

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев Максим Геннадьевич

Должность: Профессор по образовательной деятельности

Дата подписания: 27.06.2023 10:38:56

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Факультет электроэнергетики и технического сервиса

Кафедра природообустройства и водопользования

УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ,
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

магистрам 1 курса

Направление подготовки 20.04.02 – «Природообустройство и
водопользование»

Балашиха 2019

Составитель: к.ф.н. доцент Хисматуллина Ю.Р.

УДК: 502.6 (076.5)

Управление природно-техногенными комплексами: Методические указания по изучению дисциплины и задания для контрольной работы, и практических занятий / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т; Сост. к.ф.н., доцент Хисматуллина Ю.Р. – М.: 2019с.

Предназначены для студентов 1 курса направления подготовки магистров:
20.04.02 – «Природообустройство и водопользование»

Утверждены методической комиссией факультета ЭиТС ФГБОУ ВО РГАЗУ
20.05.2019, протокол №12.

Рецензенты: д.т.н., профессор Славкин В.И. (ФГБОУ ВО РГАЗУ),
д.т.н., профессор Махмутов М.М. (ФГБОУ ВО РГАЗУ).

Раздел 1. Общие методические указания по изучению дисциплины

Дисциплина «Управление природно-техногенными комплексами» относится к базовой части. Методические указания по данной дисциплине составлены в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС 3+) третьего поколения по направлению 20.04.02 – «Природообустройство и водопользование», утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 марта 2015 г., № 296.

1.1 Цели и задачи дисциплины

В учебном курсе рассмотрены следующие вопросы: задачи и проблемы управления природно-техногенными комплексами и системами; основные принципы и подходы системного анализа для построения оптимизационных моделей ситуаций принятия решений по формированию структуры природно-техногенных комплексов в условиях неопределенности, исследования моделей и определения оптимального плана при управлении природно-техногенными комплексами, методы достижения компромисса при многокритериальном управлении природно-техногенными системами, методы получения экспертных оценок и организации неформальных процедур.

Цель дисциплины - дать будущим специалистам знания методов принятия решений при многокритериальном управлении природно-техногенными комплексами.

В *задачи* дисциплины входит ознакомление студентов с:

- понятием природно-техногенного комплекса природообустройства, его структурой, видами и особенностями;
- особенностями функционирования природно-техногенных комплексов на примере мелиорации земель различного назначения;
- понятием сущности и цели мелиорации земель, представлением о методах, способах и приёмах мелиорации; принципами эколого-экономического основания мелиорации;
- методами природоохранного обустройства территорий, охраны природной среды и ландшафтов городов и пригородов;
- методами защиты территории от затопления и подтопления, борьбы с оврагообразованием и размывом оврагов; восстановлением участков территории, нарушенных в результате хозяйственной деятельности, защиты берегов водоёмов от размывов;

В результате освоения курса студент *должен*:

- *обладать компетенциями:*

Выпускник должен обладать следующими общекультурными компетенциями (ОК):

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовностью действовать в нестандартных ситуациях, проявлять инициативу, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения, в том числе в ситуациях риска (ОК-2);

- готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала, способность совершенствоваться и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень (ОК-3);
- способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения, обучаться новым методам исследования и использовать их в практической деятельности, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-4);
- способностью к поддержанию конструктивного взаимодействия в процессе межличностного и делового общения, свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения (ОК-6);
- способностью анализировать и адекватно оценивать собственную и чужую деятельность, разбираться в социальных проблемах, связанных с профессией (ОК-7).

Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):

проектно-изыскательская деятельность:

- способностью определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов (ПК-1);
- способностью обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам (ПК-3);

производственно-управленческая деятельность:

- способностью принять профессиональные решения на основе знания технологических процессов природообустройства и водопользования при строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования (ПК-4);
- способностью использовать знания водного и земельного законодательства и правил охраны водных и земельных ресурсов для проверки их соблюдения при водопользовании, землепользовании и обустройстве природной среды (ПК-5);
- способностью разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов (ПК-7);
- способностью проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования (ПК-9).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: виды, особенности и структуру природно-техногенных комплексов, их отличия от природных геосистем; принципы рационального природообустройства и особенности функционирования природно-техногенных комплексов, экологическую политику в области природообустройства; нормативно-правовую базу природообустройства принципы управления ПТК;

задачи, проблемы и методы управления природно-техногенными комплексами; требования к моделям природных и техногенных процессов;

уметь: анализировать и оценивать состояние природной среды и природно-техногенных объектов; применять модели и информационные технологии для решения задач управления природно-техногенными комплексами;

владеть: навыками использования данных мониторинга при управлении природно-техногенными комплексами; методами анализа и оценки состояния природной среды, обоснования экологической и экономической целесообразности и пределов допустимых воздействий на природную среду, мониторинга природных объектов и природно-техногенных комплексов; методами принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов; методами моделирования природных и техногенных процессов; методами восстановления нарушенных природных объектов.

1.2. Библиографический список

Основной

1. Общие и специальные виды обустройства территорий: учеб. пособие/ Л.Н. Рыжанкова, Е.К. Синченко. – М.: РУДН, 2011. – 237с.
2. Голованов, А.И. Природообустройство: учебник / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов. – СПб.: Лань, 2015. – 560с.
3. Голованов, А.И. Рекультивация нарушенных земель: учеб. пособие / А.И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин. – СПб.: Лань, 2015. – 336с. – Режим доступа: <http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=node/4817>

Дополнительный

1. Проблемы природопользования и природообустройства в России и пути их решения: монография/ И.П. Айдаров. – М.: МГУП, 2010. – 94с.

Интернет источники

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>
2. Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии) [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.cnsnb.ru/>
3. Электронная библиотечная система по адресу www.ebs.rgazu.ru/
4. Информационно-правовой портал «Гарант». [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.garant.ru/>
5. Справочно-правовая система «Консультант Плюс». [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

1.3. Распределение учебного времени по модулям (разделам) и видам

Таблица 1. Распределение учебного времени

№ п.п.	Наименование модулей и тем дисциплины	Всего, ч	В том числе, ч			
			Лекции	Лабораторные, практические занятия	Самост. работа	Рекомендуемая литература
1	Задачи и проблемы управления природно-техногенными комплексами и системами	36	1	0	35	1,2
1.1.	Понятие о природно - техногенных комплексах (ПТК). Принципы построения ПТК.	18	0,5	0	17,5	1,2
1.2.	Взаимодействия природных и искусственных компонентов ПТК.	18	0,5	0	17,5	1,2
2	Основные принципы и подходы системного анализа для построения оптимизационных моделей ситуаций принятия решений по формированию структуры природно - техногенных комплексов в условиях неопределенности	36	1	0	35	1,2
2.1.	Принципы системного анализа. Подходы системного анализа.	18	0,5	0	17,5	1,2
2.2.	ПТК как большие кибернетические системы.	18	0,5	0	17,5	1,2

	Формирование структуры ПТК.					
3	Исследования моделей и определения оптимального плана при управлении природно-техногенными комплексами	36	2	12	22	1,2
3.1.	Методология исследования моделей управления ПТК.	7	0,4	2	4,6	1,2
3.2.	Составление моделей ПТК достаточной степени абстракции.	7	0,4	2	4,6	1,2
3.3.	Метод приоритетов, метод последовательных уступок и другие методы.	7	0,4	4	2,6	1,2
3.3.	Особенности применения данных методов.	8	0,4	4	2,6	1,2
3.4.	Сущность метода экспертных оценок и применяемость для различных ситуаций. Формальные и неформальные процедуры.	7	0,4	2	2,6	1,2
3.5.	Минимизация влияния субъективности оценок эксперта на конечную оценку.	7	0,4	2	4,6	1,2
	Итого	108	4	12	92	

Раздел 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ИЗУЧЕНИЮ

2.1. Задачи и проблемы управления природно-техногенными комплексами и системами

2.1.1. Содержание модуля

Понятие о природно - техногенных комплексах (ПТК). Принципы построения ПТК. Взаимодействия природных и искусственных компонентов ПТК.

2.1.2. Методические указания по изучению модуля

Программа дисциплины предусматривает изучение данного материала на лекции, выполнение контрольной работы и при самостоятельной работе.

2.1.3. Вопросы для самоконтроля

1. В чём заключаются задачи управления природно – техногенным комплексом;
2. Что входит в природную часть ПТК?
3. Что входит в техногенную часть ПТК?
4. Опишите ПТК как единую систему.
5. Какие главные проблемы возникают при управлении ПТК?

2.1.4. Задания для самостоятельной работы

Проработать материал и ответить на вопросы для самоконтроля.
Выполнить задание, указанное в методических указаниях.

2.2. Основные принципы и подходы системного анализа для построения оптимизационных моделей ситуаций принятия решений по формированию структуры природно - техногенных комплексов в условиях неопределенности

2.2.1. Содержание модуля

Принципы системного анализа. Подходы системного анализа. ПТК как большие кибернетические системы. Формирование структуры ПТК.

2.2.2. Методические указания по изучению модуля

Программа дисциплины предусматривает изучение данного материала на лекции, выполнение контрольной работы и при самостоятельной работе.

2.2.3. Вопросы для самоконтроля

6. Виды оптимизационных моделей;
7. Формирование структуры ПТК;
8. Что такое неопределённость?
9. Принципы системного анализа при построении ПТК;
10. Подходы системного анализа при построении ПТК;
11. Что такое оптимизационные модели?

2.2.4. Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы. Проработать материал и ответить на вопросы для самоконтроля. Выполнить задание, указанное в методических указаниях.

2.3. Исследования моделей и определения оптимального плана при управлении природно-техногенными комплексами

2.3.1. Содержание модуля

Методология исследования моделей управления ПТК. Составление моделей ПТК достаточной степени абстракции.

2.3.2. Методические указания по изучению модуля

Программа дисциплины предусматривает изучение данного материала на лекции при самостоятельной работе и выполнение контрольного задания.

2.3.3. Вопросы для самоконтроля

12. Виды моделей;
13. Каким образом исследуются модели?
14. Подходы к определению оптимального плана при управлении природно-техногенными комплексами;
15. Какие критерии оптимизации можно использовать?
16. В чём заключается управление ПТК?
17. Что такое многокритериальное управление;
18. В чём заключается сложность многокритериального управления?
19. Специфика управления ПТК как большой системой.
20. Какие существуют методы достижения компромисса при управлении ПТК?
21. Достоинства и недостатки методов управления ПТК.
22. В чём заключается метод экспертных оценок;
23. Что такое формальные процедуры;
24. Что такое неформальные процедуры;
25. Каким образом минимизируется влияние субъективности оценок эксперта;
26. В каких случаях возможно применение метода экспертных оценок.

2.3.4. Задания для самостоятельной работы

Задания для самостоятельной работы. Проработать материал и ответить на вопросы для самоконтроля. Выполнить задание, указанное в методических указаниях.

Раздел 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

3.1. Методические указания по выполнению контрольной работы

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы, необходимо изучить соответствующие разделы курса и ознакомиться с типовыми расчетами. При выполнении контрольной работы использовать общепринятые обозначения, расшифровывая их при первом применении и указывая единицы измерения в Международной системе единиц СИ. Текст и формулы должны быть написаны чернилами или пастой аккуратным разборчивым почерком в тетради с полями справа в 3 см для замечаний рецензента. Расчетные формулы первоначально приводятся в общем виде с разъяснением входящих в них физических величин и указанием их размерностей. Затем в формулы подставляют соответствующие числовые значения и приводят конечный результат. При оформлении контрольной работы с использованием офисных пакетов (Microsoft Office и т.д.) формулы вводятся только с помощью редактора формул.

В конце контрольной работы нужно дать список использованной литературы, поставить свою подпись и указать дату окончания выполнения задания.

При выполнении контрольной работы студенту необходимо ответить на 3 вопроса. Студент выбирает соответствующие номера теоретических вопросов из таблицы 2 на пересечении строки соответствующей его предпоследней цифре шифра и столбца соответствующего последней цифре шифра студента. Например, если шифр студента 5973, то нужная строка будет под цифрой «7», а столбец под цифрой «3».

Таблица 2 Номера вопросов и для контрольной работы

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1,10,11	5,11,20	6,12,17	7,13,18	8,14,15	9,15,11	1,16,19	2,17,18	3,18,17	4,19,16
2	6,20,17	1,11,11	5,15,14	3,16,15	5,12,12	7,13,19	8,17,18	9,18,10	2,19,13	4,13,10
3	8,20,15	9,15,10	7,14,14	4,12,12	8,16,11	6,18,17	2,17,13	6,13,18	4,19,19	8,11,11
4	9,15,11	8,20,14	8,11,15	5,17,13	7,18,12	3,16,16	3,12,13	2,13,17	5,11,20	7,19,20
5	7,11,19	7,19,13	9,18,14	6,18,17	6,17,16	2,12,11	5,16,12	7,13,15	1,14,10	3,15,18
6	2,17,13	6,18,12	4,17,10	7,20,16	1,19,18	4,12,15	6,13,10	8,16,11	6,14,14	1,15,17
7	3,12,14	2,19,11	3,18,18	8,17,15	2,20,12	1,14,13	9,13,11	1,11,16	8,16,17	5,18,19
8	4,18,18	3,11,15	1,13,17	2,12,16	4,14,13	8,20,12	4,15,11	6,19,10	9,17,10	2,16,11
9	5,13,10	4,16,10	2,15,19	1,18,13	3,19,14	5,13,15	3,20,16	5,11,11	7,14,12	5,17,15
0	2,19,12	5,14,13	7,15,11	9,18,16	2,17,15	9,16,17	1,14,18	3,20,19	8,13,10	6,12,14

3.2. Вопросы для выполнения контрольной работы

1. Природно – техногенный комплекс.
2. Виды ПТК природообустройства.
3. Периоды создания и существования ПТК;
4. Современная классификация техногенных подсистем ПТК;
5. Требования к прогнозам в природообустройстве;
6. Методики прогнозирования;
7. Технические подсистемы, общие для всех инженерных систем природообустройства;
8. Мониторинг ПТК природообустройства;
9. Стандарты в области природообустройства;
10. Экологическая политика в области природообустройства;
11. Техногенные воздействия на геосистемы;
12. Устойчивость геосистем;
13. Свойства геосистем;
14. Геосистемы (ландшафты) как объекты природообустройства;
15. Системный подход в природообустройстве;
16. Изменённые геосистемы;
17. Нормы техногенного воздействия на ландшафты;
18. Принципы создания техноприродных систем;
19. Природные и техногенные составляющие ПТК;
20. Эколого – экономическое обоснование природообустройства.

Раздел 4. Задания для практических работ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОХРАНИЛИЩА

Достоверное определение составляющих водохозяйственных балансов территорий играет ключевую роль в решении большинства водных проблем, включая водохозяйственное прогнозирование и разработку вариантов водохозяйственных систем и сооружений (ВХС). Целью их составления является установление избытка или дефицита водных ресурсов необходимого качества для обеспечения потребностей реальных или потенциальных водопользователей, определение основных параметров намечаемых мероприятий по охране и использованию вод. Водный баланс, в отличие от водохозяйственного баланса (ВХБ), служит средством анализа природного и антропогенного влагооборота с целью уточнения располагаемых водных ресурсов, определения влияния на них хозяйственной деятельности, раскрытия закономерностей формирования вод суши, выявления соотношений между приходом и расходом воды в пределах территории.

Результаты анализа ВХБ можно обобщить следующим образом. Во-первых, если для некоторого расчетного уровня развития ВХБ сводится без дефицита для всех расчетных интервалов времени по всем рассматриваемым створам, дополнительных водохозяйственных мероприятий на данном уровне не требуется. Во-вторых, возникновение дефицита воды в отдельные расчетные интервалы времени при отсутствии в его балансе маловодного года свидетельствует о необходимости сезонного регулирования стока. В-третьих, отсутствие дефицита лишь в балансе среднего по водности года показывает на необходимость многолетнего регулирования стока или привлечения дополнительных источников. В-четвертых, дефицит в балансе среднего по водности года может быть устранен только путем привлечения вод извне.

В зависимости от решаемых задач и расчетных интервалов времени различают несколько видов ВХБ:

отчетные ВХБ - водохозяйственные балансы, составленные за прошедший период и являющиеся составной частью Государственного водного кадастра в части использования водных ресурсов (ГВК ИВР);

оперативные ВХБ - водохозяйственные балансы, разрабатываемые по данным прогнозов на ближайший период (сезон, месяц) для уточнения режима работы водохозяйственных систем и сооружений и оперативного планирования водораспределения;

плановые ВХБ - водохозяйственные балансы, составляемые на расчетные уровни при планировании развития водохозяйственного комплекса с целью проверки сбалансированности предполагаемых изменений потребности в воде;

перспективные ВХБ - водохозяйственные балансы, используемые в схемах комплексного использования и охраны вод, проектах и технико-экономических обоснованиях (ТЭО) ВХС и служащие для выявления необходимости в проведении мероприятий или комплекса мероприятий по охране и использованию вод и анализа возможности удовлетворения потребности в воде необходимого качества на более или менее отдаленную перспективу (до 15-20 лет и более).

Ниже приведены основные расчетные формулы для определения годовых и месячных ВХБ и методы управления ими согласно методическим разработкам Московского государственного университета природообустройства (МГУП).

1. Структура водохозяйственного баланса. Уравнение годового водохозяйственного баланса (ВХБ) имеет вид:

$$W_{np} - W_{расх} = \Sigma W, \quad (1)$$

где

W_{np} - приходная часть годового ВХБ;

$W_{расх}$ - расходная часть годового ВХБ;

ΣW - результирующая часть годового ВХБ.

Приходная часть годового ВХБ рассчитывается по формуле:

$$W_{np} = W_{\phi} + W_c + \Sigma W_{\text{вг}} + W_n + W_{\text{non}}, \quad (2)$$

где

W_{ϕ} - годовой объем стока, формирующегося в районе рассматриваемого гидроузла;

$W_{\text{вг}}$ - объем возвратных вод g -того потребителя, поступающих в водоем выше рассматриваемого створа;

W_n - объем пригодных для использования подземных вод, гидравлически не связанных с речным стоком;

W_{non} - попуск из вышележащего водохранилища (учитывается в том случае, если рассматриваемый гидроузел является элементом каскада гидроузлов);

W_c - годовой объем стока, формирующегося выше района рассматриваемого гидроузла (при отсутствии каскада).

Элементы приходной части можно определить следующим образом.

Годовой объем стока, формирующегося выше района рассматриваемого гидроузла (при отсутствии каскада):

$$W_c = \Sigma Q_i \times t_i, \quad (3)$$

где

Q_i - расход стока в i -ом месяце;

t_i - продолжительность i - того месяца.

Формирующийся в районе гидроузла полный речной сток K связан с атмосферными осадками следующим образом:

$$W_{\phi} = \Sigma R_i \times t_i, \quad (4)$$

где

R_i - полный речной сток в районе гидроузла в i - ом месяце.

$$R = K_c \times X, \quad (5)$$

$$R = X - E, \quad (6)$$

где

X - объем атмосферных осадков за год;

K_c - коэффициент стока;

E - суммарное испарение с поверхности водосборной территории.

Суммарный расход определяется как $R_i+Q_i=Q$, а также по формуле:

$$Q=W/A, \quad (7)$$

где

A - активность водообмена;

W - объем водоема или другой части гидросферы.

Объем возвратных вод $W_в$, поступающих в водоем выше рассматриваемого створа, рассчитывается по зависимости:

$$W_в=W_g \times K_{ег}, \quad (8)$$

где

W_g - годовой объем потребления воды потребителем;

$K_{ег}$ - коэффициент возврата водопотребителя.

Объем возможных для использования подземных вод, гидравлически не связанных с речным стоком, определяется по формуле:

$$W_n=\sum Q_{ni} \times t_i, \quad (9)$$

Где

Q_{ni} - расход подземного водозабора в i -ом месяце;

t_i - продолжительность i -го месяца.

Объем стока W_c и объем W_n можно рассчитать по формуле:

$$W_c=Q_{сз} \times T, \quad (10)$$

$$W_n=Q_{сн} \times T, \quad (11)$$

Где

$Q_{сз}$ - средний годовой расход стока;

$Q_{сн}$ - средний расход подземных вод;

T - число секунд в году;

$$T = \sum t_i, \quad Q_{сз}=\sum Q_i/12, \quad Q_{сн}=\sum Q_{ii}/12.$$

Расходная часть годового ВХБ рассчитывается по формуле:

$$W_{расх}=\sum W_g+\sum W_{раз\ g}+\sum W_{нон\ j}, \quad (12)$$

Где

$\sum W_g$ - годовой объем потребления воды g -м потребителем;

$\Sigma W_{раз\ g}$ - годовой объем воды, потребный для разбавления возвратных вод g -го потребителя поступающих в верхний бьеф;

ΣW_{nonj} - объем попусков в нижний бьеф j -го вида (санитарных, энергетических, судоходных, водоснабженческих, рыбохозяйственных).

Элементы расходной части можно определить следующим образом.

Годовой объем потребления воды потребителем:

$$W_g = B_g \times q_g \times t / \eta_g, \quad (13)$$

Где

B_g - объем продукции потребителя, определяющий забор воды;

q_g - норма потребления воды (на единицу продукции) потребителя;

t - продолжительность периода водопотребления;

η_g - коэффициент полезного действия водоподводящих устройств.

Годовой объем воды, потребный для разбавления возвратных вод потребителя:

$$W_{раз} = W_g \times K_p, \quad (14)$$

Где

W_g - годовой объем возвратных вод потребителя;

K_p - коэффициент разбавления возвратных вод.

Годовой объем попусков в нижний бьеф:

$$W_{non} = \Sigma Q_{non\ i} \times t_i, \quad (15)$$

где

$Q_{non\ i}$ - расход попусков в i -го вида;

t_i - продолжительность попусков i -го вида.

2. Методы управления годичным ВХБ. Как указывалось выше, если ΔW - результирующая часть годового ВХБ отрицательна, необходимо применить методы управления водохозяйственным балансом. Методы можно прежде всего разделить на две группы в соответствии с составляющей водохозяйственного баланса (приходной или расходной частью). Естественно стремление к увеличению приходной части ВХБ и к уменьшению расходной.

2.1. Увеличение объема приходной части ВХБ. Речной сток, являющийся основным источником воды, состоит из двух составляющих: поверхностной и подземной:

$$R = S + U, \quad (16)$$

$$K_n = U/R, \quad (17)$$

$$V = U + E, \quad (18)$$

где

R - полный речной сток;

S - поверхностная составляющая стока;

U - подземная составляющая стока;

K_n - коэффициент подземного стока;

V - общее увлажнение территории.

Основное значение для водоснабжения и общего увлажнения территории имеет подземный сток. Поэтому увеличение приходной части возможно за счет перевода поверхностной составляющей в подземный какими-либо методами (агротехническими, гидротехническими, лесотехническими и т.д.). Другой способ увеличения приходной части ВХБ может заключаться в пополнении стока за счет других водосборов (переброска стока).

2.2. Уменьшение объема расходной части ВХБ. Способы уменьшения расходной части ВХБ базируются на:

- 1) уменьшению объема водопотребления за счет уменьшения нормы водопотребления q путем введения прогрессивных (менее водоемких технологий), увеличения коэффициента полезного действия водоподводящих устройств η ;
- 2) уменьшению годового объема воды, потребной для разбавления возвратных вод за счет введения прогрессивных систем водоснабжения (оборотной, повторной), лучшей очистки возвратных вод, перенесения места возврата сточных вод в нижний бьеф;
- 3) уменьшению годового объема попусков в нижний бьеф за счет выбора максимального из единовременных попусков.

Альтернативный способ уменьшения расходной части ВХБ заключается в переносе водопотребителей в другие районы или уменьшении водопотребления за счет уменьшения объема производимой продукции.

3. Методы управления месячными ВХБ. При увязанном годовом водохозяйственном балансе месячные балансы могут иметь отрицательные значения. Если водопотребители должны использовать водные ресурсы в течение всего года, то необходимо применить управляющие воздействия для того, чтобы водохозяйственный баланс был положительным в каждом месяце. При этом можно выбрать:

- 1) Пополнение стока за счет других водосборов (переброска стока);
- 2) Уменьшение водопотребления в отдельные месяцы за счет уменьшения объема производимой продукции;
- 3) Сезонное (годовое) регулирование стока.

Расчет годового регулирования стока сводится к определению полезных объемов водохранилища и проводится отдельно для маловодного и многоводного периодов следующим образом. Предположим, что результирующие месячных ВХБ представлены в табл. 3.

Таблица 3 - Результирующие месячных ВХБ

Месяц	ΔW , млн. м ³
Январь	$-W_1$
Февраль	$-W_2$
Март	$+W_3$
Апрель	$+W_4$
Май	$+W_5$
Июнь	$+W_6$
Июль	$-W_7$
Август	$-W_8$
Сентябрь	$-W_9$
Октябрь	$+W_{10}$
Ноябрь	$+W_{11}$
Декабрь	$-W_{12}$

Для маловодного периода расчет проводится табличным способом. "Ходом назад", начиная с последнего месяца маловодного периода, определяются диспетчерские объемы V_{∂} , которые равны полезным объемам водохранилища $V_{пол}$ (табл. 4). Знак минус означает, что баланс в i -ом месяце отрицательный, следовательно, величину ΔW_i в этом месяце необходимо прибавить к величине диспетчерского объема последующего месяца. В противном случае (если положителен) величину нужно отнять от диспетчерского объема предыдущего месяца, т.е.

$$V_{gi} = V_{gi+1} \pm \Delta W_i, \quad (19)$$

где

V_{gi} - диспетчерский объем в i -ом месяце,

$V_{gi} = V_{поли}$,

где $V_{поли}$ - полезный объем водохранилища в i -ом месяце;

V_{gi+1} - диспетчерский объем в $i+1$ месяце (записанного ниже).

Таблица 4 - Расчет полезных объемов для маловодного периода

Месяц	ΔW , млн. м ³	V_{∂} , млн. м ³
Июль	$-W_7$	$W_2 + W_1 + W_{12} - W_{11} - W_{10} + W_9 + W_8 + W_7$
Август	$-W_8$	$W_2 + W_1 + W_{12} - W_{11} - W_{10} + W_9 + W_8$
Сентябрь	$-W_9$	$W_2 + W_1 + W_{12} - W_{11} - W_{10} + W_9$
Октябрь	$+W_{10}$	$W_2 + W_1 + W_{12} - W_{11} - W_{10}$
Ноябрь	$+W_{11}$	$W_2 + W_1 + W_{12} - W_{11}$
Декабрь	$-W_{12}$	$W_2 + W_1 + W_{12}$
Январь	$-W_1$	$W_2 + W_1$
Февраль	$-W_2$	W_2

Для многоводного периода при расчете полезных объемов водохранилища в многоводном периоде необходимо воспользоваться зависимостью:

$$V_{поли} = V_{max} - V_{\partial i} \quad (20)$$

Многоводный период начинается после окончания маловодного периода (в примере с марта). Диспетчерские объемы также подсчитываются "ходом назад", начиная с последнего месяца многоводного периода.

4.1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИХОДНОЙ ЧАСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА

Задание № 1

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет приходной части годового водохозяйственного баланса в целях обоснования строительства водохранилища.

Исходные данные:

1. Средний годовой расход воды $Q_{ср}=10 \text{ м}^3/\text{с}$.
2. Расход подземных вод, гидравлически не связанных с речным стоком, равен нулю ($Q_{нз} = 0$).
3. Попуск из вышележащего водохранилища отсутствует ($W_{non}=0$).
4. Все потребители расположены в верхнем бьефе (табл. 5).
5. Система водоснабжения - прямоточная.
6. Объем стока, формирующегося в районе, не учитывать ($W_{\phi}=0$).

Таблица 5 - Данные о водопотребителях

Вариант	Промышленность		Коммунально - бытовое водоснабжение		Орошение	
	W_g , млн. м^3	$K_{вг}$	W_g , млн. м^3	K_{Bg}	W_g , млн. м^3	$K_{\phi g}$
1	2	3	4	5	6	7
1	54	0,90	25	0,85	25	0,15
2	59	0,90	24	0,85	32	0,15
3	54	0,90	19	0,85	25	0,15
4	50	0,90	19	0,85	28	0,15
5	60	0,90	23	0,85	27	0,15
6	43	0,90	23	0,85	30	0,15
7	49	0,90	18	0,85	27	0,15
8	47	0,90	15	0,85	31	0,15
9	55	0,90	20	0,85	28	0,15
10	45	0,90	25	0,85	28	0,15
11	46	0,90	17	0,85	31	0,15
12	59	0,90	18	0,85	35	0,15

13	53	0,90	15	0,85	35	0,15
14	57	0,90	17	0,85	31	0,15
15	56	0,90	15	0,85	34	0,15
16	42	0,90	24	0,85	30	0,15
17	49	0,90	21	0,85	32	0,15
18	50	0,90	15	0,85	29	0,15
19	52	0,90	16	0,85	30	0,15
20	46	0,90	16	0,85	30	0,15
пример	50	0,90	15	0,85	30	0,15

Задание к работе: рассчитать приходную часть годового ВХБ для створа водохранилища.

Ход выполнения работы:

- 1) по формуле 10 рассчитывается годовой объем стока W_c , формирующегося выше района рассматриваемого гидроузла;
- 2) по формуле 8 рассчитывается объем возвратных вод WBg , поступающих в водоем выше рассматриваемого створа;
- 3) по формуле 2 рассчитывается приходная часть ВХБ W_{np} .

Пример:

- 1) $W_c = 10 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 315,36$ млн. м³;
- 2) $W_B = 50 \cdot 0,90 + 15 \cdot 0,85 + 30 \cdot 0,15 = 62,250$ млн. м³;
- 3) $W_{np} = 315,36 + 62,250 = 377,610$ млн. м³.

Задание № 2

Цель работы:

Закрепить знания по Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет приходной части годового водохозяйственного баланса в целях обоснования строительства водохранилища.

Исходные данные:

1. Средний годовой расход воды $Q_{сг} = 6,3$ м³/с.
2. Среднегодовой расход подземных вод, гидравлически не связанных с речным стоком, составляет $Q_{nc} = 5,0$ м³/с.
3. Попуск из вышележащего водохранилища составляет $W_{non} = 60$ млн. м³.
4. Все потребители расположены в нижнем бьефе (табл. 5).
5. Система водоснабжения - прямоточная.
6. Объем стока, формирующегося в районе, не учитывать ($W_{\phi} = 0$).

Задание к работе: рассчитать приходную часть годового ВХБ для створа водохранилища.

Ход выполнения работы:

- 1) по формуле 10 рассчитывается годовой объем стока W_c , формирующегося выше района рассматриваемого гидроузла;

- 2) по формуле 11 рассчитывается годовой объем стока подземных вод W_n , гидравлически не связанных с речным стоком;
- 3) поскольку водопотребители расположены в нижнем бьефе, объем возвратных вод принимается равным нулю;
- 4) по формуле 2 рассчитывается приходная часть баланса W_{np} .

Пример:

- 1) $W_c = 6,3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 198,677$ млн. м³;
- 2) $W_n = 5,0 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 157,680$ млн. м³;
- 3) $W_g = 0$ млн. м³;
- 4) $W_{np} = 198,677 + 157,680 + 60,0 = 416,357$ млн. м³.

Задание № 3

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет приходной части годового водохозяйственного баланса в целях обоснования строительства водохранилища.

Исходные данные:

1. Средний годовой расход воды $Q_{сг} = 12$ м³/с.
2. Среднегодовой расход подземных вод, гидравлически не связанных с речным стоком, отсутствует.
3. Попуск из вышележащего водохранилища составляет $W_{non} = 15$ млн. м³.
4. В нижнем бьефе расположены животноводческие фермы с объемом водопотребления 5 млн. м³/год и коэффициентом возврата 0,5. Информация о других потребителях, расположенных в верхнем бьефе, приведена в табл. 1.3.
5. Все потребители, кроме промышленности, имеют прямоточную систему водоснабжения, промышленность - оборотную.
6. Объем стока, формирующегося в районе, не учитывать ($W\phi = 0$).

Задание к работе: рассчитать приходную часть годового ВХБ для створа водохранилища.

Ход выполнения работы:

- 1) по формуле 10 рассчитывается годовой объем стока W_c , формирующегося выше района рассматриваемого гидроузла;
- 2) по формуле 8 рассчитывается объем возвратных вод $W_{вг}$, поступающих в водоем выше рассматриваемого створа; поскольку животноводческие фермы расположены в нижнем бьефе, объем возвратных вод животноводства равен нулю; также равен нулю объем возвратных вод промышленности;
- 3) по формуле 2 рассчитывается приходная часть баланса W_{np} .

Пример:

- 1) $Ж_c = 12 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 378,432$ млн. м³;
- 2) $Ж_b = 15 \cdot 0,85 + 30 \cdot 0,15 = 17,25$ млн. м³;
- 3) $W_{пр} = 378,432 + 17,25 + 15,0 = 410,682$ млн. м³.

Контрольные вопросы к практической работе:

1. Определение и назначение водохозяйственного баланса.
2. Единицы измерения элементов ВХБ в формуле 2, 8, 10.
3. Методы увеличения приходной части ВХБ.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДНОЙ ЧАСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА

Задание № 1

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет расходной части годового водохозяйственного баланса в целях обоснования строительства водохранилища.

Исходные данные:

1. Санитарный расход воды в нижний бьеф составляет $Q_{сан} = 3$ м³/с.
2. В верхнем бьефе расположены животноводческие фермы с объемом водопотребления 5 млн. м³/год, коэффициентом возврата 0,5 и коэффициентом разбавления возвратных вод 10. Информация о других потребителях приведена в табл. 6. Возвратные воды орошения отводятся в нижний бьеф, возвратные воды прочих потребителей - в верхний бьеф. Забор воды всеми водопотребителями осуществляется в верхнем бьефе.
3. Все потребители, кроме промышленности, имеют прямоточную систему водоснабжения, промышленность - оборотную.

Задание к работе: рассчитать расходную часть годового ВХБ для створа водохранилища.

Таблица 6 - Данные о водопотребителях

Вариант	Промышленность			Коммунально-бытовое водоснабжение			Орошение		
	W_g , млн м ³	K_{eg}	K_{pg}	W_g , млн. м ³	K_{eg}	K_{pg}	W_g , млн м ³	K_{eg}	K_{pg}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	54	0,90	0	25	0,85	5	25	0,15	3
2	59	0,90	0	24	0,85	5	32	0,15	3
3	54	0,90	0	19	0,85	5	25	0,15	3
4	50	0,90	0	19	0,85	5	28	0,15	3
5	60	0,90	0	23	0,85	5	27	0,15	3
6	43	0,90	0	23	0,85	5	30	0,15	3
7	49	0,90	0	18	0,85	5	27	0,15	3

8	47	0,90	0	15	0,85	5	31	0,15	3
9	55	0,90	0	20	0,85	5	28	0,15	3
10	45	0,90	0	25	0,85	5	28	0,15	3
11	46	0,90	0	17	0,85	5	31	0,15	3
12	59	0,90	0	18	0,85	5	35	0,15	3
13	53	0,90	0	15	0,85	5	35	0,15	3
14	57	0,90	0	17	0,85	5	31	0,15	3
15	56	0,90	0	15	0,85	5	34	0,15	3
16	42	0,90	0	24	0,85	5	30	0,15	3
17	49	0,90	0	21	0,85	5	32	0,15	3
18	50	0,90	0	15	0,85	5	29	0,15	3
19	52	0,90	0	16	0,85	5	30	0,15	3
20	46	0,90	0	16	0,85	5	30	0,15	3
Пример	50	0,90	0	15	0,85	5	30	0,15	3

Ход выполнения работы:

- 1) по формуле 15 рассчитывается годовой объем попусков в нижний бьеф $W_{\text{пон}}$,
- 2) по формуле 14 рассчитывается объем $W_{\text{раз}}$, необходимый для разбавления возвратных вод, поступающих в верхний бьеф; промышленность и орошение не учитываются, так как в промышленности - оборотная система водоснабжения, а сточные воды с орошаемых земель поступают в нижний бьеф.
- 3) по формуле 14 рассчитывается объем $W_{\text{раз}}$, необходимый для разбавления возвратных вод орошения, поступающих в нижний бьеф;
- 4) рассчитывается суммарный объем водопотребления;
- 5) по формуле 12 рассчитывается расходная часть ВХБ $W_{\text{расх}}$.

Пример:

- 1) $W_{\text{пон}} = 3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 94,608$ млн. м³;
- 2) $W_{\text{раз(в.б.)}} = 15 \cdot 0,85 \cdot 5 + 5 \cdot 0,5 \cdot 10 = 88,750$ млн. м³;
- 3) $W_{\text{раз(н.б.)}} = 30 \cdot 0,15 \cdot 3 = 13,50$ млн. м³;
- 4) $W = 50 + 15 + 30 + 5 = 100$ млн. м³;
- 5) $W_{\text{расх}} = 94,608 + 88,750 + 13,50 + 100 = 296,858$ млн. м³.

Задание № 2

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет расходной части годового водохозяйственного баланса в целях обоснования строительства водохранилища.

Исходные данные:

1. Санитарный расход воды в нижний бьеф с июля по март включительно составляет $Q_{сан}=3 \text{ м}^3/\text{с}$, в прочие месяцы - отсутствует.
2. В верхнем бьефе расположены животноводческие фермы с общим поголовьем скота 500 голов, коэффициентом возврата 0,5 и коэффициентом разбавления возвратных вод $K = 10$. Информация о других потребителях приведена в табл. 7. Возвратные воды орошения отводятся в нижний бьеф, возвратные воды прочих потребителей - в верхний бьеф. Забор воды всеми потребителями осуществляется в верхнем бьефе.
3. Все потребители, кроме промышленности, имеют прямоточную систему водоснабжения, промышленность - оборотную.
4. Коэффициент полезного действия водоподводящих устройств $\eta=0,9$.
5. Норма водопотребления в промышленности составляет $4000 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{год})$, в коммунальном хозяйстве - $150 \text{ л}/(\text{чел}\cdot\text{сут})$, в животноводстве - $50 \text{ л}/(\text{гол}\cdot\text{сут})$, при орошении - $4500 \text{ м}^3/(\text{га}\cdot\text{год})$.

Задание к работе: рассчитать расходную часть годового ВХБ для створа водохранилища.

Таблица 7 - Данные о водопотребителях

Вариант	Промышленность			Коммунально-бытовое водоснабжение			Орошение		
	$Bg \text{ т/год}$	$K_{\text{ог}}$	K_{pg}	$Bg \text{ чел/год}$	$K_{\text{ог}}$	K_{pg}	$Bg \text{ га/год}$	$K_{\text{ог}}$	K_{pg}
1	10078	0,90	0	2533	0,85	5	6388	0,15	3
2	8258	0,90	0	1836	0,85	5	16163	0,15	3
3	11674	0,90	0	1016	0,85	5	23675	0,15	3
4	10759	0,90	0	1517	0,85	5	25141	0,15	3
5	11842	0,90	0	1008	0,85	5	6087	0,15	3
6	9698	0,90	0	1770	0,85	5	24163	0,15	3
7	10205	0,90	0	2172	0,85	5	7188	0,15	3
8	11219	0,90	0	2973	0,85	5	23760	0,15	3
9	11028	0,90	0	2050	0,85	5	9753	0,15	3
10	10574	0,90	0	2770	0,85	5	27418	0,15	3
11	10622	0,90	0	1873	0,85	5	15460	0,15	3
12	8138	0,90	0	2902	0,85	5	5770	0,15	3
13	11248	0,90	0	1778	0,85	5	15999	0,15	3
14	8777	0,90	0	2500	0,85	5	19444	0,15	3
15	8451	0,90	0	1201	0,85	5	7882	0,15	3
16	11382	0,90	0	1370	0,85	5	8997	0,15	3
17	11450	0,90	0	1287	0,85	5	18966	0,15	3
18	9608	0,90	0	1900	0,85	5	11624	0,15	3
19	11835	0,90	0	2948	0,85	5	8189	0,15	3
20	9356	0,90	0	1918	0,85	5	18000	0,15	3
пример	10191	0,90	0	2138	0,85	5	9619	0,15	3

Ход выполнения работы:

- 1) по формуле 15 рассчитывается годовой объем попусков в нижний бьеф W_{non} ,
- 2) по формулам 13,14 рассчитывается объем $W_{раз}$, необходимый для разбавления возвратных вод, поступающих в верхний бьеф; промышленность и орошение не учитываются, так как в промышленности - оборотная система водоснабжения, а сточные воды с орошаемых земель поступают в нижний бьеф;
- 3) по формулам 13,14 рассчитывается объем $W_{раз}$, необходимый для разбавления возвратных вод орошения, поступающих в нижний бьеф;
- 4) рассчитывается суммарный объем водопотребления;
- 5) по формуле 12 рассчитывается расходная часть ВХБ $W_{расх}$.

Пример:

- 1) $W_{non}=3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot (31+31+30+31+30+31+31+28+31)=71,021$ млн. м³;
- 2) $W_{раз(в.б)}=(2138 \cdot 0,15 \cdot 365 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,85 \cdot 5 + (500 \cdot 0,05 \cdot 365 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,5 \cdot 10 = 0,63$ млн. м³;
- 3) $W_{раз(н.б)}=(9619 \cdot 4500 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,15 \cdot 3 = 21,643$ млн. м³;
- 4) $W=45,293+0,130+48,095+0,010=93,529$ млн. м³;
- 5) $W_{расх}=93,529+0,63+21,643+71,021=186,796$ млн. м³.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 РАСЧЕТ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет годового водохозяйственного баланса в целях обоснования строительства водохранилища.

Исходные данные:

1. Средний годовой расход воды $Q_{сз}=10$ м³/с.
2. Расход подземных вод, гидравлически не связанных с речным стоком, составляет $Q_n=0,5$ м³/с.
3. Попуск из вышележащего водохранилища отсутствует ($W_{non}=0$).
4. Все потребители расположены в верхнем бьефе (табл. 7).
5. Отведение возвратных вод от всех потребителей осуществляется в верхний бьеф.
6. Система водоснабжения всех потребителей - прямоточная.
7. Объем стока, формирующегося в районе, не учитывать ($W_{ф}=0$).
8. Санитарный расход воды в нижний бьеф с июля по март включительно составляет $Q_{сан}=2$ м³/с, в прочие месяцы - отсутствует.
9. Коэффициент полезного действия водоподводящих устройств $\eta=0,9$.
10. Норма водопотребления в промышленности составляет 4000 м³/(т·год), в коммунальном хозяйстве - 150 л/(чел·сут), при орошении - 4500 м³/(га·год);

11. Суммарные потери на фильтрацию из водохранилища и испарение с его акватории составляют 7 млн. м³/год.

Задание к работе: рассчитать годовой водохозяйственный баланс для створа водохранилища.

Ход выполнения работы:

1. по формуле 11 рассчитывается годовой объем притока в водохранилище W_c ;
2. по формуле 15 рассчитывается годовой объем попусков в нижний бьеф W_{non} ;
3. по формуле 9 рассчитывается годовой объем подземных вод, гидравлически не связанных с рекой;
4. рассчитывается суммарный объем водопотребления;
5. по формуле 8 рассчитывается объем возвратных вод $W_{раз}$, поступающих в верхний бьеф;
6. по формуле 14 рассчитывается объем $W_{раз}$, необходимый для разбавления возвратных вод, поступающих в верхний бьеф;
7. по формуле 2 рассчитывается приходная часть ВХБ $W_{прих}$;
8. по формуле 12 рассчитывается расходная часть ВХБ $W_{расх}$;
9. по формуле 12 рассчитывается разница между приходной и расходной частями годичного ВХБ $W_{расх}$.

Пример:

- 1) $W_c = 10 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 315,360$ млн. м³;
- 2) $W_{non} = 2 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot (31 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 28 + 31) = 47,347$ млн. м³;
- 3) $W_{подз} = 0,5 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 15,768$ млн. м³;
- 4) $W_{раз(в.б)} = (10191 \cdot 4000 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,9 \cdot 7 + (2138 \cdot 0,15 \cdot 365 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,85 \cdot 5 + (9619 \cdot 4500 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,15 \cdot 3 = 307,544$ млн. м³;
- 5) $W = 10191 \cdot 4000 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106) + 2138 \cdot 0,15 \cdot 365 / (0,9 \cdot 106) + 9619 \cdot 4500 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106) = 93,518$ млн. м³;
- 6) $W_{возвр} = (10191 \cdot 4000 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,9 + (2138 \cdot 0,15 \cdot 365 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,85 + (9619 \cdot 4500 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,15 = 48,089$ млн. м³;
- 7) $W_{раз(в.б)} = (10191 \cdot 4000 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,9 \cdot 7 + (2138 \cdot 0,15 \cdot 365 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,85 \cdot 5 + (9619 \cdot 4500 \cdot 1 / (0,9 \cdot 106)) \cdot 0,15 \cdot 3 = 307,544$ млн. м³;
- 8) $W_{прих} = 315,36 + 48,089 + 15,768 = 379,217$ млн. м³/год;
- 9) $W_{расх} = 47,347 + 307,544 + 93,518 + 7,0 = 455,409$ млн. м³/год;
- 10) $\Sigma W = 379,217 - 455,409 = -76,192$ млн. м³/год.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОХРАНИЛИЩА И РЕЖИМА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Установление параметров ВХС (емкости, отдачи и режима его работы) производится на основе анализа режима речного стока. При этом имеется в виду, что колебания фазово-однородных величин стока носят случайный характер, подчиняющийся определенной закономерности лишь в смысле

распределения вероятностей. Только внутригодовой ход стока имеет закономерность функционального характера, отчетливо проявляющуюся в циклической смене фаз по временам года. Эти обстоятельства определяют следующие основные принципы использования гидрометрических материалов при расчетах регулирования стока.

1. Календарный ход стока на будущий длительный период работы водохранилища не может быть предсказан заранее, можно предвидеть лишь вероятности различных сочетаний стока (гидропрогнозы, имеющие заблаговременность от нескольких дней до 1-2 месяцев и даже до года, принимаются во внимание по мере возможности как в расчетах, так и при эксплуатации водохозяйственных установок).

2. Конкретный ряд стока за время наблюдений позволяет получить представление о возможных в будущем особенностях водохозяйственного режима и об их вероятностях.

Исходя из указанных принципов, в существующей теории регулировании стока рассматриваются три группы методов водохозяйственных расчетов в отношении использования ряда гидрологических наблюдений речного стока за прошедший период.

Календарные методы: *выполнение расчетов непосредственно по календарным естественным, не искаженным человеческой деятельностью, гидрологическим рядам с последующей статистической обработкой их результатов.* Способ наиболее широко распространен в проектной практике. В нем предполагается, что используемые для расчета данные прошлых наблюдений отражают все сложные закономерности процесса стока в будущем. Достоинством его является наглядность и универсальность в смысле области применения, что весьма важно при разработке планов эксплуатации водохранилищ и компенсирующего регулирования отдачи в сложных водохозяйственных системах.

Однако небольшая длина ряда наблюдений за стоком иногда приводит к значительным погрешностям при определении тех или иных водохозяйственных параметров.

Вероятностные методы: *проведение расчетов регулирования стока по статистическим характеристикам исходных рядов стока.* Вероятностные методы позволяют теоретически оценить вероятности различных чередований водности рек. В результате исключается возможная ошибка в оценке регулирующей способности водохранилищ при расчете по коротким гидрологическим рядам.

Метод математического моделирования или метод статистических испытаний (Монте-Карло). *Основная идея этого метода заключается в создании математической модели процесса речного стока.* Метод имеет общие черты с двумя вышеотмеченными способами использования гидрологических данных в выполняемых водохозяйственных расчетах. Общим с первым способом является то, что и здесь водохозяйственные расчеты производятся

непосредственно по гидрологическому ряду, который в отличие от наблюдаемого теоретически создан путем реализации процесса стока.

Эта реализация достигается через установленные статистические параметры, то есть функцию распределения вероятностей стока, что является общим со вторым способом. Статистические испытания дополняют наблюдаемый ряд, который является лишь вариантом чередования маловодных и многоводных лет и сезонов, что имеет большое значение для правильного решения задач многолетнего регулирования стока.

Мертвый объем водохранилища рассчитывается из условий:

- 1) Задержания всего твердого стока в водохранилище за установленный период его эксплуатации;
- 2) Обеспечения гарантированной отдачи (гарантированные расход воды, мощность, выработка энергии);
- 3) Вида кривых зависимости объемов V от уровней воды Z с учетом полезного объема водохранилища. Конкретная методика расчета мертвого объема определяется исходя из назначения гидроузла.

Задание 1

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться анализировать топографические карты и выявлять зависимости между уровнем воды в водохранилище, с одной стороны, и объемом, площадью акватории и средней глубиной водоема, с другой на примере малого водотока в нижнем течении р. Томь (Томская область).

Исходные данные:

1. Топографическая карта (рис. 1).
2. Значение минимальной высотной отметки рельефа в створе плотины (табл. 8).
3. Значение максимальной глубины водохранилища в верхнем бьефе.

Задание к работе:

- 1) Построить графические зависимости между уровнями воды Z в водохранилище, с одной стороны, объемами V , площадями акватории F и средними глубинами водохранилища h , с другой;
- 2) определить объем V , площадь акватории F и среднюю глубину водохранилища h_{cp} при максимальной глубине водохранилища по полученным графическим зависимостям.

Контрольные вопросы:

1. Основные морфометрические характеристики водохранилища.
2. Масштаб картографических материалов, используемых для определения морфометрических характеристик водохранилища.

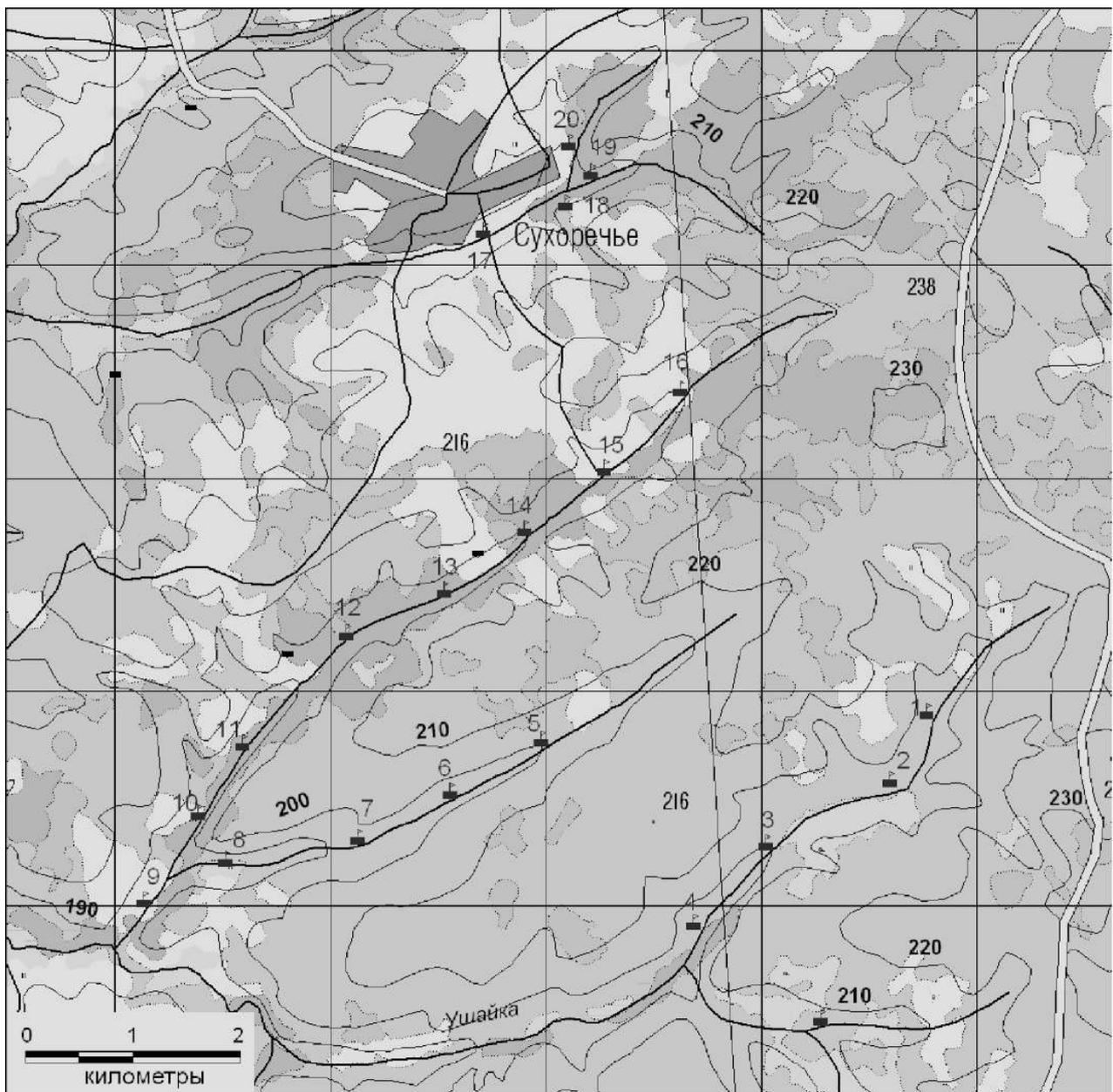


Рис. 1. Фрагмент топографической карты участка предполагаемого размещения водохранилища (номера створов приведены в табл. 8)

Таблица 8 - Варианты заданий

Вариант	Минимальная отметка в створе плотины, м	Максимальная глубина водоема в верхнем бьефе, м
1	205	7
2	207	5
3	199	13
4	195	8
5	200	3
6	192	10
7	191	12

8	186	9
9	184	8
10	186	10
11	188	7
12	191	12
13	197	8
14	199	13
15	202	10
16	209	7
17	195	10
18	197	9
19	198	7
20	198	8

Ход выполнения работы:

1) установить физически возможные минимальные и максимальные значения уровней воды в водохранилище, в пределах указанного диапазона назначить ряд уровней воды (от 1 до 5 м) и для каждого определить площадь акватории; определение площадей может быть выполнено с использованием средств ГИС, планиметрированием или с помощью палетки;

2) в пределах намечаемого подпора вплоть до Z_n получить ряд значений площадей зеркала F_1, F_2, \dots, F_n и построить графическую зависимость $F=f(Z)$ (рис. 2);

3) вычислить объемы водоемов для каждого из назначенных уровней воды, пользуясь следующими формулами:

$$\Delta V_i = \Delta Z \cdot (F_i + (F_i \cdot F_{i+1})^{0.5} + F_{i+1}) / 3, \quad (21)$$

или при малом ΔZ :

$$\Delta V_i = \Delta Z \cdot (F_i + F_{i+1}) / 2, \quad (22)$$

где

ΔV_i - элементарный объем водохранилища между горизонталями Z_i и Z_{i+1} ;

F_i и F_{i+1} - площади зеркала водохранилища соответственно при уровнях Z_i и Z_{i+1} ; $\Delta Z = Z_i + Z_{i+1}$.

4) определить ординаты кривой $V=f(Z)$ для любой отметки Z путем последовательного суммирования от Z_0 элементарных объемов ΔV_i и построить графическую зависимость $V=f(Z)$;

5) вычислить среднюю глубину водохранилища как частное от деления объема воды на площадь зеркала при одной и той же отметке наполнения и построить графическую зависимость $h_{cp} = f(Z)$;

6) определить по полученным кривым значения V , F , h_{cp} для максимальной глубины в верхнем бьефе водохранилища.

Примечания. Форма кривой $F=f(Z)$ определяется конфигурацией долины и может иметь неправильное очертание. Зависимость $V=f(Z)$ выражается плавной выпуклой кривой параболического вида. Учитывая, что кривая $V=f(Z)$ рассчитана в условиях горизонтальности уровня водохранилища, то есть отвечает гидростатическому равновесию неподвижной жидкости, она носит название статической кривой объемов водохранилища.

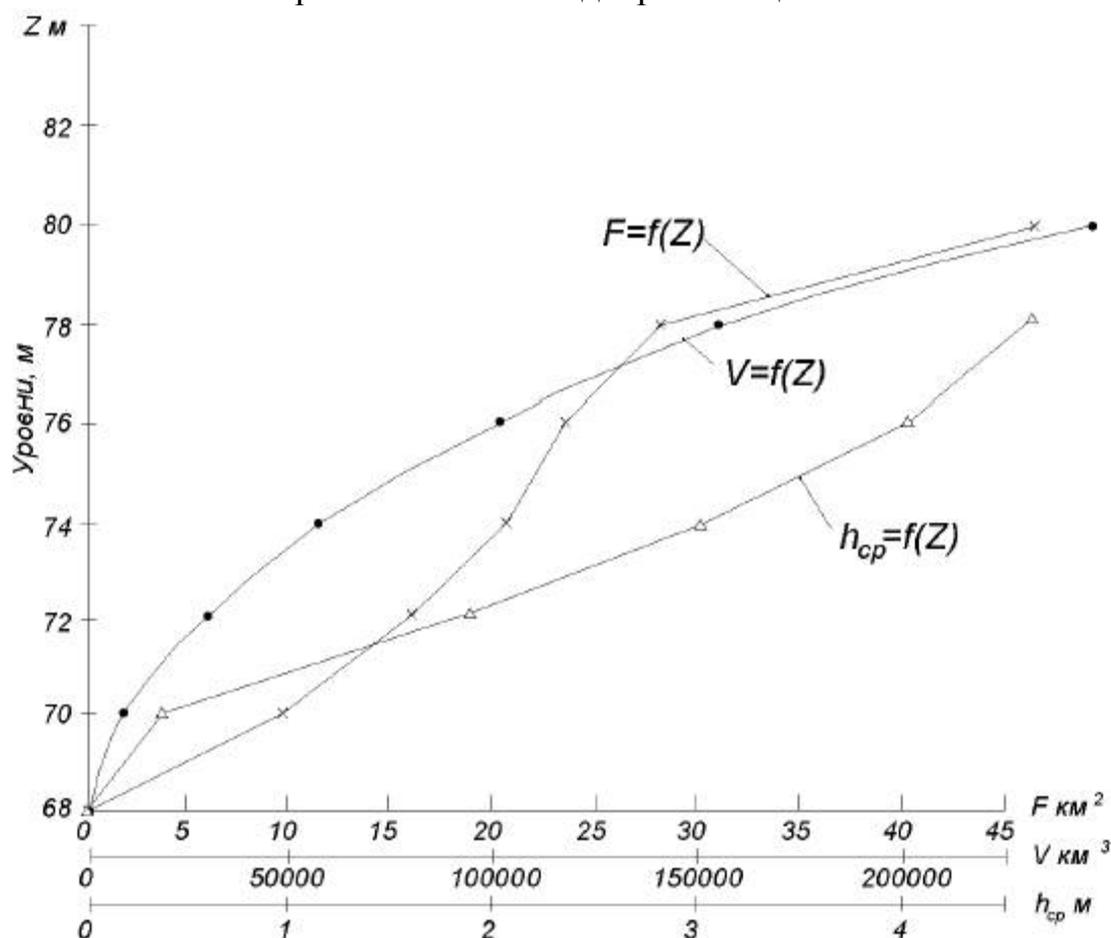


Рис. 2. Кривые зависимости площадей зеркала F , статических объемов V и средних глубин h_{cp} от уровней воды Z .

ЗАДАНИЕ 2. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ МЕРТВОГО ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет мертвого объема водохранилища.

Исходные данные:

1. Период эксплуатации водохранилища $T = 50$ лет.
2. Средний годовой расход воды $Q_{сг}$ (табл. 9).
3. Средняя годовая мутность $C_{взв}$ (табл. 9).
4. Наносы - песчано-илистые с объемным весом $\rho = 1,1$ т/м³.
5. Кривая $V=f(Z)$ - по результатам выполнения задания 1.

Задание к работе: выполнить ориентировочную оценку мертвого объема водохранилища.

Таблица 9. - Варианты заданий

Вариант	Средний годовой расход воды $Q_{сг}$, м ³ /с	Средняя годовая мутность $C_{взв}$, мг/дм ³
1	2	3
1	0,05	80
2	0,08	80
3	0,09	80
4	0,10	80
5	0,01	95
6	0,03	95
7	0,05	95
8	0,06	95
9	0,14	110
10	0,08	75
11	0,07	75
12	0,06	75
13	0,05	55
14	0,04	55
15	0,03	55
16	0,02	55
17	0,08	85
18	0,07	85
19	0,04	65
20	0,03	60
Пример	0,05	100

Ход выполнения работы:

- 1) определить средний годовой объем взвешенных наносов (м³) по формуле:

$$W_n = Q_{сг} \cdot C_{взв} \cdot 31,536 / \rho, \quad (23)$$

- 2) вычислить мертвый объем $W_{мо}$ по формуле:

$$W_{mo} = T \cdot W_n. \quad (24)$$

3) сопоставить значения W_{mo} и полного объема водохранилища, вычисленного по кривой $V=f(Z)$, полученной в задании 1 практическая работа №4.

Пример:

- 1) $W_n = 0.05 \cdot 100 \cdot 31,536 / 1,1 = 143 \text{ м}^3$;
- 2) $W_{mo} = 50 \cdot 143 = 7150 \text{ м}^3$;
- 3) полный объем при НПУ составляет 200000 м^3 ; следовательно, полезный объем составляет 192850 м^3 , что в первом приближении не противоречит целям проекта (строительства водохранилища); дополнительная проверка выполняется по результатам расчета полезного объема водохранилища.

ЗАДАНИЕ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЗНОГО ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА СЕЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОСТОЯННОЙ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА ВОДООТДАЧЕ

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет полезного объема водохранилища сезонного регулирования при постоянной в течение года водоотдаче.

Исходные данные:

Среднемесячные расходы воды (табл. 10).

Коэффициент водоотдачи $\alpha = Q_{gap} / Q_{cpe}$ (табл. 11).

Расчетный меженный период (табл. 2.4).

Обеспеченности годового и меженного с стока (табл. 11).

Таблица 10 - Среднемесячные расходы воды водотока, $\text{м}^3/\text{с}$

Год	Месяц административного года										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1980	0,23	0,45	1,21	10,8	2,06	2,52	1,38	0,62	0,69	0,75	0,8
1981	0,52	0,55	0,46	10,6	10,7	2,81	1,36	0,88	0,58	0,73	0,46
1982	0,31	0,24	0,56	23,3	5,93	2,06	0,46	0,74	0,85	0,95	0,48
1983	0,52	0,58	1,01	7,13	16,3	2,89	1,14	1,02	0,81	1,14	1,21
1984	0,53	0,41	0,42	10,6	5,14	1,41	0,82	0,36	0,61	0,95	0,75
1985	0,44	0,38	0,55	14,8	7,58	1,31	0,6	0,43	0,7	0,62	0,55
1986	0,37	0,36	0,45	9,51	7,74	1,84	1,17	0,92	0,81	1,13	1,44
1987	0,6	0,53	0,68	9,99	25,5	1,79	0,83	0,68	0,75	1,27	0,87
1988	0,58	0,43	0,35	9,47	5,01	1,37	1,16	0,61	0,47	0,65	0,86
1989	0,49	0,43	0,75	8,73	2,12	0,69	0,55	0,53	0,44	0,66	0,42
1990	0,29	0,27	0,34	10,5	3,22	0,68	0,5	0,41	0,4	0,75	0,58

1991	0,38	0,41	0,43	2,38	11,8	1,1	0,45	0,54	0,52	0,68	0,83
1992	0,42	0,37	0,35	1,47	15,2	3,12	3,44	1,54	1,43	2,07	1,37
1993	0,48	0,59	0,79	14,1	17,6	9,1	3,11	1,79	1,24	1,32	1,08
1994	0,62	0,52	0,61	5,24	19,7	3,19	1,07	1,24	1,27	1,33	0,82
1995	0,44	0,4	0,53	8,95	10,0	3,13	2,52	1,81	2,15	2,91	1,76
1996	0,6	0,55	0,61	21,3	7,98	3,0	1,78	1,96	1,2	1,24	1,31
1997	0,66	0,66	1,07	14,6	11,4	2,34	0,57	0,48	0,5	0,68	0,64
1998	0,4	0,38	0,6	5,95	7,73	1,05	0,99	0,88	0,67	1,35	0,86
1999	0,47	0,46	0,49	11,6	5,91	1,89	1,37	0,88	1,18	1,56	1,16
2000	0,58	0,68	0,57	9,6	18,4	2,48	0,77	0,65	1,64	0,84	0,69
2001	0,52	0,46	0,52	10,4	9,93	1,61	1,85	1,58	1,31	1,68	1,2
2002	0,5	0,39	0,49	12,4	9,92	1,68	0,47	0,54	0,77	1,1	1,91
2003	0,78	0,69	0,74	14,6	3,91	2,39	1,26	1,23	0,98	1,76	2,3
2004	0,8	0,55	1,09	7,22	7,39	2,2	1,5	1,34	5,39	3,55	1,62
2005	0,92	0,7	0,95	27,4	4,79	1,28	1,13	1,23	1,21	1,49	1,09
2006	0,75	1,02	0,76	5,7	25,0	2,16	1,51	0,96	1,06	1,74	1,36
2007	0,74	0,71	0,88	13,7	14,6	2,21	0,65	0,34	0,34	0,57	0,69
2008	0,44	0,51	0,71	9,72	5,51	3,4	0,9	0,89	0,68	0,67	0,56
2009	0,5	0,49	1,58	16,3	11,8	3,3	1,46	1,52	1,25	2,52	5,67
2010	0,7	0,95	1,48	10,5	21,8	3,98	3,11	1,24	1,22	1,47	1,28
2011	0,85	1,01	1,33	9,34	11,6	1,4	0,69	0,55	0,66	0,93	0,75

Задание к работе: определить полезную емкость водохранилища сезонного регулирования.

Контрольные вопросы:

1. Законы распределения вероятностей, применяемые в водном хозяйстве в Российской Федерации.
2. Методы определения параметров законов распределения вероятностей, применяемых в водном хозяйстве.
3. Определение понятий «УМО, НПУ, ФПУ, напор».
4. Определение понятий «полный и полезный объемы».

Таблица 11 - Значения коэффициента водоотдачи и продолжительности расчетного межлетнего периода

Вариант	Коэффициент водоотдачи α	Обеспеченность годового стока, %	Обеспеченность межлетнего стока, %	Расчетная межень
1	2	3	4	5
1	0,35	95	95	Декабрь - март
2	0,50	90	90	Ноябрь - март
3	0,45	85	85	Январь - март
4	0,35	80	80	Декабрь - март

5	0,40	95	95	Ноябрь - март
6	0,30	90	90	Январь - март
7	0,35	85	85	Декабрь - март
8	0,45	80	80	Ноябрь - март
9	0,40	95	95	Январь - март
10	0,50	90	90	Декабрь - март
11	0,35	85	85	Ноябрь - март
12	0,40	80	80	Январь - март
13	0,35	95	95	Декабрь - март
14	0,50	90	90	Ноябрь - март
15	0,30	85	85	Январь - март
16	0,45	80	80	Декабрь - март
17	0,40	95	95	Ноябрь - март
18	0,35	90	90	Январь - март
19	0,45	85	85	Декабрь - март
20	0,50	80	80	Январь - март
Пример	0,50	95	95	Декабрь - март

Ход выполнения работы:

- 1) составляется таблица исходных гидрологических данных для расчета сезонного регулирования (табл. 12).
- 2) рассчитываются параметры годового стока: $Q_{ср.г}$ - норма годового стока, $Cv_г$ - коэффициент вариации годового стока, $Cs_г$ - коэффициент асимметрии годового стока; по таблице трехпараметрического гамма распределения или с помощью пакетов компьютерной математики по вычисленным параметрам находится модульный коэффициент ($K_{рг} = Q_{рг} / Q_{ср.г}$) и среднегодовой расход воды $Q_{рг}$ заданной обеспеченности p ; в случае $Cs_г < 2 \cdot Cv_г$ принять $Cs_г = 2 \cdot Cv_г$;

Таблица 12 - Характерные расходы воды реки Томь, м³/с

Год	Месяц гидрологического года												Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1/2	134	153	87	76	53	46	48	52	41	37	32	26	65
....

- 3) рассчитываются параметры меженного стока: $Q_{ср.м}$ - норма меженного стока, $Cv_м$ - коэффициент вариации меженного стока, $Cs_м$ - коэффициент асимметрии меженного стока; по таблице трехпараметрического гаммараспределения или с помощью пакетов компьютерной математики по вычисленным параметрам находится модульный коэффициент стока межени расчетной обеспеченности ($K_{рм} = Q_{рм} / Q_{ср.м}$) и соответствующий сток межени $Q_{рм}$ аналогично годовому стоку (п. 2); в случае $Cs_м < 2 \cdot Cv_м$ принять $Cs_м = 2 \cdot Cv_м$;

- 4) определяются параметры меженного стока в относительных единицах: t_m - длительность межени в долях года; m_m - средняя многолетняя доля межени в годовом стоке;
- 5) определяется потребный полезный объем $V_{сез}$ водохранилища по формулам:

$$b_{сез} = \alpha \cdot t_m - m_m \cdot K_{рм}; \quad (25)$$

$$V_{сез} = b_{сез} \cdot W_z, \quad (26)$$

Где

W_z - среднемноголетний объем годового стока ($W_z = Q_{срз} \cdot 31,5 \cdot 10^6$).

Пример:

- 1) составляется таблица исходных гидрологических данных для расчета сезонного регулирования вида (табл. 12).
- 2) $Q_{срз} = 2,72 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_{v_z} = 0,29$; $C_{s_z} = 0,58$; $K_{p_z} = 0,58$; $Q_{p_z} = 1,58 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 3) $Q_{срм} = 0,62 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_{v_m} = 0,30$; $C_{s_m} = 0,71$; $K_{p_m} = 0,42$; $Q_{p_m} = 0,26 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 4) $t_m = 0,33$; $m_m = 0,08$; $W_z = 85,778 \text{ млн. м}^3$;
- 5) $b_{сез} = 0,5 \cdot 0,33 - 0,08 \cdot 0,26 = 0,131$; $V_{сез} = 0,131 \cdot 85,778 = 11,237 \text{ млн. м}^3$.

ЗАДАНИЕ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЗОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОЛЕЗНОГО ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА МНОГОЛЕТНЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ВОДООТДАЧЕ

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет сезонной составляющей полезного объема водохранилища многолетнего регулирования при постоянной водоотдаче.

Исходные данные:

1. Среднемесячные расходы воды (табл. 10).
2. Коэффициент водоотдачи $\alpha = Q_{зав} / Q_{срз}$ (табл. 13).
3. Расчетный меженный период (табл. 13).
4. Обеспеченности годового и меженного стока (табл. 13).

Таблица 13 - Значения коэффициента водоотдачи и продолжительности расчетного меженного периода

Вариант	Коэффициент водоотдачи α	Обеспеченность годового стока, %	Обеспеченность меженного стока, %	Расчетная межень
1	2	3	4	5
1	0,85	95	95	Декабрь - март
2	0,90	90	90	Ноябрь - март

3	0,95	85	85	Январь - март
4	0,85	80	80	Декабрь - март
5	0,90	95	95	Ноябрь - март
6	0,80	90	90	Январь - март
7	0,85	85	85	Декабрь - март
8	0,95	80	80	Ноябрь - март
9	0,90	95	95	Январь - март
10	0,90	90	90	Декабрь - март
11	0,85	85	85	Ноябрь - март
12	0,90	80	80	Январь - март
13	0,85	95	95	Декабрь - март
14	0,80	90	90	Ноябрь - март
15	0,90	85	85	Январь - март
16	0,85	80	80	Декабрь - март
17	0,80	95	95	Ноябрь - март
18	0,95	90	90	Январь - март
19	0,85	85	85	Декабрь - март
20	0,90	80	80	Январь - март
Пример	0,80	95	95	Декабрь - март

Задание к работе: определить сезонную составляющую полезного объема водохранилища многолетнего регулирования; в расчетах используются материалы задания 3.

Ход выполнения работы:

- 1) используется табл. 12.
- 2) рассчитываются параметры годового и межennaleго стока, как указано в задании 3.
- 3) определяется сезонная составляющая полезного объема $V_{сез.сост.}$ водохранилища многолетнего регулирования по формулам:

$$b_{сез.сост.} = a \cdot t_m - m_m + (1-a) \cdot m_m \cdot (1 - K_{pm}) / (1 - K_{pe}); \quad (27)$$

$$V_{сез.сост.} = b_{сез.сост.} \cdot W_z, \quad (28)$$

где

W_z - среднемноголетний объем годового стока ($W_z = Q_{ср.z} \cdot 31,5 \cdot 10^6$).

Пример:

1) составляется таблица исходных гидрологических данных для расчета сезонного регулирования вида (табл. 2.5).

- 2) $Q_{ср.z} = 2,72 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_{vz} = 0,29$; $C_{sz} = 0,58$; $K_{pe} = 0,58$; $Q_{pe} = 1,58 \text{ м}^3/\text{с}$;
 $Q_{ср.m} = 0,62 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_{vm} = 0,30$; $C_{sm} = 0,71$; $K_{pm} = 0,42$; $Q_{pm} = 0,26 \text{ м}^3/\text{с}$;
 $t_m = 0,33$; $m_m = 0,08$; $W_z = 85,778 \text{ млн. м}^3$;

$$3) b_{сез.сост.} = 0,8 \cdot 0,33 - 0,08 + (1 - 0,8) \cdot 0,08 \cdot (1 - 0,42) / (1 - 0,58) = 0,206;$$

$$V_{сез.сост.} = 0,206 \cdot 85,778 = 17,67 \text{ млн. м}^3.$$

ЗАДАНИЕ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЗНОГО ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА МНОГОЛЕТНЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОСТОЯННОЙ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА ВОДООТДАЧЕ

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет полезного объема водохранилища многолетнего регулирования при постоянной водоотдаче.

Исходные данные:

1. Среднемесячные расходы воды (табл. 10).
2. Коэффициент водоотдачи $\alpha = Q_{gap} / Q_{срз}$ (табл. 13).
3. Сезонная составляющая полезного объема - по результатам задания 4.
4. Период T_m в течение которого возможны перебои, составляет 2 года.

Задание к работе: определить полезную емкость водохранилища многолетнего регулирования; в расчетах используются материалы заданий 3 и 4.

Ход выполнения работы:

- 1) составляется таблица исходных гидрологических данных для расчета регулирования (табл. 12), полученная в заданиях 3 и 4;
- 2) используются статистические параметры годового и межennaleго стока, полученные в заданиях 3 и 4;
- 3) определяется многолетняя составляющая полезного объема $V_{мн.сост.}$ водохранилища многолетнего регулирования по формулам:

$$V_{мн.сост.} = (Q_{gap} - Q_{pz}) \cdot T_m \cdot 31,5 \cdot 10^6; \quad (29)$$

где W_z - среднемноголетний объем годового стока ($W_z = Q_{срз} \cdot 31,5 \cdot 10^6$).

4) определяется полезный объем:

$$V_{мн.} = V_{сез.сост.} + V_{мн.сост.}, \quad (30)$$

Пример:

- 1) составляется таблица исходных гидрологических данных для расчета сезонного регулирования вида (табл. 12).
- 2) $Q_{срз} = 2,72 \text{ м}^3/\text{с}$; $Cv_z = 0,29$; $Cs_z = 0,58$; $K_{pz} = 0,58$; $Q_{pz} = 1,58 \text{ м}^3/\text{с}$;
 $Q_{срм} = 0,62 \text{ м}^3/\text{с}$; $Cv_m = 0,30$; $Cs_m = 0,71$; $K_{pm} = 0,42$; $Q_{pm} = 0,26 \text{ м}^3/\text{с}$;
 $t_m = 0,33$; $m_m = 0,08$; $W_z = 85,778 \text{ млн. м}^3$;
- 3) $V_{мн.сост.} = (2,18 - 1,58) \cdot 2 \cdot 31,5 \cdot 10^6 = 37,843 \text{ млн. м}^3$.
- 4) $V_{мн.} = 37,843 + 17,67 = 55,513 \text{ млн. м}^3$.

ЗАДАНИЕ 6. РАСЧЕТ НАПОЛНЕНИЯ И ОПОРОЖНЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА

Цель работы:

Закрепить знания курсу «Управление природно – техногенными комплексами». Научиться проводить расчет наполнения и опорожнения водохранилища.

Исходные данные:

Площадь сечения водоспуска в теле плотины ω (табл. 14).

Расход воды в реке Q_p (табл. 14).

Зависимость $F=F(H)$ - по результатам задания 1.

Коэффициент расхода водоспуска $\mu=0,62$; Высота слоя $\Delta H=1$ м.

Водоспуск расположен на 0.5 м выше самой глубокой точки в верхнем бьефе плотины.

Таблица 14 - Варианты заданий

Вариант	$Q_p, \text{ м}^3/\text{с}$	$s, \text{ м}^2$
1	0,05	0,75
2	0,08	1,00
3	0,09	0,50
4	0,10	0,75
5	0,01	1,00
6	0,03	0,50
7	0,05	0,75
8	0,06	1,00
9	0,14	0,50
10	0,08	0,75
11	0,07	1,00
12	0,06	0,50
13	0,05	0,75
14	0,04	1,00
15	0,03	0,50
16	0,02	0,75
17	0,08	1,00
18	0,07	0,50
19	0,04	0,75
20	0,03	1,00
Пример	0,05	0,50

Задание к работе: рассчитать время полного опорожнения водохранилища; в расчетах используется зависимость $F=F(H)$, выявленная в процессе выполнения задания 1; результат представить в сутках.

Ход выполнения работы:

Схема истечения жидкости из водохранилища приведена на рис. 3.

Время опорожнения и наполнения водохранилища может быть определено по формуле (в секундах):

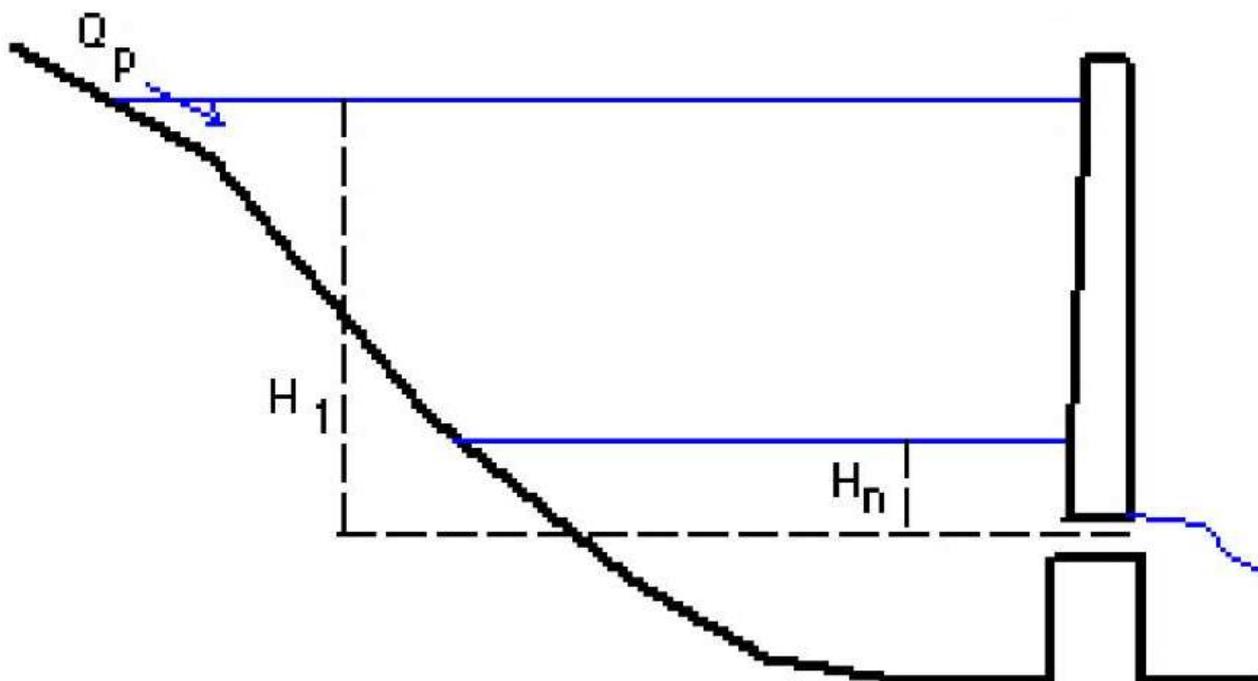


Рис. 3. Истечение жидкости из водохранилища

$$T = \frac{\Delta H}{2 \cdot \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \cdot \left(\frac{F_1}{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_p}} + \frac{2 \cdot F_2}{\sqrt{H_2} - \sqrt{H_p}} + \dots + \frac{2 \cdot F_{n-1}}{\sqrt{H_{n-1}} - \sqrt{H_p}} + \frac{F_n}{\sqrt{H_n} - \sqrt{H_p}} \right), \quad (31)$$

$$H_p = \frac{Q_p^2}{2 \cdot g \cdot \mu^2 \cdot \omega^2}, \quad (32)$$

где

H_p - напор;

ω - площадь сечения водоспуска в теле плотины;

μ - коэффициент расхода водоспуска (при истечении через отверстия в тонкой стенке $\mu \approx 0.62$; при истечении через внешний цилиндрический насадок $\mu \approx 0.82$);

Q_p - расход воды в реке;

ΔH - высота слоя при разделении сливного объема водохранилища на n равных по высоте частей ($\Delta H = 1$ м или $\Delta H = 0.5$ м);

F - площадь зеркала водохранилища при напорах H , определяемые по кривой $F = F(H)$ в практической задании 1;

g - ускорение свободного падения.

Содержание

Раздел 1. Общие методические указания по изучению дисциплины.....	3
Раздел 2. Содержание учебных модулей дисциплины и методические указания по их выполнению.....	7
Раздел 3. Задания для контрольной работы и методические указания по её выполнению.....	9
Раздел 4. Задания для практических работ.....	10