

Варианты просчитывались на модели при условии обязательного обеспечения обводнительного попуска на пойму Иртыша в объеме 2,94 км³ в год, который осуществляется расходом 3400 м³/с в течение 10 сут. К сожалению, сохранение проектного (имеется в виду СКИОВР Оби и Иртыша 1981 года) объема попуска 4,5 км³, производимого за период 15 сут, практически невозможно вследствие сложившихся реалий.

Значения транспортно-энергетических попусков подобраны с учетом следующих критериев удовлетворения водопотребления: обеспеченность обводнительного пойменного попуска – 75 % по числу бесперебойных лет; энерго-транспортных – 80...90 %; минимальных попусков (320 м³/с) для нормальной работы водозаборов Омска – 95 % [1].

Заключение

Реализация проектов территориально-перераспределения стока в КНР сопровождается уменьшением притока в Казахстан на 1,6...4,5 км³ год. Для современного варианта развития события поддержание даже сокращенных навигационных расходов 600 м³/с возможно только в течение одного месяца при минимально урезанном режиме пойменного попуска. Что касается зимних попусков, то они не выдерживаются. Суммарная гарантированная отдача каскада оценена в диапазоне 17,8...22,6 км³,

что соответствует сокращению проектной водоотдачи на 3,35...8,18 км³.

После уточнения и согласования режима регулирования стока в регионе необходимо разработать надежные правила управления водными ресурсами Иртыша от створа Бухтарминской ГЭС до Омска. Также необходимы более активные действия со стороны России, так как минимальные попуски к Омску не гарантированы.

1. Козлов Д. В., Раткович Л. Д. Водохозяйственные аспекты трансграничного вододелия и совместного управления водными ресурсами: Управление трансграничными водными ресурсами: материалы Второй международной конференции (3–4 июня 2010 года). – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2010. – С. 165–169.

2. Раткович Л. Д., Романова Ю. А. Схема водохозяйственного анализа верхнего и среднего Иртыша // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 57–61.

Материал поступил в редакцию 16.06.14.

Раткович Лев Данилович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Комплексное использование водных ресурсов и гидравлика»

Тел. 8 (495)-976-21-56

E-mail: levkivr@mail.ru

Романова Юлия Анатольевна, аспирантка

УДК 502/504:627.81

Д. А. АЛИЕВ, О. Е. КУЛЕШОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРАВИЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА (НА ПРИМЕРЕ НЕРЮНГРИНСКОЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ)

Разработка «Правил использования водохранилищ» – одна из первоочередных задач, стоящих перед водным хозяйством России. Обобщен круг задач реального проектирования, возникающих при разработке таких правил, на примере небольших водохранилищ Дальнего Востока.

Правила использования водохранилищ, водохранилища Якутии, Нерюнгринское водохранилище.

Development of “Rules of water reservoirs use” is one of the paramount tasks facing the water economy of Russia. There is summarized the range of tasks of real designing arising when working out such rules by an example of small water storages in the Far East.

Rules of water reservoirs use, reservoirs of Yakutia, the Neryungri water reservoir.

Согласно Водному кодексу Российской Федерации, использование водохранилищ осуществляется в соответствии с правилами, включающими в себя собственно правила использования водных ресурсов водохранилищ (ПВР) и правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ (ПТЭБ).

Правила использования водных ресурсов определяют режим использования водохранилищ, в том числе режим наполнения и сработки. Правила эксплуатации и благоустройства водохранилищ определяют порядок использования дна и берегов [1].

Правила использования водных ресурсов водохранилищ должны содержать: 1) характеристики гидроузла, водохранилища либо нескольких водохранилищ или каскада водохранилищ и их возможностей; 2) основные характеристики водотока; 3) состав и описание гидротехнических сооружений водохранилища; 4) основные параметры водохранилища; 5) требования о безопасности в верхнем и нижнем бьефах; 6) схему водопользования и объемы водопотребления; 7) порядок регулирования режима функционирования водохранилища (диспетчерский график, полные балансовые таблицы для конкретных лет и режимов работы); 8) порядок проведения работ и предоставления информации в области гидрометеорологии; 9) порядок оповещения органов исполнительной власти, водопользователей, жителей об изменениях водного режима водохранилища, в том числе о режиме функционирования водохранилища при возникновении аварий и иных чрезвычайных ситуаций; 10) приложения (карты, схемы, графики, таблицы и т.д.).

Правила эксплуатации и благоустройства водохранилищ должны содержать: 1) описание водохранилища и гидротехнических сооружений; 2) сведения о зонах воздействия водохранилища; 3) перечень мероприятий, осуществляемых при эксплуатации водохранилища в зимний период и в период пропуска паводков; 4) перечень мероприятий, осуществляемых при эксплуатации водохранилища в

случае возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций; 5) ограничения эксплуатации водохранилища и перечень мероприятий по поддержанию его надлежащего санитарного и технического состояния; 6) порядок организации ремонтно-эксплуатационных работ; 7) наблюдения за состоянием водохранилища и учет использования его водных ресурсов; 8) перечень способов наблюдений за техническим состоянием водохранилища и входящих в его состав сооружений, порядок осуществления таких наблюдений; 9) приложения (карты, схемы, графики, таблицы и т.д.) [2].

Правительством Российской Федерации утвержден перечень водохранилищ (в основном объемом более 10 млн м³), в отношении которых Правила должны быть разработаны с учетом особенностей региона. Для водохранилищ, не попавших в этот перечень, в качестве основного документа применяют «Типовые правила использования водохранилищ».

Правила подлежат пересмотру по мере накопления опыта эксплуатации, изменения водохозяйственной обстановки, экологических требований к режиму использования стока, но не реже, чем один раз за 10–12 лет.

Специфика разработки «Правил использования небольших водохранилищ Дальнего Востока». Краткая характеристика региона. Якутия расположена в северо-восточной части Сибири. Это весьма специфический регион. Климат резко континентальный, зимой температура воздуха опускается до – 60 °С. Апрель и октябрь – зимние месяцы. Около 80 % территории Якутии занимают таежные леса, преимущественно лиственничные. Это регион удивительной красоты, где еще можно встретить огромные территории, не тронутые человеком. Климат Якутии суровый, большие запасы природных ресурсов. Это алмазы, золото, нефть, газ, уголь и др. Регион имеет огромные запасы водных ресурсов, крупнейшие судоходные реки Лена, Вилюй, Оленёк, Алдан... Эти факторы способствуют высокому экономическому потенциалу

региона. В 50–80-е годы XX века началось активное освоение Якутии. Для добычи алмазов находились и разрабатывались кимберлитовые трубки. В этих местах основывались города. Для водоснабжения города и добычи алмазов нужно было большое количество воды, на ближайших реках строили водохранилища. Водохранилищ немного, они небольшие, объемом не более 50 млн м³. Все гидроузлы имеют собственника и эксплуатирующую организацию, являясь единственным источником питьевого водоснабжения близлежащих населенных пунктов.

Проблемы водохранилищ Дальнего Востока существенно отличаются от проблем водохранилищ в средней полосе России. Одна из распространенных региональных проблем – зарастание водохранилищ вследствие заиления и вызванное этим сокращение полезного объема – водохранилищам Дальнего Востока практически не свойственна. Причины заключены в климате региона, 7–8 месяцев в году имеющем отрицательные температуры воздуха. Кроме того, ложе водохранилища обычно сложено из скальных грунтов, зоны мелководий небольшие.

Характерными для водохранилищ Дальнего Востока являются другие, не менее значимые проблемы. Одна из них заключается в растеплении многолетнемерзлых грунтов тела и основания плотины, а также береговых примыканий. Плотины, построенные из мерзлых грунтов, в процессе эксплуатации начали оттаивать. Фильтрационные потери бывают так высоки, что во много раз превышают водопотребление из водохранилища. Кроме того, неконтролируемые процессы фильтрации и растепления тела плотины со временем могут привести к вымыванию частиц грунта, просадкам гребня плотины, а в конечном счете к ее разрушению. В связи с этим одной из основных задач эксплуатирующей гидроузла организации является борьба с фильтрацией. С этой целью проводятся различные противофильтрационные мероприятия.

Цементация тела плотины малоэффективна, так как цемент довольно

быстро вымывается. Кроме того, фильтрация через основание плотины и береговые примыкания практически не контролируется. Применяют замораживающие устройства жидкостного и воздушного типа. Так, на Иреляхском водохранилище у города Мирный введены специальные криогели, что в определенной степени сокращает фильтрацию. В целом вопрос борьбы с фильтрацией не решен.

В большинстве небольших водохранилищ Дальнего Востока практически отсутствует рыба. Хорошо адаптируется только голян, реже встречается карась, очень редко – щука, плотва.

При разработке правил использования водных ресурсов для водохранилищ Дальнего Востока приходится сталкиваться с минимальным количеством гидрологической информации. Наблюдения за уровнями воды ведутся в течение последних нескольких лет. При этом объемы фильтрационных потерь постоянно меняются, а контроля за процессом практически нет.

Восстановление гидрологических рядов крайне осложнено, поскольку расчеты с использованием аналогов сдерживаются отсутствием рек с небольшой площадью водосбора, имеющих продолжительные ряды наблюдений.

Главной составляющей правил использования водных ресурсов является диспетчерский график, который определяет режим функционирования водохранилища в различных по водности условиях. Диспетчерские графики определяют режим расходования водных ресурсов в зависимости от времени года, наличия запаса воды в водохранилище, прогноза притока и вектора водопотребления. В таких графиках должны устанавливаться величины или пределы колебания величин забора воды отдельными водопользователями, размеры судоходных и иных попусков воды – среднесуточных и базовых (минимальных в пределах суток), размеры выработки электроэнергии ГЭС, допустимый диапазон суточного и недельного регулирования и т. д.

Основные задачи, решаемые в ходе диспетчерского управления,

следующие:

обеспечение безопасности основных сооружений гидроузла и объектов хозяйства, расположенных в бьефах водохранилища;

обеспечение нормальной гарантированной отдачи;

обеспечение сокращенной гарантированной отдачи, недопущение глубоких перебоев благодаря своевременному переходу водохозяйственных установок на пониженное потребление;

максимальное использование речного стока и минимизация холостых сбросов.

В аналитической записи диспетчерский график представляет собой зависимость $a_{i,t} = f(Z_{i,t-1}, Q_{i,t})$, которая показывает, какую водоотдачу a (мощность ГЭС, расход воды в нижний бьеф и т. д.) нужно назначить при эксплуатации i -го сооружения в интервале времени t в зависимости от уровня воды Z в водохранилище на начало этого интервала и прогноза притока Q к водохранилищу i -го сооружения.

При построении диспетчерского графика на оси ординат откладывают объемы или соответствующие им уровни водохранилища, на оси абсцисс – время года. Координатное поле такого графика разделено на несколько зон, каждой из которых соответствует определенный режим работы водохранилища. Как правило, выделяют четыре режимные зоны: зона нормальной гарантированной отдачи; зона повышенной отдачи; зона пониженной отдачи; зона принудительной сработки.

Элементы диспетчерских графиков получают построением огибающих соответствующих линий водохранилища, относящихся к ряду реальных лет (моделей), сток которых предварительно приведен к расчетным. Если уровень воды в водохранилище имеет отметку, находящуюся вблизи нижней границы зоны гарантированной отдачи, а тенденция хода уровня приведет его к отклонению вниз за пределы зоны гарантированной отдачи, необходимо скорректировать отдачу из водохранилища, с тем чтобы обеспечить урезанную гарантированную отдачу потребителям согласно установ-

ленному приоритету. Ограничение потребителей в водных ресурсах должно осуществляться на основе экономических расчетов, позволяющих свести к минимуму отрицательные последствия маловодья.

Правилами диспетчерского регулирования должен предусматриваться порядок ограничения или прекращения водоподачи при наступлении условий, выходящих за пределы принятой для данного потребителя расчетной надежности водообеспечения. Возможные в реальных эксплуатационных условиях отступления от этого порядка, т. е. увеличение в указанных условиях объема водоподачи одному из потребителей за счет остальных могут допускаться только по решению органа, утвердившего правила.

Порядок ограничения или прекращения водоподачи при наступлении условий, выходящих за пределы принятой для данного потребителя или группы потребителей расчетной надежности водообеспеченности, основанный на экономических расчетах для конкретного водохранилища, включается в диспетчерские правила регулирования стока. Ограничения на хозяйственно-питьевое водоснабжение должны вводиться в последнюю очередь.

В водохранилищах комплексного назначения избыток воды (зона избытков диспетчерского графика) должен использоваться в соответствии с экономическим расчетом в интересах всех или большинства водопользователей. В тех случаях, когда избыток стока не может использоваться потребителями, он в виде холостых сбросов поступает вниз по реке как дополнительный санитарный попуск [3].

Рассмотрим проблемы, возникающие при построении диспетчерских графиков, на примере водохозяйственной системы Нерюнгринской ГРЭС. Водохранилище НГРЭС создано как водохранилище-охладитель, и для технического водоснабжения Нерюнгринской ГРЭС с момента создания (1983) и по сегодняшний день используется по назначению. Схема водохозяйственной системы представлена на рис. 1.

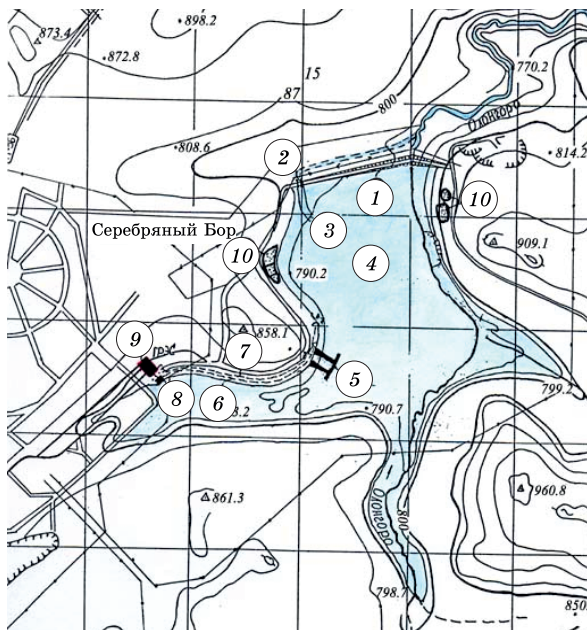


Рис. 1. Схема водохранилища Нерюнгринской ГРЭС: 1 – глухая каменно-земляная плотина; 2 – бетонная водосливная плотина; 3 – подводный канал водослива; 4 – водохранилище-охладитель; 5 – глубинный водозабор; 6 – подводный канал; 7 – отводящий канал; 8 – блочная насосная станция; 9 – Нерюнгринская ГРЭС; 10 – места складирования аварийных запасов грунтовых материалов

Основные характеристики водохранилища. Объем водохранилища: полный – 43,9 млн м³, площадь зеркала – 4,56 км². Отметки: НПУ – 797,0 м; ФПУ – 797,03 м; УМО – 795,4 м. Ввод в эксплуатацию – 1983 год. Длина водохранилища 3,7 км, температурный режим находится в условно стабилизированном состоянии, режим регулирования уровня воды осуществляется через водосливную плотину и сифонные водосбросы.

Средняя глубина водохранилища при НПУ (797,0 м) составляет 9,3 м. Наибольшая глубина в русле реки Олонгоро – 23 м. Площадь мелководий с глубинами меньше 2 м составляет 13 %. Коэффициент использования водохранилища 0,81 [4].

Основная проблема использования Нерюнгринского водохранилища – с целью соблюдения условий водозабора уровень воды необходимо постоянно поддерживать на отметке НПУ. Сток реки Олонгоро характеризуется значительной неравномерностью в течение года (см. рис. 2).

При этом полезный объем водохранилища (6,8 млн м³) сопоставим с объемом водозабора (6,9 млн м³), который равномерно распределен в течение года.

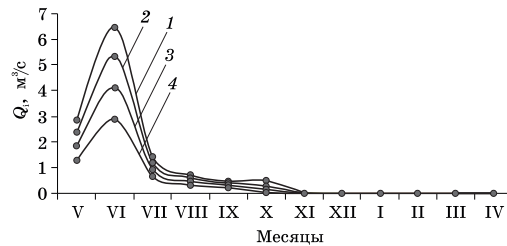


Рис. 2. Расчетный гидрограф реки Олонгоро в створе гидроузла: 1 – многоводный год; 2 – средний год; 3 – маловодный год; 4 – очень маловодный год

В зимний период, для недопущения промерзания водоподводящего канала обмерзания клапанных затворов, а со стороны нижнего бьефа – от наледеобразования, через левый клапанный затвор производится постоянный слив воды из водохранилища.

Учитывая вышеизложенные особенности, был построен диспетчерский график Нерюнгринского водохранилища (рис. 3).

Диспетчерский график Нерюнгринского водохранилища отличается отсутствием зоны пониженной отдачи, несмотря на дефициты баланса, возникающие в зимний период.

Правила использования водных ресурсов – важнейший документ, регламентирующий работу водохранилищ. Для разработки правил использования водохранилищ требуется привлечение профильных специалистов-экологов и специалистов гидротехнических сооружений. Несмотря на наличие методической базы, при разработке правил использования конкретных водохранилищ необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого из них, приспособивая методики и подходы под конкретные условия.

Кроме того, водохранилища средней полосы России и водохранилища Дальнего Востока имеют массу различий, и разработка правил использования водных ресурсов для небольших водохранилищ Дальнего Востока требует иного подхода. В общих методических указаниях этот момент совершенно не учитывается.

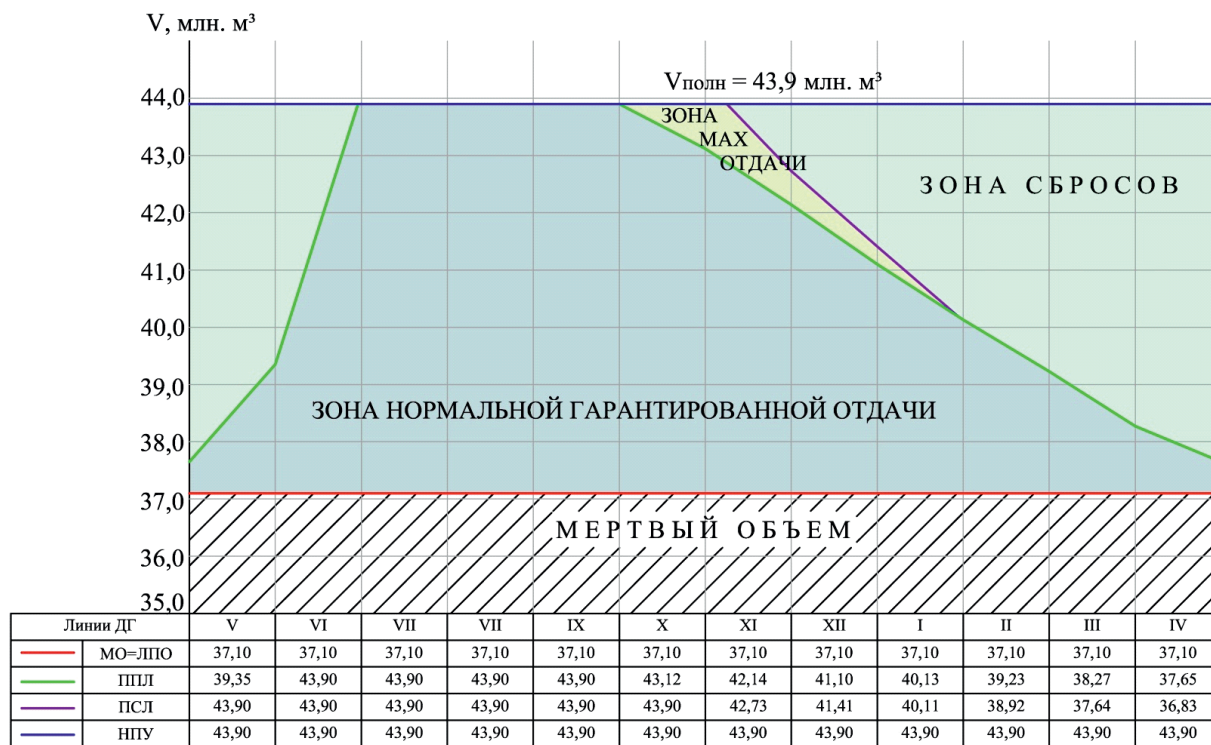


Рис. 3. Основной диспетчерский график Нерюнгринского водохранилища

Выводы

Основой для управления ресурсами водохранилищ является схема КИОВР региона, которая должна уточнить стратегию использования водных ресурсов, количество и параметры водохранилищ. Разработка правил использования водных ресурсов без четкой формулировки требований водопользователей на период действия правил и санитарно-экологических требований в верхнем и нижнем бьефах гидроузлов недопустима.

Для управления водными ресурсами водохранилищ рассматриваемой географической зоны, как правило, требуется восстановление гидрологических данных по аналогам, подбор которых сопряжен с отсутствием или недостаточностью объектов аналогов. В этой ситуации следует переходить к моделированию многолетних гидрологических рядов на основе обобщенных гидрологических характеристик и обоснованных типов внутригодового распределения стока.

Необходим учет динамики потерь из водохранилищ на фильтрацию с учетом противоточных мероприятий, поскольку размеры потерь сопоставимы с объемами водопотребления.

Эффективность правил использова-

ния водных ресурсов требует коррекции общей структуры диспетчерских графиков с учетом прогноза водопотребления и геофизических процессов, связанных с вероятным изменением климата.

1. Водный кодекс Российской Федерации [электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/popular/waternew/> (дата обращения 15.02.14).

2. Методические указания по разработке правил использования водохранилищ; утв. приказом Минприроды РФ от 26.01.2011 г. № 17.

3. Арсеньев А. Г. Основы управления водными ресурсами водохранилищ: учеб. пособие. – СПб: РГГМУ, 2003 – 78 с.

4. Декларация безопасности гидротехнических сооружений филиала Нерюнгринская ГРЭС. – Серебряный Бор: ОАО «ДГК», 2010.

Материал поступил в редакцию 18.02.14.

Алиев Дмитрий Альбертович, аспирант

Тел. 8 (929) 554-10-55

E-mail: dmitriy.aliyev@yandex.ru

Кулешова Ольга Евгеньевна, аспирантка

Тел. 8 (916) 298-25-71

E-mail: oekuleshova@gmail.com

УДК 502/504:556.53

Ю. М. КОСИЧЕНКОФедеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ»)**Е. Г. УГРОВАТОВА**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)»
имени М. И. Платова**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИ ВЫГОДНОГО ПРОФИЛЯ ПОЛИГОНАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ КРУПНЫХ КАНАЛОВ И ИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ**

Предлагается приближенный способ определения гидравлически выгодных полигональных сечений, близких к гидравлически наивыгоднейшим. Обобщены данные гидравлических натурных исследований крупных каналов полигонального профиля на юге России. На основе компьютерной математической обработки получены эмпирические зависимости для расчета гидравлических сопротивлений.

Гидравлически выгодный профиль, крупный канал, полигональное сечение, гидравлические сопротивления.

There is proposed an approximate method for determination of hydraulically advantageous polygonal cross sections similar to the most advantageous hydraulic ones. The data of hydraulic field investigations of large canals of the southern Russia with polygonal profile are generalized. On the basis of the data computer mathematical processing empirical dependencies are obtained for calculation of hydraulic resistances.

Hydraulically advantageous profile, large channel, polygonal cross-section, hydraulic resistance.

В гидравлических расчетах каналов используется понятие гидравлически наивыгоднейшего сечения, которое при заданной площади живого сечения имеет наибольшую пропускную способность, или заданный расход в котором проходит при минимальной площади живого сечения [1, 2]. В земляных каналах минимизация площади сечения приводит к уменьшению объема выемки, а следовательно, к экономии затрат.

Каналы гидравлически наивыгоднейшего профиля получают относительно узкими и глубокими, что осложняет их строительство и эксплуатацию. Поэтому такие сечения не для крупных каналов оросительных систем (магистральных и распределительных). Их применение ограничивается дренажными и мелкими оросительными каналами. В работе С. О. Курбанова отмечается, что для энергетических деривационных каналов в большей степени подходят также гидравлически наивыгоднейшие сечения [3].

Впервые А. А. Угинчусом, а затем А. М. Латышенковым предложено перечные сечения большинства каналов

выполнять близкими к гидравлически наивыгоднейшему профилю за счет незначительного уменьшения средней скорости течения на 2...3 % [1, 2]. Применение этого метода позволяет переходить от неудобных и невыгодных с точки зрения производства работ узких и глубоких «абсолютно гидравлически наивыгоднейших сечений» с относительной шириной по дну $\beta = b/h = 0,25...0,83$ к более удобным «практическим» трапецидальным сечениям с $\beta = 2,2...4,4$ [2]. Назовем такой профиль канала гидравлически выгодным, который, с одной стороны, имеет высокую пропускную способность, с другой – удобен с практической точки зрения.

Одна из целей проведенного авторами исследования – это разработка методики определения гидравлически выгодного профиля для крупных земляных каналов полигонального сечения, которые широко используются для каналов переброски стока комплексного назначения, а также для магистральных оросительных каналов.

Широкое применение полигональных сечений в крупных каналах