

а тем более его разрушение, влечёт за собой выход из строя всей конструкции, поэтому основной показатель надёжности – работоспособность валов, определяемая прочностью и жёсткостью.

Прочность валов зависит от эксплуатационного напряжения, а расчёт на жёсткость заключается в определении прогиба вала и угла закручивания вала.

Геометрия моделей корпусов смесителей, в которых осуществляется технологический процесс, включает наиболее распространённые формы: сферические, цилиндрические и торообразные, которые используются в тонко- и толстостенном, одно- и многослойном, а также в многослойно скреплённом исполнении (рис. 2).

Повреждения корпусов смесителей могут быть вызваны коррозией металла, истиранием стенок сыпучей смесью, усталостью, изменением механических свойств металла и другими причинами. Чаще всего повреждение сосудов вызывается совместным действием различных факторов, поэтому прогнозирование их надёжности производят на основе всестороннего анализа их работы.

Рассматривая лабораторную установку (патент № 2417118) [9], можно прогнозировать остаточный ресурс работы смесителя.

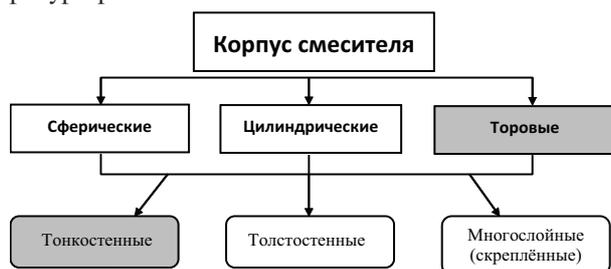


Рис. 2 – Геометрия моделей корпусов смесителей

При эксплуатации смесительного устройства смеси используются разной влажности, таким образом имеет место эрозионный износ. Одновременно с этим в результате удара сыпучей смеси о стенки корпуса присутствует механический износ. Вследствие эрозионного и механического износа

уменьшается толщина стенки корпуса. Предельно допустимая величина износа, равная 2,3 мм, зависит от нагрузочных режимов и конкретно используемого конструкционного материала.

Достоверность оценки надёжности корпуса смесителя зависит от наибольшего числа замеров и частоты проведения диагностических мероприятий.

Следует также учесть, что износ стенок корпуса может быть неравномерным, т.е. области большего нагружения и контакта со смешиваемым материалом подвергаются износу быстрее. Таким образом, прогнозирование отказов зависит от диагностики именно таких проблемных зон на стенках корпуса.

При проектировании смешивающих аппаратов нового поколения следует учитывать вышеизложенные факторы и снимать нагрузку с часто и наиболее быстро выходящих из строя узлов или упрочнять их, повышая тем самым надёжность всей работающей системы в целом.

### Литература

1. Иванова А.П. Декомпозиционный подход к надёжности технической системы / А.П. Иванова, А.П. Иванова, Л.В. Межуева, Т.И. Пискарёва // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 10. С. 280–283.
2. Надёжность машиностроительной продукции: практическое руководство по нормированию, подтверждению и обеспечению. М.: Издательство стандартов, 1990. 328 с.
3. Надёжность в машиностроении: справочник / В.В. Шашкин и др.; под общ. ред. В.В. Шашкина, Г.П. Карзова. СПб.: Политехника, 1992. 718.
4. Березовский Ю.И. Детали машин: учебник для машиностроительных техникумов / Ю.И. Березовский и др.; под ред. Н.А. Бородина. М.: Машиностроение, 1983. 384 с.
5. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчёт на прочность деталей машин: справочник / 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. 702 с.
6. Киселев Ю.В., Привалов С.А. Расчёт характеристик надёжности технических систем: методические указания к выполнению курсовых работ для студентов специальностей 140606 и 190401 дневной формы обучения. Самара: СамГАПС, 2006. 20 с.
7. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: учебник для машиностроительных специальностей вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2002. 408 с.
8. Пестрецов С.И., Боршев В.Я., Долгунин В.Н. Надёжность технологического оборудования: лабораторные работы. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 36 с.
9. Пат. 2417118 Российская Федерация. Лабораторный смеситель / А.П. Иванова, Л.В. Межуева, Т.И. Пискарёва. Бюл. № 12 от 27.04.2011 г.

## Учёт воды на оросительных каналах с земляным руслом в Кыргызстане

*А.Ж. Батыкова, к.т.н., Кыргызский НАУ*

В 2004 г. вступил в действие Закон Кыргызской Республики «Об основах технического регулирования в Кыргызской Республике», что привело к необходимости пересмотра действующей системы метрологического обеспечения отрасли, в частности метрологического обеспечения водоучёта.

Как известно, водоучёт – это система измерений и регистраций объёма воды на гидромелиоративных

и водохозяйственных объектах. Водоучёт позволяет обеспечить контроль использования и основу для управления водных ресурсов на оросительных системах.

В настоящее время оросительная вода используется нерационально, наибольшие потери приходится на внутрихозяйственные каналы при транспортировке и эксплуатациях. Большинство внутрихозяйственных каналов Кыргызстана имеют облицовку в земляном русле. Многие ирригацион-

ные системы каналов не оборудованы затворами, шлюз-регуляторами и водоизмерительными приборами, необходимыми для регулирования и учёта оросительной воды.

**Материал и методы исследования.** Нами предложена усовершенствованная конструкция водомерного сооружения, которая может использоваться при учёте воды в каналах с земляным руслом.

Как известно, при строительстве каналов поперёк горизонталей, на водотоках, с целью устранения их размыва возводятся перепады, расстояние между которыми составляет 300–500 м. Учёт воды на каналах с земляным руслом осуществляется при помощи водомеров типа «фиксированное русло», построенных на участках водотоков между перепадами.

Опыт эксплуатации таких водомеров показывает, что они работают нормально только в первые годы эксплуатации. В дальнейшем из-за заиливания наносами и зарастания растительностью земляных в русле каналов резко ухудшаются метрологические показатели водомеров – появляются подпоры переменного характера и уменьшаются скорости течения воды (эти явления резко осложняют градуировку сооружений, без которой водомеры не могут применяться в качестве рабочих средств измерения расходов воды). Следует отметить, что водомеры типа «фиксированное русло» являются основными и единственными средствами, применяемыми при измерении расхода воды в реках, в каналах с бурным режимом течения и в каналах со спокойным режимом течения с большой пропускной способностью. В республике около 70% каналов в основном оснащены подобными водомерами.

Имеется предложение, в соответствии с которым учёт воды рекомендуется проводить на уступе перепада, применив для этой цели водомеры типа «фиксированное русло» [1, 2].

Это весьма интересное предложение, но оно не нашло применения только из-за того, что на уступе перепада поток имеет не параллельно-струйное течение, а протекает по кривому спаду, что не допускается нормативным документом МВИ 05–90 [3].

**Результаты исследования.** Предложенная конструкция водомерного сооружения включает устройство, обеспечивающее учёт воды без индивидуальной градуировки водомера.

Устройство состоит из прямолинейного в плане подводящего канала, берегового ковша с урнемерной рейкой, размещённого на уступе перепада тонкостенного трапецидального водослива, металлического щита, закреплённого к водосливу горизонтально со стороны верхнего бьефа, колодезгасителя и отводящего канала. Щит вместе с боковыми гранями водослива образует новый водослив трапецидального сечения, которым и измеряется

расход воды. Высота порога первого водослива составляет 100–200 мм, нового – 300–350 мм.

Водосливы изготавливаются в соответствии с требованиями нормативного документа МИ 2122–90 [4, 5].

В соответствии с рекомендациями этого же документа определяются параметры и пропускная способность самого (нового) водослива. При этом для определения фактической пропускной способности водомера строится график зависимости:

$$Q = f(H),$$

где  $Q$  – расход воды,

$H$  – напор воды над водосливом.

На рисунке 1 показано водомерное сооружение в плане, на рисунке 2 – продольный профиль сооружения по разрезу 1–1, на рисунке 3 – поперечное сечение водослива в измерительном створе по разрезу 2–2.

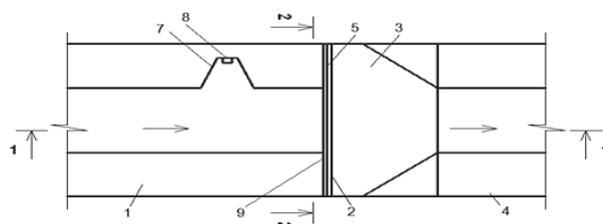


Рис. 1 – Водомерное сооружение в плане: 1 – подводящий канал; 2 – перепад; 3 – колодезгаситель; 4 – отводящий канал; 5 – стационарный водослив трапецидального сечения; 6 – съёмный щит; 7 – береговой ковш; 8 – урнемерная рейка; 9 – новый водослив

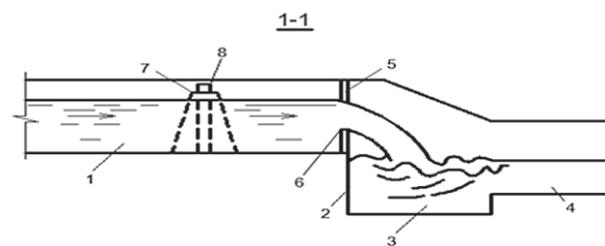


Рис. 2 – Продольный профиль сооружения по разрезу 1–1

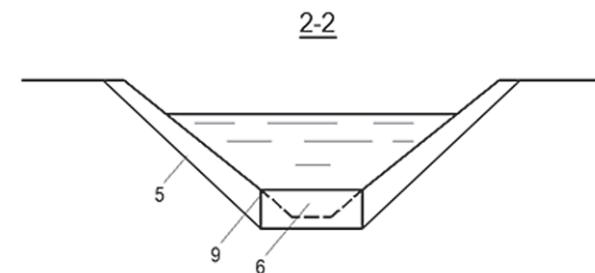


Рис. 3 – Поперечное сечение водослива в измерительном створе по разрезу 2–2

Водомерное сооружение содержит прямолинейный в плане подводящий канал 1, перепад 2, колодец-гаситель 3, отводящий канал 4, стационарный водослив трапецеидального сечения 5, съёмный щит 6, береговой ковш 7 с уровнемерной рейкой 8. Щит 6 вместе гранями водослива 5 образует новый водослив 9, которым измеряются расходы воды, протекающей через него. При измерении ноль рейки устанавливается на уровне порога нового водослива 9.

Данное водомерное сооружение работает следующим образом. При подаче воды на сооружение в верхнем его бьефе происходит накопление воды, которая по мере увеличения её глубины начинает сбрасываться в нижний бьеф через водослив 9. С момента, когда подаваемая на сооружение вода полностью начинает сбрасываться в нижний бьеф через водослив 9, приступают к измерению расходов воды.

Для этого по уровнемерной рейке 8 измеряется напор воды над водосливом 9, далее по его величине, используя график  $Q = f(H)$ , определяют расход воды. Благодаря перепаду 2 водослив 9 будет работать только при свободном режиме истечения, что благоприятно отразится на метрологическом показателе водомера. По мере заиливания наносами верхнего бьефа эти наносы промываются потоками воды при снятом щите 6. После промыва наносов щит 6 устанавливается на месте и приступают к измерению расходов воды заново.

В соответствии с МИ 2122–90 учёт воды осуществляется без индивидуальной градуировки водослива (он стандартизирован), что положительно скажется на эксплуатационных показателях водомера. На данную конструкцию был получен патент Кыргызской Республики № 191 от 28.09. 2015 г., а также есть другие патенты КР на изобретения, соответствующие указанной выше тематике [6–8].

**Выводы.** Учёт водных ресурсов является важной задачей, при этом особый учёт должен проводиться там, где много точек водораспределения

и осуществляется плата за использованную воду.

Оснащённость специалистов и работников службы эксплуатации, осуществляющих грамотный и объективный водоучёт на оросительных системах, технической литературой по водомерным сооружениям и нормативными актами играет немаловажную роль при платном водопользовании.

Каждое водомерное сооружение не может быть принятым в качестве рабочего средства для измерения расходов воды, если не пройдет государственную метрологическую аттестацию. Рекомендации по его использованию должны содержаться в официальных нормативных документах, согласованных с государственным органом по стандартизации.

Эффективность предложенного водомера заключается в улучшении метрологических характеристик и условий эксплуатации сооружения, а также снижении финансовых показателей стоимости его строительства.

### Литература

1. Филиппов Е. Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. С. 30–38.
2. Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расходов воды методом «скорость – площадь». М.: Минводхоз СССР, 1990. 42 с.
3. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков. Казань, 1990. 56с.
4. МИ 2406–97. ГСИ. Расход жидкости в открытых каналах систем водоснабжения и канализации. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков (взамен МИ 2122). Госстандарт Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms\\_new/mi/18.pdf](http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/mi/18.pdf).
5. Сатаркулов С.С., Батыкова А.Ж. и др. Водомерные сооружения для каналов и лотков (монография). Бишкек: ПК «Переплётчик», 2005. 260 с.
6. Пред. патент 476 Кыргызской Республики, МПК7 E02 B13/10. Водомерное сооружение / Сатаркулов С.С., Батыкова А.Ж. 20000042.1; заявл.20.06.00; опубл. 01.10.01, Бюл. № 9. 5 с.:ил.
7. Патент 512 Кыргызской Республики, МПК7 E02 B13/00. Водомерное сооружение для быстротечных каналов / Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М., Батыкова А.Ж. 20010017.1; заявл. 06.04.01; опубл. 28.06.02, Бюл. № 6. 4 с.: ил.
8. Патент 1397 Кыргызской Республики, МПК7 E02 B7/26. Водомерное сооружение / Сатаркулов С.С., Батыкова А.Ж. 20100041.1; заявл. 23.03.10; опубл. 31.10.11, Бюл. № 10. 4 с.: ил.

## Применение имитационного моделирования при создании планов водораспределения на примере Садковской оросительной системы

*М.А. Ляшков, аспирант, С.М. Васильев, д. т. н., Ю.Е. Домашенко, к. т. н., ФГБНУ РосНИИПМ*

Сельское хозяйство является главным потребителем водных ресурсов, используя до 30% от общего забора воды в народном хозяйстве, а на орошение и обводнение расходуется около 70% от водозабора на нужды агропромышленного комплекса. Сельское хозяйство должно развиваться при постоянном уменьшении удельного водопотребления за счёт рационального использования воды на

основе модернизации оросительных систем, совершенствования систем управления и контроля, применения водозащитных экологически безопасных технологий и техники орошения [1].

Использование воды на орошение осуществляется на основании внутриводопользовательного и системного планов водопользования, регулирующих забор воды из источника и транспортировку по каналам межхозяйственной оросительной сети до потребителей, распределение воды между хозяйствами и внутри них [2].