

МОДУЛЬ 3.
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ И ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ
ЛЕКЦИЯ №11 – ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
УЧЕТА ВОДЫ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ И ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ

РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ:

1. *Введение. Водоучет.*
2. *Автоматизация и водоучет на оросительных системах.*
3. *Водоучет на открытой оросительной сети. Методы учета воды.*
4. *Водоучет на закрытой оросительной системе.*
5. *Информационное обеспечение управления технологическими процессами водопользования на оросительных системах.*
6. *Комплекс водоучета и водоизмерения как подсистема управления процессами водопользования.*

Введение. Водоучет. Водоучет на оросительных системах необходим для определения объема подаваемой воды и решения вопросов водораспределения между потребителями. Водоучет не существует без средств измерения. В интересах потребителей выдвигать такие требования к средствам водоучета, как: периодичность, точность, достоверность и надежность результатов измерений, уменьшения объема материальных затрат на их приобретение. Таким образом, система измерений и регистраций объема воды на гидромелиоративных и водохозяйственных объектах называется водоучетом. Водоучет позволяет обеспечить контроль использования водных ресурсов и составляет основу для управления водораспределением и водоподачей на оросительных системах.

Учет воды на оросительных системах является основой проведения планового водопользования. Задачи службы учета оросительной воды, следующие:

1. получение данных о водных запасах систем в многолетнем и годичном разрезе;
2. определение расходов и объемов воды для составления и корректировки планов водопользования, определение потерь воды в межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительных сетях;
3. обеспечение системы необходимыми данными для учета и регулирования воды в любой точке ее забора и распределения; составление фактических данных эксплуатационной гидрометрии для правильной и современной технической эксплуатации оросительной системы.

Работы, связанные с измерением расхода воды, производятся специальным штатом гидрометров, и только при их выполнении возможно плановое регулирование воды на оросительной системе. На межхозяйственной сети каналов наблюдения за стоком и расходами воды производятся:

- при автоматизированном учете постоянно (данные о расходах и горизонтах воды снимаются с приборов один раз в неделю);
- при инструментальном учете – три раза в сутки (7, 13, 19 часов), учет воды, поступающей в хозяйства, проводится не реже двух раз в сутки.

Для учета воды на оросительной системе устанавливаются гидрометрические посты, для нормального водоучета необходимо в среднем 10–12 постов на 1000 га орошаемой площади.

Водомерные посты подразделяются:

1. Посты учета водных запасов источника орошения – посты связи с опорной сетью или опорные гидропосты. Они служат для переноса гидрометрических данных с речных

водомерных постов гидрометеорологической службы в створ водозаборного сооружения оросительной системы.

Если источниками орошения служат открытые водоемы (пруды, озера, водохранилища), то на них устанавливаются речные или свайные водомерные посты; на реках, кроме того, оборудуются гидрометрические створы.

2. Посты балансового водоучета. Эти посты предназначены для учета воды, поступившей в систему и на отдельные балансовые участки и сброшенной с них. Они устанавливаются в голове системы, на границах балансовых участков, на коллекторно-сбросной сети, на транзитных участках каналов.

3. Посты оперативного водоучета. С помощью этих постов производится распределение воды по сети каналов системы; устанавливаются они на всех узлах распределения воды (кроме последних узлов – по каждому межхозяйственному каналу, где роль постов оперативного учета выполняют хозяйственные посты).

4. Посты учета выдела воды водопотребителям (хозяйственные посты или посты в точках выдела воды хозяйствам). Служат для определения объемов воды, подаваемым хозяйствам за сутки, декаду.

5. Посты на внутриводоснабжающей оросительной сети для учета распределения и контроля использования воды водопользователями хозяйства и для определения поливных норм.

Оборудование водомерных постов принимается в зависимости от и назначения, типа оросительной сети (открытая или закрытая) и величины расходов воды, подлежащих учету. Конструкция гидрометрических постов и их оборудование должны соответствовать современным требованиям и при этом обеспечивать оперативное определение гидравлических показателей (уровень воды, скорость и расход потока, суммарный сток воды и т. д.). В качестве стандартных устройств для измерения расходов воды приняты следующие типы водомеров: водосливы с тонкой стенкой, различного профиля; расходомерные пороги САНИИРИ; лотки Вентури; лотки Паршала; лотки Ярцева; водослив Томпсона; водослив Чиполетти.

Для измерения в открытых каналах с расходами воды более 25–50 м³/с кроме гидрометрических вертушек применяют ультразвуковые (акустические) приборы и установки, состоящие из одноканальных или многоканальных измерителей скорости, уровнемеров вторичной аппаратуры, позволяющие определять расход и объем воды. Принцип ультразвуковых уровнемеров состоит в передаче и приеме ультразвукового сигнала, выходящего из приемопередатчика, устанавливаемого над каналом, излучатель которого направлен вниз перпендикулярно поверхности воды. Время отражения ультразвукового сигнала интегрируется с уровнем воды в канале, а для определения расхода используется градуировочная характеристика канала.

Автоматизация и водоучет на оросительных системах. Оросительные системы – это сложный комплекс гидротехнических сооружений, которые предназначены в определенное время и в нужном количестве подавать воду на любые участки. Это задача затрудняется тем, что режим подачи воды меняется во времени довольно часто и требует перестройки работы сооружений в ходе их эксплуатации. В настоящее время на оросительных системах применяется автоматизация управления гидротехническими сооружениями и устройствами с помощью электроприборов, радиоприборов, телеприборов. Средства для автоматического управления подачей воды на отдельном гидротехническом сооружении представлены значительным количеством приборов и устройств, рекомендуемых различными авторами.

Автоматизация оросительных систем. Степень автоматизации водораспределения. Слово «автоматизация» подразумевает проведение какой-либо технологической операции без участия в ней человека. Однако масштабы автоматизации могут меняться в весьма широких пределах.

Например, можно автоматизировать:

- какую-то часть процесса измерения какого-либо одного параметра объекта;
- процесс измерения одного параметра полностью или комплекса параметров на одном объекте;
- технологический процесс на объекте в целом;
- систему объектов, комплекс систем однотипных объектов.

При этом возможен случай, когда не все операции технологического процесса, или не все составные элементы объекта будут автоматизированы. Поэтому введены понятия степени и этапов автоматизации. Степень автоматизации бывает частичная, комплексная и полная.

Частичная автоматизация – охватывает только некоторые операции процесса или элементы системы. Следовательно, процесс автоматического управления водораспределением на системе не замкнут. При этом на отдельных узлах, например головном сооружении, процесс автоматического управления может быть осуществлен полностью, с замкнутым циклом, но, поскольку рассматривается водораспределение в масштабе всей системы, автоматизация считается частичной.

Комплексная автоматизация, при которой автоматически выполняется весь комплекс операций водораспределения, кроме управления. Процесс управления замкнут через диспетчера. Режим водопотребления и изменение его в случае необходимости устанавливает диспетчер без участия постоянного персонала эксплуатации. Получение информации о состоянии объекта регулирования и передача команд управления выполняются с помощью устройств телемеханики.

Полная автоматизация, когда весь процесс водораспределения осуществляется в оптимальном режиме автоматически, без непосредственного участия человека или диспетчера и его аппарата выполняют вычислительные и управляющие машины. Конечная цель автоматизации любого технологического процесса – это достижение высшей ступени, то есть полной автоматизации, в практических условиях автоматизация внедряется поэтапно.

Водоучет на открытой оросительной сети. Методы учета воды. Расход и сток воды можно измерять прямыми и косвенными методами. Прямые методы измерения (объемный и весовой) применяют при контрольном замере небольших расходов, тарифовке точных водомерных и водоучитывающих приборов. Косвенные методы могут быть разделены на следующие группы:

1. методы учета, использующие принципы определения расхода воды по элементам сечения русла водотока и скорости потока (русловой метод);
2. методы, основанные на законах гидравлики – истечение воды через отверстие или порог сооружения (гидравлический метод);
3. методы непосредственного измерения полного расхода воды в сечении потока (электромагнитный, ультразвуковой и т. д.).

Применяемые водомерные устройства на открытой оросительной системе можно разделить на устройства для измерения транзитных расходов и сооружения для измерения расходов в узлах вододеления. К первой группе относятся водосливы с тонкой стенкой и водомерные пороги. Ко второй группе можно отнести водомерные насадки, водомерные приставки, сопротивления в трубах: кольца, диафрагма, сужения. Водомерные насадки и приставки служат для измерения воды в каналах; сужения и диафрагмы применяются как на каналах, так и в закрытых оросительных трубопроводах.

Водоучет на закрытой оросительной системе. Основным условием рационального использования водных ресурсов на оросительных системах является обеспечение точного и достоверного учета подачи, потребления и сброса воды на мелиоративных системах.

Для измерения расхода воды в закрытых трубопроводах применяются расходомеры, основанные на измерении переменного перепада давления в трубопроводах, а также счетчики водопроводного типа. Трубопроводы диаметром более 1000 мм – на них устанавливают расходомер ультразвуковой многоканальный, позволяющий автоматизировать регулирование подачи воды и телеизмерение расхода. Трубопроводы диаметром от 400 до 1000 мм – применяют в основном ультразвуковые одноканальные расходомеры, или электромагнитный расходомер местной скорости.

Принцип работы ультразвуковых расходомеров – измеряют разность частот следования импульсов ультразвуковых колебаний, направленных по потоку и против него. Он состоит из двух пьезоэлектрических датчиков, монтируемых на трубопроводе; электронного блока с индикатором расхода и счетчиком, устанавливаемым в помещении, кабеля для подключения датчиков к электронному блоку.

Электромагнитные расходомеры – принцип их действия в том, что в электропроводной жидкости, расход которой должен быть измерен с помощью электромагнита, создается магнитное поле. При протекании жидкость пересекает силовые линии поля и в ней, как в движущемся проводнике, возникает электродвижущая сила, пропорциональная расходу жидкости. Индуцируемая электродвижущая сила снимается электродами и по сигнальным проводам передается в электронный блок.

Технология водоизмерений с использованием специализированных контрольно-измерительных комплексов. Одними из обязательных условий применения измерительных комплексов должны быть:

- стабильность работы в условиях нестабильного энергоснабжения;
- наличие стандартных выходных сигналов для передачи информации через телекоммуникационные системы;
- блочное построение для безопасного демонтажа оборудования на зимнее хранение.

Современное положение на рынке измерительных приборов и оборудования позволяет обеспечить закупку любых видов и типов измерительных приборов и оборудования с целью применения их на напорных трубопроводах оросительных систем. Оснащение мелиоративных систем измерительными приборами должно проходить в несколько этапов.

На первом этапе все пункты водоучета должны оснащаться неконтактными расходомерами – счетчиками для обеспечения учетных операций. Пункты и контрольные точки водоизмерения должны быть оснащены простейшими аттестованными средствами измерений технологических параметров.

На втором этапе пункты водоучета и водоизмерения должны быть оснащены автоматизированными уровнемерами с неконтактными датчиками уровня для обеспечения текущего контроля состояния водопроводящей среды. Пункты водоизмерения по необходимости дополняются неконтактными расходомерами для обеспечения регулирования водораспределения.

На третьем этапе средства контроля и измерения объединяются в автоматизированную систему водоизмерения, необходимым компонентом которой является телекоммуникационное оборудование с соответствующим техническим и программным обеспечением.

Информационное обеспечение управления технологическими процессами водопользования на оросительных системах. Для обеспечения водозабора, транспорта воды и водораспределения используются многочисленные комплексы гидротехнических сооружений различного функционального назначения. При создании системного водоучета и водоизмерения существенное значение имеет оценка их влияния на работу специализированных измерительных устройств или возможностей использования в качестве водомерных сооружений.

Процессы управления водозабором и водораспределением предполагают непрерывный обмен информацией между объектами оросительной системы и центральным диспетчерским пунктом. Поток информации, передаваемый на центральный диспетчерский пункт, характеризует текущее состояние объектов, обратный поток информации содержит команды управления технологическими процессами на объектах оросительной системы.

Таким образом, имеет место неразрывная функциональная, техническая и организационная взаимосвязь систем управления и информационного обеспечения водопользования.

В современных системах управления водопользованием апробировано разделение системы информационного обеспечения на следующие подсистемы:

- подсистема оперативного контроля, управления, краткосрочного прогнозирования и принятия решений;
- подсистема долгосрочного и текущего учета, анализа, отчетности (учет и отчетность);
- подсистема долгосрочного планирования и прогнозирования.

Для реализаций функций информационного обеспечения, возложенных на каждую подсистему, определены унифицированные комплексы основных задач. Решение этих задач производится в комплексе всей системой информационного обеспечения. В таблице 1 приведен сводный перечень задач информационного обеспечения водопользования.

Таблица 1 – Сводный перечень основных задач информационного обеспечения водопользованием*

Наименование модуля	Наименование задач
Модуль 1 – Водозабор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прием лимитов водозабора от вышестоящих или смежных подсистем (уровней) управления. 2. Обнаружение, оперативное отображение и сигнализация отклонений технологических параметров. 3. Измерение технологических параметров, их оперативное отображение и регистрация. 4. Формирование и осуществление регулирующих воздействий.
Модуль 2 – Водоочистка	<ol style="list-style-type: none"> 1. Контроль уровня отложения наносов. 2. Контроль предельного скопления плавника. 3. Контроль предельного скопления шуги. 4. Контроль температуры воды и воздуха, скорости течения воды.
Модуль 3 – Водоподача	<ol style="list-style-type: none"> 1. Измерение и сигнализация изменений уровней воды в контрольных створах водораспределительной сети. 2. Измерение и регистрация потерь воды на фильтрацию и испарение. 3. Обнаружение и сигнализация предаварийных и аварийных ситуаций. 4. Измерение и сигнализация изменений давлений в контрольных точках напорной водораспределительной сети. 5. Измерение расходов воды в контрольных створах. 6. Контроль и сигнализация предельных отклонений уровней воды от заданных значений в начальном и конечном створах сооружений. 7. Измерение и сигнализация уровней (давления) воды в воднобалансовых створах. 8. Подготовка и передача информации в смежные подсистемы или уровни управления, регистрация ее для учета и отчетности.
Модуль 4 – Регулирование стока	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прием информации о гидрологической обстановке на водоисточниках. 2. Измерение технологических параметров, их оперативное отображение и регистрация. 3. Сбор исходной информации об изменениях технологических параметров на объектах. 4. Формирование и осуществление регулирующих воздействий.
Модуль 5 – Вододеление	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение от вышестоящих или смежных подсистем (уровней) лимитов (заданий, установок) на водовыдел. 2. Формирование и осуществление регулирующих воздействий. 3. Контроль технологических параметров подсистемы, их оперативное отображение и регистрация. 4. Контроль состояния гидроузлов.

*Источник: Бочкарев В.Я., 2012

Анализ приведённого комплекса задач позволяет провести типизацию функциональных модулей системы информационного обеспечения с целью структурирования технологических и информационных задач. Предлагаются следующие типы модулей:

Модуль I. Блок формирования и преобразования базы данных о плановых (задаваемых) параметрах работы объектов или его фрагментов.

Модуль II. Блок формирования и осуществления регулирующих воздействий.

Модуль III. Блок измерения и контроля технологических параметров, их оперативного отображения и регистрации.

Модуль IV. Блок контроля и сигнализации предельных отклонений технологических параметров от допустимых значений.

Модуль V. Блок подготовки и передачи информации в смежные подсистемы.

При формализации решаемых модулей информационные задачи и типовые операции контроля и управления на объектах оросительной системы, можно определить перечень информационных задач, решаемых фрагментами системы информационного обеспечения на конкретных объектах оросительной системы (таблица 2).

Таблица 2 – Сводный перечень информационных задач, решаемых функциональными модулями I-IV*

Наименование технологических модулей	Наименование задач					
	регулирование аналоговое или дискретное многопозиционное	непосредственное измерение	косвенное измерение (через какой-либо другой параметр, или через несколько параметров)	сигнализация	управление (дискретное, двухпозиционное «включено», «отключено»)	регулирование (допускается поочередное включения и отключения привода агрегатов и установок)
Модуль I						
1. Водозабор	+	-	+	-	+	-
2. Водоочистка	+	-	-	-	+	+
3. Водоподача	+	-	+	-	+	+
4. Регулирование стока	+	-	+	-	+	+
5. Вододеление и водовыдел	+	-	+	-	+	+
Модуль II						
1. Водозабор	-	+	-	+	-	-
2. Водоочистка	-	+	-	+	-	-
3. Водоподача	-	+	-	+	-	-
4. Регулирование стока	-	-	-	+	-	-
5. Вододеление и водовыдел	-	+	-	+	-	-
Модуль III						
1. Водозабор	-	+	+	-	-	-
2. Водоочистка	-	+	+	-	+	-
3. Водоподача	+	+	+	-	+	+
4. Регулирование стока	-	+	+	-	+	-
5. Вододеление и водовыдел	+	+	+	-	+	+
Модуль IV						
1. Водозабор	-	+	-	+	-	-
2. Водоочистка	-	+	-	+	-	-
3. Водоподача	-	+	-	+	-	-
4. Регулирование стока	-	-	-	+	-	-
5. Вододеление и водовыдел	-	+	-	+	-	-

В зависимости от условий эксплуатации объектов оросительной системы, и применяемых комплексов технических средств, информационные задачи по модулям могут конкретизироваться и уточняться. Для решения общесистемных задач подсистемы обрабатываются массивы данных, поступающих с объектов оросительной системы и иных источников. Информационной базой во всех случаях служат оперативные данные замеров технологических параметров, результаты промежуточных расчетов режимов работы и дополнительная информация о гидрометеорологических параметрах.

Такой подход к решению задач оперативного контроля и управления требует создания технологической подсистемы сбора, обработки и передачи информации о контролируемых параметрах. При этом структура подсистемы должна быть многоуровневой и включать информационные модули, размещенные во всех объектах оросительной системы. Анализ показывает наличие трех взаимосвязанных блоков:

- блок прогнозирования (расчёта) решений по управлению водораспределением;
- блок расчета режимов работы объектов оросительной системы;
- блок контроля состояния объектов оросительной системы.

Перечень задач оперативного контроля и управления водопользованием приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень задач оперативного контроля и управления водопользованием*

Наименование задач	Исходная информация для решения задачи
<i>Краткосрочное прогнозирование поступления воды</i>	
Расчет прогнозируемых величин среднесуточных расходов в поверхностных водоемностях	Информация Гидрометслужбы о среднедекадных расходах воды в водоемностях, прогноз внутридекадных изменений метеорологических условий
Расчет запасов воды в аккумулирующих емкостях (бассейн суточного регулирования, в бьефах канала)	Информация о текущих замерах технологических параметров водохранилищ, бассейнов декадного регулирования, бассейнов суточного регулирования, подпорных бьефов каналов
Расчет прогнозируемых величин поступления возвратных вод	Замеры уровней воды в наблюдательных скважинах и расходов воды на балансовых гидрологических постах
Расчет прогнозируемых величин инфильтрации в канале	Замеры уровней воды в наблюдательных скважинах и расходов воды на балансовых гидрологических постах
Расчет прогнозируемых величин поступления сбросных вод	Информация о площади и количестве выпавших осадков и др.
Расчет прогнозируемых запасов подземных вод и их использование на орошение	Информация об уровне стояния грунтовых (подземных) вод
<i>Краткосрочное прогнозирование потребления воды</i>	
Прогноз изменений потребностей в воде по отдельным водопотребителям	Краткосрочный синоптический прогноз и информация о запасах воды и предполагаемых сроках полива
Расчет корректировочных изменений водораспределения по заявкам водопотребителей	Внутридекадные заявки водопотребителей на изменение водоподдачи
Расчет оперативных ограничений на водопотребление (водоподачу)	Информация об имеющихся приоритетах, технологических, технических и директивных ограничениях
<i>Водобалансовые расчеты по оптимизации оперативных планов водопользования</i>	
Расчет оперативных планов водораспределения	Результаты решения задач краткосрочного прогноза поступления и потребления воды
Расчеты командных горизонтов воды	Гидравлические характеристики каналов и сооружений
Расчеты по режимам промывки наносов, плавника, шуги	Информация о предельном состоянии каналов, плавника, шуги
Расчеты оперативных планов водораспределения с учетом неустановившихся (переходящих) режимов	Время подхода волн перемещений расходов воды по участкам каналов между водорегулирующими сооружениями
Расчет переходных процессов в каналах	Величина попуска расхода воды, гидравлические характеристики каналов

*Источник: Бочкарев В.Я., 2012

Продолжение таблицы 3

Наименование задач	Исходная информация для решения задачи
<i>Расчет графиков оперативного управления водораспределением</i>	
Расчет оптимизации режима работы гидроузлов	Технические и режимные характеристики
Расчеты по оптимизации режимов работы линейных сооружений	Технические и режимные характеристики и ограничения
Реализация управляющих воздействий	Диспетчерские графики управления водораспределением
<i>Оперативный контроль и регистрация управляющих воздействий</i>	
Прием, обработка и отображение технологической информации	Замеры технологических параметров циклически или по вызову
Расчет величин отклонений технологических параметров	Результаты решения предыдущей задачи
Расчеты по компенсации отклонений за счет внутренних резервов гидроучастка	Замеры технологических параметров, лимиты на водоподачу, ограничения на входе и выходе гидроучастка
Регистрация управляющих воздействий и хода технологического процесса	Результаты контроля и действий диспетчера (управлений)
<i>Ситуационный анализ</i>	
Контроль и анализ состояния гидромеханического и гидрометрического оборудования	Результаты контроля технологических параметров и предупредительная сигнализация
Прогнозирование аварийных ситуаций	Статистические данные о скорости нарастания паводков, приращениях уровней воды в бьефах каналов и сооружений, информация о состоянии линий связи и электроснабжения
Анализ причин возникновения аварийных ситуаций	Результаты регистраций управляющих воздействий в предаварийные, аварийные и послеаварийные периоды

В таблице 4 приведены задачи по учету водораспределения и отчетности, которые в той или иной мере решаются при эксплуатации оросительной системы.

Таблица 4 – Перечень задач по учету водораспределения и отчетности*

Наименование задач	Исходная информация для решения задачи
<i>Расчет и учет среднедекадных показателей водораспределения</i>	
Расчет и учет расходов и объемов водозабора из рек, водохранилищ	Ежесуточные замеры расходов воды в точках водозабора
Учет запасов воды в водохранилищах и бассейнах регулирования	Оперативные ежесуточные замеры уровней воды в водохранилищах
Расчет и учет расходов и объемов водоподачи по точкам выдела потребителям	Ежесуточные замеры расходов воды в точках ее выдела потребителям
Расчет и учет расходов и объемов водоподачи по магистральным каналам	Ежесуточные замеры расходов воды на балансовых гидростаях
Расчет и учет объемов непроизводительной водоподачи (сбросы воды из межхозяйственной сети)	Ежесуточные замеры расходов воды в точках ее сброса из межхозяйственной и внутрихозяйственной сети
Расчет и учет объемов фильтрации и испарения из водораспределительной сети	Фильтрационные свойства грунтов, уровни (расходы) воды на гидроучастках, температура воды и воздуха и т.д.
Расчет и учет равномерности водоподачи по водорегулирующим сооружениям	Оперативные замеры расходов воды по гидросооружениям в течение суток
Расчет и учет фактической обеспеченности водопотребителей водой	Плановые значения водоподачи, фактическая водоподача за сутки по точкам водозабора и выдела воды
<i>Учет не основной и непроизводительной водоподачи</i>	
Учет технологически попусков	Результаты оперативного контроля объемов воды на технологические попуски
Учет водоподачи на промывку наносов, шуги	Результаты оперативного контроля сроков и объемов водоподачи на промывку
Учет водоподачи на промывку засоленных земель	Результаты оперативного контроля сроков и объемов водоподачи на промывку засоленных земель

Для решения вышеуказанных информационных задач требуется гидрометрическая сеть из пунктов водоучета, обеспечивающая требуемую точность и достоверность определения и учета расходов воды и объема стока. Дополнением к гидрометрической сети является комплекс средств измерения гидрогеологических, метеорологических и энергетических параметров.

Рассмотренный перечень задач может корректироваться в зависимости от типа оросительной системы и потребностей службы эксплуатации. При этом прослеживается необходимость дополнения методами прямого инструментального измерения (контроля) технологических параметров, аналитическими методами, которые целесообразно реализовать в виде пакета прикладных программ для ПЭВМ по решению информационных задач.

Комплекс водоучета и водоизмерения как подсистема управления процессами водопользования. Формирование и структурирование различных способов информационного обеспечения водопользования, включающих водоучет и водоизмерение, началось с создания достаточно крупных оросительных систем. Первые системы управления технологическими процессами, по существу, были системами сбора и обработки информации, назначение которых заключалось в накоплении и визуальном представлении данных, представляющих интерес для водопотребителей и служб эксплуатации оросительной системы. Впоследствии системы обработки информации были объединены с другими системами автоматизации технологических процессов, получившими воплощение в экспериментальных вариантах автоматизированных систем управления технологическими процессами на оросительной системе (АСУТП ОС). Компонентом АСУТП ОС являлась подсистема сбора и обработки данных, функционально система сбора и обработки информации может характеризоваться структурной моделью водоучета А. В. Филончикова (рисунок 1).

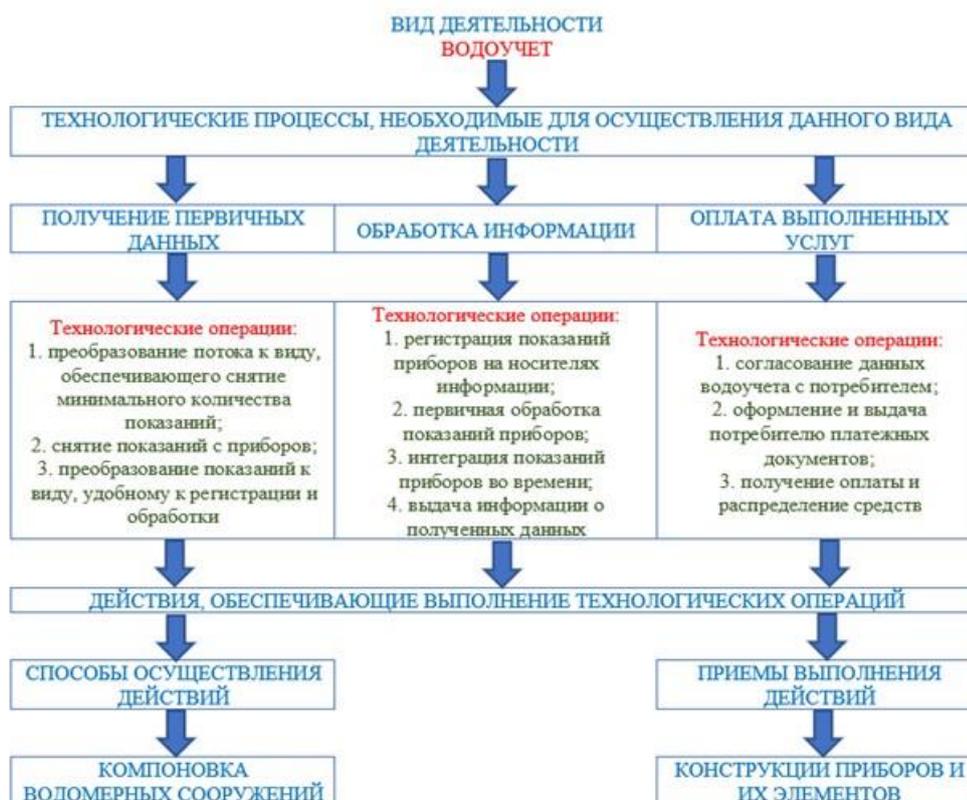


Рисунок 1 – Структурная модель водоучета на оросительных системах*

*Источник: Бочкарев В.Я., 2012

В последнее время геоинформационные системы позволяют отображать пространственные данные о географических объектах и непространственные признаки этих объектов, что логично вписывается в функциональную структуру системы сбора и обработки информации. Структурная схема дерева целей, достигаемых комплексом «водоучет – водоизмерение» в составе системы информационного обеспечения водопользования представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная схема дерева целей, достигаемых комплексом «водоучет – водоизмерение» в составе системы информационного обеспечения водопользованием*

Техническая реализация структурной схемы дерева целей предполагает типизацию измеряемых и контролируемых параметров на оросительной системе на основе принятых технологических модулей (таблица 5.)

Таблица 5 – Состав измеряемых и контролируемых параметров на объектах оросительной системы*

Наименование технологического модуля	Изменяемые параметры						
	Напор (глубина) водотока, м	Расход воды в водотоке, м ³ /с	Объем воды (сток) в водотоке, м ³	Скорость воды в водотоке, м/с	Время измерения (интеграции), с	Положение затвора (линейный параметр), м	Минерализация воды, мг/л
ТМ – регулирование стока	+	-	-	-	+	+	-
ТМ – водозабор	+	-	-	+	+	+	-
ТМ – водоочистка	+	-	-	-	-	+	+
ТМ – водоподача	+	-	-	+	+	+	-
ТМ – вододеление	+	-	-	+	-	+	-

Примечание: (+) – параметр измеряется; (-) – параметр не измеряется

*Источник: Бочкарев В.Я., 2012

При осуществлении сбора и обработки информации используются прямые (непосредственные) замеры параметров с последующей выработкой всех расчетных (косвенных) показателей, необходимых для контроля и анализа режимов (таблица 6).

Таблица 6 – Показатели, необходимые для контроля и анализа режимов работы объектов оросительной системы*

Объект контроля	Вид измерения (контроля)	Вид параметра	Единицы измерения	Вид выходной информации
Водозабор	Уровень	Линейно-угловой	м	Параметр
	Скорость	Гидравлический	м/с	Параметр
	Расход воды	Гидравлический	м ³ /с	Расчет
	Открытие затвора	Линейно-угловой	м	Параметр
Транзитный канал (водовод)	Уровень	Линейно-угловой	м	Параметр
	Скорость	Гидравлический	м/с	Параметр
	Расход воды	Гидравлический	м ³ /с	Расчет
Подпорно-регулирующее сооружение	Уровень	Линейно-угловой	м	Параметр
	Расход воды	Гидравлический	м ³ /с	Расчет
	Открытие затвора	Линейно-угловой	м	Параметр
Водовыпуск	Уровень	Линейно-угловой	м	Параметр
	Расход воды	Гидравлический	м ³ /с	Расчет
	Объем стока	Гидравлический	м ³	Расчет
	Открытие затвора	Линейно-угловой	м	Параметр
Аккумулирующая емкость (водохранилище, бассейны суточного регулирования)	Уровень	Линейно-угловой	м	Параметр
	Объем стока	Гидравлический	м ³	Расчет
	Открытие затвора	Линейно-угловой	м	Параметр

Проведенный системный анализ позволяет сделать следующие выводы:

– наиболее совершенным и перспективным способом информационного обеспечения водопользования являются геоинформационные системы. Возможности ГИС позволяют обеспечить эффективную эксплуатацию целой группой оросительных систем, расположенных в пределах региона или зоны земледелия;

– на относительно небольших оросительных системах и отдельных водохозяйственных объектах могут использоваться управляющие информационные системы или системы поддержки принятия решений, унифицированные с ГИС;

– при проектировании новых или реконструкции существующих объектов оросительной системы следует предусматривать технические решения с учетом перспективной автоматизации управления и соответственно процессов информационного обеспечения водопользования;

– ключевым звеном системы информационного обеспечения является подсистема водоучета и водоизмерения. Это сложная в техническом отношении и наиболее дорогостоящая подсистема имеет решающее значение в обеспечении экономии водных и энергетических ресурсов при реализации процессов водопользования на оросительной системе;

– при выборе структуры подсистемы водоучета и водоизмерения необходимо учитывать техническую, информационную, метрологическую совместимость с другими компонентами и подсистемами системы информационного обеспечения;

– эксплуатация пунктов водоучета всех видов основана на локальном измерении параметров водных потоков с использованием инструментальных или визуальных методов наблюдения. Передача данных измерений на расстояние должна обеспечиваться телемеханическими линиями связи и блоками обработки информации.

*Источник: Бочкарев В.Я., 2012

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Юченко Л.В., Кореновский А.М. Анализ возможности применения ультразвуковых расходомеров на оросительной сети // Актуальные направления развития мелиоративного комплекса: Сборник научных трудов. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2021. С. 124–138.

2. Чураев А. А., Юченко Л.В. К вопросу об использовании гидрометрического сооружения типа «фиксированное русло» в качестве средства измерения в открытом канале // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Материалы конференции, 2022. №2(86). С. 74–83.

3. Вайнберг М.В. Приборное обеспечение водоучета для напорных трубопроводов оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Материалы конференции, 2018. №2(70). С. 50–56.

4. Бочкарев В. Я. Новые технологии и средства измерений, методы организации водоучета на оросительных системах / Новочеркасск, 2012. – 227 с.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Для магистрантов предоставлена ссылка на тест для закрепления материала лекции «Технологии и технические средства учета воды» <https://onlinetestpad.com/teq566wgd2r2o> (10 вопросов, 10 минут, 100 баллов).

1. Основные задачи «Модуль 1 – Водозабор»

Прием лимитов водозабора от вышестоящих или смежных подсистем (уровней) управления
Контроль уровня отложения наносов
Обнаружение и сигнализация предаварийных и аварийных ситуаций
Измерение технологических параметров, их оперативное отображение и регистрация
Контроль состояния гидроузлов

2. Основные задачи «Модуль 5 – Вододеление»

Получение от вышестоящих или смежных подсистем (уровней) лимитов (заданий, установок) на водовыдел
Измерение расходов воды в контрольных створах
Сбор исходной информации об изменениях технологических параметров на объектах
Контроль температуры воды и воздуха, скорости течения воды
Измерение технологических параметров, их оперативное отображение и регистрация

3. Показатели, необходимые для контроля и анализа режимов работы объектов оросительной системы – объект контроля «Водозабор»

Уровень – скорость – расход воды – открытие затвора
Уровень – скорость – расход воды
Уровень – скорость – объем воды – открытие затвора
Уровень – скорость
Расход воды – открытие затвора

4. Показатели, необходимые для контроля и анализа режимов работы объектов оросительной системы – объект контроля «Водовыпуск»

Уровень – расход воды – объем стока – открытие затвора
Уровень – скорость – расход воды – открытие затвора
Уровень – скорость – расход воды
Уровень – скорость – объем воды – открытие затвора
Уровень – скорость

5. Показатели, необходимые для контроля и анализа режимов работы объектов оросительной системы – объект контроля «Транзитный канал»

Уровень – скорость – расход воды
Уровень – расход воды – объем стока – открытие затвора
Уровень – скорость – расход воды – открытие затвора
Уровень – скорость – объем воды – открытие затвора
Уровень – скорость

6. Оснащение мелиоративных систем измерительными приборами должно проходить в несколько этапов, что подразумевает первый этап

- Пункты и контрольные точки водоизмерения должны быть оснащены простейшими аттестованными средствами измерений технологических параметров
- Пункты водоучета и водоизмерения должны быть оснащены автоматизированными уровнемерами с неконтактными датчиками уровня для обеспечения текущего контроля состояния водопроводящей среды
- Средства контроля и измерения объединяются в автоматизированную систему водоизмерения

7. Оснащение мелиоративных систем измерительными приборами должно проходить в несколько этапов, что подразумевает второй этап

- Пункты водоучета и водоизмерения должны быть оснащены автоматизированными уровнемерами с неконтактными датчиками уровня для обеспечения текущего контроля состояния водопроводящей среды
- Пункты и контрольные точки водоизмерения должны быть оснащены простейшими аттестованными средствами измерений технологических параметров
- Средства контроля и измерения объединяются в автоматизированную систему водоизмерения

8. Оснащение мелиоративных систем измерительными приборами должно проходить в несколько этапов, что подразумевает третий этап

- Средства контроля и измерения объединяются в автоматизированную систему водоизмерения
- Пункты и контрольные точки водоизмерения должны быть оснащены простейшими аттестованными средствами измерений технологических параметров
- Пункты водоучета и водоизмерения должны быть оснащены автоматизированными уровнемерами с неконтактными датчиками уровня для обеспечения текущего контроля состояния водопроводящей среды

9. Какое количество модулей необходимо для системы информационного обеспечения с целью структурирования технологических и информационных задач?

- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

10. Водомерные посты подразделяются на:

- Посты учета водных запасов, посты балансового учета, посты оперативного водоучета, посты учета выдела воды потребителям, посты для учета распределения и контроля использования воды
- Посты балансового учета, посты оперативного водоучета, посты учета выдела воды потребителям, посты для учета распределения и контроля использования воды
- Посты учета водных запасов, посты учета выдела воды потребителям, посты для учета распределения и контроля использования воды
- Посты оперативного водоучета, посты учета выдела воды потребителям, посты для учета распределения и контроля использования воды
- Посты для учета распределения и контроля использования воды

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Список тем для эссе:

- 1. Современные технологии осуществления операций по учету и контролю использования водных ресурсов.*
- 2. Существующие способы и методы организации водоучета на оросительных системах.*
- 3. Оросительные системы как объекты применения информационных технологий измерения и контроля параметров водного потока.*
- 4. Современные технические средства измерения технологических параметров на оросительных системах.*
- 5. Методы и средства измерения гидравлических параметров.*

Эссе – это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Различают два варианта написания эссе: эссе исследовательского характера; эссе аналитического характера. Цель выполнения данного задания состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Написание эссе позволяет магистрантам научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы, овладеть научным стилем речи.

Цель эссе – сформулировать точку зрения и сформировать непротиворечивую систему аргументов, обосновывающих предпочтительность позиции, выбранной автором.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.

Эссе включает в себя следующие элементы:

1. Введение. В нем формулируется тема, обосновывается ее актуальность, раскрывается расхождение мнений, обосновывается структура рассмотрения темы, осуществляется переход к основному суждению. На этом этапе очень важно правильно сформулировать вопрос, на который необходимо найти ответ в ходе исследования.

2. Основная часть. Теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса. Включает в себя:

- формулировку суждений и аргументов, которые выдвигает автор, обычно, два-три аргумента;
- доказательства, факты и примеры в поддержку авторской позиции;
- анализ контраргументов и противоположных суждений (с демонстрацией их слабых сторон). Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также их обоснование, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу.

Важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

3. Заключение. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл, и значение изложенного в основной части. Здесь повторяется основное суждение, резюмируются аргументы в защиту основного суждения, дается общее заключение о

полезности данного утверждения. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

Оформление материалов эссе. Эссе представляется преподавателю в электронном виде. Объем до 10 тыс. знаков текста в редакторе Word. Шрифт: Times New Roman, кегль – 12, интервал – полуторный. Левое поле - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее и нижнее - 20 мм.

Критерии оценки материалов эссе. При оценивании материалов необходимо учитывать следующие элементы:

1. Представление собственной точки зрения (позиции, отношения) при раскрытии проблемы.

2. Раскрытие проблемы на теоретическом уровне (в связях и с обоснованиями) или на бытовом уровне, с корректным использованием или без использования научных понятий в контексте ответа на вопрос эссе.

3. Аргументация своей позиции с опорой на факты социально-экономической действительности или собственный опыт.

Таблица 1 – Уровни соответствия материалов эссе выдвигаемым критериям и их балльная оценка (составлено автором)

Уровни соответствия материалов эссе выдвигаемым критериям	Примерные баллы
Представлена собственная точка зрения (позиция, отношение) при раскрытии проблемы. Проблема раскрыта на теоретическом уровне, в связях и обоснованиях, с корректным использованием научных терминов и понятий в контексте ответа. Дана аргументация своего мнения с опорой на факты действительности	100-90
Представлена собственная точка зрения (позиция, отношение) при раскрытии проблемы. Проблема раскрыта с корректным использованием научных терминов и понятий в контексте ответа, но теоретические связи и обоснования не присутствуют или явно не прослеживаются.	89-70
Представлена собственная точка зрения (позиция, отношение) при раскрытии проблемы. Проблема раскрыта при формальном использовании научных терминов.	69-50
Представлена собственная позиция при раскрытии проблемы. Проблема обозначена на бытовом уровне. Аргументация неубедительная или отсутствует. Не ясно выражена собственная позиция. Проблема не раскрыта, или сформулировано мнение без аргументов.	

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОГО ПОТОКА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОУЧЕТА И ВОДОИЗМЕРЕНИЯ

Цель практического занятия – для организации эффективной системы водоучета и водоизмерения необходимо предложить рекомендуемое приборное обеспечение для измерения параметров водного потока.

РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Средства измерения уровня (перепада уровней) в открытых водотоках.
2. Средства измерения скорости течения воды.
3. Средства измерения расхода воды в напорных трубопроводах и открытых каналах.

Форма выполнения практического занятия – подготовка и защита презентации.

Этапы работы:

1. Провести патентный поиск рекомендуемых средств измерения параметров водного потока для организации водоучета и водоизмерения (примеры приведены в таблицах 1–4), необходимо не менее 5 наименований рекомендуемых средств измерений параметров водного потока.

2. Описать технические характеристики рекомендуемых средств измерения параметров водного потока.

3. Выполненное практическое занятие предоставить в виде презентации.

Таблица 1 – Средства измерения и контроля уровня воды (составлено автором)

Тип устройства (страна изготовитель)	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Выходная информация	Электропитание
<i>Дискретный контроль уровня</i>				
Рейка водомерная переносная ГР-104 (Россия)	0-1.0 м	±0.002	Визуальная	-
...				
...				
<i>Непрерывный контроль уровня</i>				
Ленточный поплавковый самописец R-20 (Germany)	0-10.0 м	±0.01 м	Регистрация на ленте самописца	-
...				
...				
<i>Измерение уровня</i>				
Пузырьковый уровнемер «Orphimedes» (Germany)	0-13.0 м	±0.01 м	Цифровая информация	Постоянное напряжение 6 В
...				
...				

Таблица 2 – Средства измерения скорости течения воды (составлено автором)

Тип устройства (страна изготовитель)	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Выходная информация	Электропитание
<i>Гидрометрические вертушки</i>				
Гидрометрическая вертушка ГР-99 (Россия)	0.05–5.0 м/с	±2-5 %	Визуальная	Постоянное 30 В
...				
...				
<i>Электромагнитные измерители скорости</i>				
Измеритель течения OMEGA FMG-50 (USA)	0.7-10.0 м/с	±2 %	Аналоговый сигнал 4-20 мА	Постоянное 24 В
...				
...				
<i>Прочие типы измерителей скорости</i>				
Измеритель	0.01-3.0 м/с	±1.5 %	Визуальная	Переменное 220 В,

скорости акустический АИР-А(К) (Россия)				50 Гц
...				
...				

Таблица 3 – Средства измерения расхода воды в напорных трубопроводах и открытых каналах (составлено автором)

Тип устройства (страна изготовитель)	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Выходная информация	Электропитание
<i>Трубопроводы</i>				
Ультразвуковой расходомер УЗРВ- ВМ (Россия)	0.00063–31.5 м ³ /с при D _y =50-2400 мм	±1.5 %	Аналоговый сигнал 4–20 мА	Переменное напряжение 220 В, 50 Гц
...				
...				
<i>Открытые русла</i>				
Расходомер – счетчик ультразвуковой ВЗЛЕТ РСЛ (Россия)	0-0.2 м ³ /с при уровне воды 0- 4000 мм	±3-5 %	Аналоговый сигнал 0-5; 0-20; 4- 20 мА	Постоянное напряжение 24 В
...				
...				

Таблица 4 – Средства измерения линейно-угловых параметров технологического оборудования оросительных систем (составлено автором)

Тип устройства (страна изготовитель)	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Выходная информация	Электропитание
Измеритель положения затвора ИПЗ-2 (Россия)	0-1.0 м	±0.01 м	Визуальная. Аналоговый сигнал 0-5 мА	Постоянное 36 в
...				
...				

Данный модуль подготовлен при поддержке Регионального проекта USAID по водным ресурсам и окружающей среде [Facebook.com/CentralAsiaForWaterAndEnvironment](https://www.facebook.com/CentralAsiaForWaterAndEnvironment)

Данная публикация стала возможной благодаря помощи американского народа, оказанной через Агентство США по международному развитию (USAID). Tetra Tech несет ответственность за содержание публикации, которое не обязательно отражает точку зрения Правительства США