мм), пришлось вместо среднего арифметического значения средних квадратических отклонений использовать их максимальное значение, поскольку при чрезвычайно малой средней величине горизонтальных перемещений мы за счет только фактической точности измерений будем все время переводить из работоспособного состояния в предаварийное.

Здесь надо особо отметить, что использование общих принципов назначения предельных значений никак не исключает тщательного анализа результатов фактических наблюдений и измерений. У любого правила всегда могут быть исключения. Иначе можно попасть в абсурдную ситуацию.

#### 2. Раскрытие шва примыкания секции нижней камеры к нижней голове.

Для **судоходного шлюза** предельные значения критерия безопасности — «Раскрытие шва примыкания секции ниж-

ней камеры к нижней голове» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- **K1** — максимальная величина раскрытия шва примыкания секции нижней камеры к нижней голове, зафиксированная за период наблюдений по щелемерным наблюдениям оси X;
- **K1 = 15,05 мм ≈ 15 мм;**
- **K2 = K1 + 2σ;**
- **σ** — среднее квадратическое отклонение раскрытия шва примыкания секции нижней камеры к нижней голове, зафиксированное за период наблюдений по щелемерным наблюдениям по оси X ( $σ = 1,68 \text{ мм} ≈ 2 \text{ мм}$ );
- **K3 = 25 мм** — величина K3 получена на основании экспертной оценки и может быть уточнена в процессе эксплуатации по материалам наблюдений и исследований.

Для судоходных шлюзов, где данные наблюдений по этому параметру отсутствуют, предельные значения рекомендованы такими же, как для шлюзов, где эти наблюдения ведутся.

#### КОММЕНТАРИИ

Здесь также применен подход, аналогичный использованному при назначении предельных значений вертикальных перемещений железобетонных сооружений гидроузлов.

#### IV группа — положение депрессионной кривой в теле грунтовых сооружений

##### 1. Положение депрессионной кривой в теле грунтовых сооружений.

- **K1** — среднемноголетнее значение отметки уровня воды в пьезометре плюс  $2σ$ ;
- **K2** — среднемноголетнее значение отметки уровня воды в пьезометре плюс  $3σ$ ;
- **σ** — среднее квадратическое отклонение отметок воды в пьезометре;
  - а) K3 для первого пьезометра в поперечном створе — отметка НПУ верхнего бьефа;
  - б) K3 для второго пьезометра в поперечном створе — среднее арифметическое значений K3 первого и третьего пьезометров в створе;
  - в) K3 для третьего пьезометра в поперечном створе — отметка устья пьезометра.

При отсутствии данных наблюдений рассчитывается теоретическая отметка уровня воды в пьезометре. Положение полученной расчетной депрессионной кривой является ориентировочным (т. к. отсутствуют достоверные данные о кровлях и характеристиках грунтов, слагающих тело и основание дамб и плотин) и подлежит уточнению в процессе эксплуатации по материалам наблюдений и исследований.

- **K1\*** — при отсутствии данных наблюдений принятая теоретическая (расчетная) отметка уровня воды в пьезометре плюс  $2σ^*$ ;
- **K2\*** — при отсутствии данных наблюдений принятая теоретическая (расчетная) отметка уровня воды в пьезометре плюс  $3σ^*$ ;
- **σ^\*** — среднее арифметическое средних квадратических отклонений отметок воды в действующих пьезометрах рассматриваемого створа грунтового сооружения.

Принцип назначения K3 в этом случае такой же, как в п.п. а), б), в). Для пьезометров, в которых наблюдается высокая среднемноголетняя отметка или имеет место большое значение σ, принятые следующие предельные значения критериев:

- **K1\*\*** — среднемноголетнее значение отметки уровня воды в пьезометре плюс  $σ$ ;
- **K2\*\*** — среднемноголетнее значение отметки уровня воды в пьезометре плюс  $2σ$ ;
- **K3\*\*\*** — максимальная отметка в пьезометре за период наблюдений.

#### КОММЕНТАРИИ

Как видно, при назначении предельных значений здесь используются те же принципы, что и ранее. Это статистическая обработка материалов наблюдений, использование объектов-аналогов и мнения экспертов. Кроме того, при отсутствии до настоящего времени результатов наблюдений, помимо использования объектов-аналогов, производился расчет теоретического положения кривой депрессии в теле грунтовых сооружений и теоретической отметки уровня воды в пьезометрах.

Надо отметить, что в этом случае способы назначения предельных значений отличались большим разнообразием, поскольку требовалось учесть специфические условия работы сооружений. Кроме того, все результаты проходили тест на «не противоречие здравому смыслу». К примеру, некоторые из них:

- отметки уровней в поперечном пьезометрическом створе должны падать от верхнего бьефа к нижнему;
- отметки уровней воды в пьезометрах не должны превышать отметок в верхнем бьефе;
- отметки уровней воды в пьезометрах не должны превышать отметок устья пьезометра.

#### 2. Уровни воды в пьезометрах головных секций стен камер шлюза при эксплуатационном случае.

Для судоходного шлюза № 1 и нижней камеры судоходного шлюза № 3 предельные значения критерия безопасности — «Уровни воды в пьезометрах головных секций...» назначают, исходя из следующих предпосылок:

- **K1** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $2σ$ ;
- **K2** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $3σ$ ;
- **σ** — среднее квадратическое отклонение отметок воды в пьезометре;
- **K3** — отметка уровня воды в засыпке камер при максимальном гидростатическом напоре ( $H_{max}$ ), рассчитанном по формуле:

$$H_{max} = γ_c × G / (γ_n × γ_{lc} × γ^b × B),$$

где  $γ_c$  — коэффициент условий работы,  $γ_c = 1,0$ ; G — вес сооружения (на 1 п. м длины камеры) без учета трения грунта обратной засыпки по боковой поверхности стен; для верхних камер шлюзов вес подсчитывается без учета веса воды в камере, т. к. возможно их полное опорожнение; для нижних камер — с учетом веса воды в камере на отметке НПУ нижнего бьефа;  $γ_n$  — коэффициент надежности по ответственности, для сооружений II класса  $γ_n = 1,2$ ;  $γ_{lc}$  — коэффициент сочетания нагрузок, для основного сочетания  $γ_{lc} = 1,0$ ;  $γ^b$  — объемный вес воды,  $γ^b = 1,0 \text{ т/м}^3$ ; B — ширина подошвы шлюза,  $B = 18,7 \text{ м}$ .

Так как отметки уровней воды в пьезометрах верхней камеры судоходного шлюза № 3 имеют большой разброс показаний ( $σ = 0,76 \text{ м}$ ), для этой камеры приняты следующие предельные значения:

- **K1\*** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $σ$ ;
- **K2\*** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $2σ$ ;

- **K3\*** — максимальная отметка уровня в пьезометрах верхней камеры, зафиксированная в процессе наблюдений (данное значение K3 принято потому, что расчет по вышеприведенной формуле дает значение меньшее K2, что нелогично).

Для верхней камеры судоходного шлюза № 16 предельные значения назначают, исходя из следующих предпосылок:

- **K1** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $2\sigma$ ;
- **K2** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $3\sigma$ ;
- $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение отметок воды в пьезометре;
- **K3** — отметка уровня воды в засыпке камер при максимальном гидростатическом напоре, рассчитанном по программе RUST-51W из условия обеспечения устойчивости отдельно стоящих стен. При этом для расчета выбрано наименее благоприятное сечение стен камер, вблизи устоев голов.

Для судоходных шлюзов № 13, 19 и нижней камеры судоходного шлюза № 16 предельные значения назначают исходя из следующих предпосылок.

Так как по этим камерам отсутствуют данные наблюдений, значение среднемноголетней отметки уровня воды в засыпке стен вычислено по формуле:

$$\nabla \text{УГВ} = \text{НПУ ВБ} - A,$$

где A — среднее арифметическое разности НПУ ВБ и среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах для судоходных шлюзов №№ 1, 2, 3, 16.

- $A = 3,5$  м — для верхних камер (подсчитано как среднее арифметическое значение для верхних камер шлюзов №№ 2, 3, 16);
- $A = 9,4$  м — для нижних камер (подсчитано как среднее арифметическое значение для нижних камер шлюзов №№ 1, 2, 3);
- **K1** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $2\sigma^*$ ;
- **K2** — наибольшее значение среднемноголетней отметки уровня воды в пьезометрах при наполненной камере плюс  $3\sigma^*$ ;
- $\sigma^* = 0,44$  м — среднее арифметическое средних квадратических отклонение отметок воды в пьезометрах судоходных шлюзов №№ 1, 2, 3, 16;
- **K3** — отметка уровня воды в засыпке камер при максимальном гидростатическом напоре, рассчитанном по программе RUST-51W из условия обеспечения устойчивости отдельно стоящих стен. При этом для расчета выбрано наименее благоприятное сечение стен камер, вблизи устоев голов.

#### КОММЕНТАРИИ

В данном случае для назначения предельных значений K1 и K2 также использовалась статистическая обработка материалов наблюдений. Для предельных значений K3 использовались расчетные способы (расчеты на всплытие и сдвиг конструктивных элементов шлюзов). При этом опять же учитывалась фактическая величина измеряемого параметра. Так, в одном из случаев невысокая точность измерений привели к очень большому разбросу показаний (значительной величине  $\sigma$ ). Корректировка предельных значений в этом случае позволила избежать влияния точности измерений на оценку состояния сооружений.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках статьи отражена лишь незначительная часть того, что можно сказать о назначении предельных значений критериев безопасности.

**Самое важное, что здесь хотелось бы подчеркнуть, это то, что то или иное решение о назначении предельных значений критериев безопасности должно иметь объяснение. Если его нет — это значит, что предельные значения критериев безопасности просто подгоняются под их фактические значения. Объяснения типа, что тот или иной контролируемый параметр имеет такое значение уже несколько лет, — это недостаточная аргументация, хотя, конечно, и это должно приниматься во внимание.**

Кроме того, повторим: «Использование общих принципов назначения предельных значений никак не исключает тщательного анализа результатов фактических наблюдений и измерений». У любого правила всегда могут быть исключения.

Также считаем необходимым акцентировать внимание на одном теоретическом аспекте назначения предельных значений критериев безопасности. Речь идет о критериях безопасности, которые представляют собой качественные признаки. Проблема назначения в этом случае предельных значений состоит в том, что при оценке качественных признаков используется шкала наименований. Для такой шкалы мы не имеем возможности назначать предельные значения интервалов. Здесь интервалам можно дать только наименования.

По этой причине мы и должны назначать не предельные значения, а наименования интервалов. Необходимо это осознать и внести в нормативные рекомендации соответствующие уточнения.

P.S.

Учитывая актуальность тематики, авторы обращаются ко всем специалистам дать свои предложения, уточнения, замечания. Причем это предложение естественно относится не только к рассмотренным группам критериев безопасности. Совместными усилиями возможно удастся создать документ, регламентирующий общие принципы назначения предельных значений критериев безопасности СГТС.

Ваши предложения, уточнения, замечания просят передавать по эл. почте на адреса pier2@giprt.ru; melnik@gtexpert.ru.