


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено  
на заседании кафедры  
гидрометеорологии и геоэкологии  
протокол № 9 от 19 июня 2017 г.

Зав. кафедрой  Т.А.М. Гареев

Согласовано:  
Председатель УМК  
географического факультета

 / Ю.В. Фаронова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина «Инженерная гидрология»

Вариативная часть

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

05.03.04 Гидрометеорология

Направленность (профиль) подготовки

«Гидрология»

Квалификация

бакалавр

Разработчик (составитель):

Старший преподаватель

 /Р.Ш.Фатхутдинова

Для приема: 2017 г.

Уфа – 2017 г.

Составитель: Р.Ш. Фатхутдинова, старший преподаватель кафедры гидрометеорологии и геоэкологии

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол № 9 от 19 июня 2017 г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры: обновлены перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины, лицензионное программное обеспечение, современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и изменено название кафедры, протокол № 8 от 16 июня 2018 г.

Заведующий кафедрой Гареев /А.М. Гареев/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	10
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	10
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	12
4.3. Рейтинг-план дисциплины	13
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	34
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	34
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	34
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	35

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Способы расчета гидрологических характеристик с помощью инженерных методов.	ПК - 1	
	Методы исследования водных ресурсов и прогнозирования их во времени на основе современного состояния вопросов о гидрологическом режиме рек, озер, морей и водохранилищ.	ПК – 4	
	Методы гидрологических и водохозяйственных расчетов, методы и способы регулирования стока.	ПК - 5	
Умения	Самостоятельно выбирать методы гидрологических и водохозяйственных расчетов.	ПК - 1	
	Проводить обработку данных наблюдений за стоком с целью определения расчетных гидрологических характеристик.	ПК – 4	
	Находить причинно-следственные связи на основе выполненных практических заданий.		
	Проводить гидрологические и водохозяйственные расчеты с целью регулирования стока и определения параметров водохранилищ.	ПК - 5	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Методами обработки гидрологической информации для целей водохозяйственного строительства.	ПК - 1	
	Методикой применения математического аппарата теории вероятности в гидрологических расчетах.	ПК – 4	
	Методиками корреляции и математического моделирования гидрологических расчетов.	ПК - 5	

ПК – 1 - владением методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств;

ПК – 4 - готовностью осуществлять получение оперативной гидрометеорологической информации и ее первичную обработку, обобщение архивных гидрометеорологических данных с использованием современных методов анализа и вычислительной техники;

ПК – 5 - готовностью осуществлять гидрометеорологическое обеспечение и экологическую экспертизу при строительстве хозяйственных объектов.

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Инженерная гидрология» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Целью изучения дисциплины «Инженерная гидрология» является формирование у студентов знаний по гидрологическим явлениям и процессам, протекающим в естественных водотоках, их генетической основы и влияния на работу водохозяйственных установок; ознакомление с основными понятиями и методами расчетов, применяемых при исследовании водных ресурсов, гидрологических и водохозяйственных расчетов, методами и способами регулирования стока; формирование навыков проведения гидрологических расчетов, необходимых при проектировании инженерных сооружений на основе последних достижений науки и техники в тесной взаимосвязи с охраной окружающей среды; формирование навыков работы с нормативной и научно-технической литературой; развитие у студентов инженерного мышления; выработка умения применять знания, полученные при изучении общетехнических дисциплин.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Общая гидрология», «Математика», «Геоморфология с основами геологии», «Метеорология и климатология», «Физика», «Гидрометрия и техника безопасности», «Гидрология рек», «Гидрология озер и водохранилищ», «Статистические методы в гидрометеорологии», «Математические методы в гидрометеорологии».

Освоение компетенций дисциплины необходимы для изучения следующих дисциплин: «Речной сток и гидрологические расчеты», «Водные проблемы», «Водно-технические изыскания», написания курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

**3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Инженерная гидрология» на 6 семестр

очная форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	55,2
лекций	28
практических/ семинарских	-
лабораторных	26
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу аспирантов с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	18
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (контроль)	34,8

Форма контроля:

Экзамен 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	МОДУЛЬ 1. Введение. Определение науки «Инженерная гидрология». Предмет. Содержание и структура курса. Краткий исторический обзор. Общие положения. Основные гидрометеорологические характеристики, используемые в инженерных гидрологических расчетах.	2	-	-	-	1,2,3,4,5,6,8	-	Контрольная работа
2.	Проверка исходного ряда данных на соответствие статистическим гипотезам.	-	-	2	2	1,2,3,4,5,6,8	Практическая работа № 1.	Проверка практической работы. Контрольная работа
3.	Расчет гидрологических характеристик при разном объеме гидрометрической информации. Расчет гидрологических характеристик при наличии длинного ряда гидрометрических наблюдений. Расчет гидрологических характеристик при ограниченности данных гидрометрических наблюдений. Расчет гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.	4	-	-	-	1,2,3,4,5,6,8	-	Контрольная работа
4.	Основы гидрологических расчетов. Единицы измерения и характеристики стока. Годовой сток. Карты изолиний среднего многолетнего стока. Статистическая обработка данных наблюдений. Кривые повторяемости и продолжительности. О применении теории вероятностей к гидрологическим расчетам. Основные понятия теории вероятностей в применении к гидрологическим расчетам.	2	-	-	-	1,2,3,4,5,6,8	-	Контрольная работа
5.	Определение расчетных гидрологических характеристик годового стока.	-	-	4	2	1,2,3,4,5,6,8	Практическая работа № 2	Проверка практической работы. Контрольная работа
6.	Анализ кривых обеспеченности. Влияние климатических факторов и зарегулирования стока на параметры кривой обеспеченности. Построение кривых обеспеченности. Методы удлинения рядов. Методы линейной корреляции. Кривые обеспеченности суточных расходов. Построение и использование разностных интегральных кривых.	2	-	-	2	1,2,3,4,5,6,8	Самостоятельное изучение темы: Минимальный сток. Кривые обеспеченности суточных расходов	Контрольная работа
7.	Построение разностной интегральной кривой и оценка репрезентативности периода наблюдений.	-	-	4	2	1,2,3,4,5,6,8	Практическая работа № 3	Проверка практической работы

								Контрольная работа
8.	Восстановление значений стока за отдельные годы (по одному аналогу) и расчет параметров кривых обеспеченности.	-	-	4	2	1,2,3,4,5,6,8	Практическая работа № 4	Проверка практической работы. Контрольная работа
9.	МОДУЛЬ 2. Расчет максимальных паводков. Выбор расчетной обеспеченности. Построение кривых обеспеченности максимальных паводковых расходов. Методы определения максимальных расходов при недостаточности данных наблюдений. Процесс формирования дождевого стока и метод его расчета. Приближенные метода расчета паводкового стока.	4	-	-	-	1,2,3,4,5,6,8	-	Контрольная работа
10.	Приведение параметров кривых обеспеченности годового стока к многолетнему периоду.	-	-	4	2	1,2,3,4,5,6,8	Практическая работа № 5	Проверка практической работы. Контрольная работа
11.	Основные указания об использовании гидрологических данных при водохозяйственных расчетах. Общие указания. Выбор расчетного гидрографа. Расчетный гидрограф паводка и расчет трансформации паводкового стока.	2	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8	-	Контрольная работа
12.	Расчеты внутригодового распределения стока методом компоновки.	-	-	4	2	1,2,3,4,5,6,8	Практическая работа № 6	Проверка практической работы. Контрольная работа
13.	Элементы гидравлического расчета речных потоков. Основные сведения о наносах рек. Формирование русел рек. Основы теории движения наносов. Размывающие скорости потока. Критические скорости потока.	4	-	-	2	1,2,3,4,5,6,8	Самостоятельное изучение темы: Режим горных рек и формирование их русел	Контрольная работа
14.	Общие исследования деформации русел. Уравнение деформации русла. Размыв русла на участке реки, стесненном перемычками.	2	-	-	-	1,2,3,4,5,6,8	-	Контрольная работа
15.	Проектирование деформированного профиля водотоков. Заиление подпертых бьефов гидроузлов и водохранилищ. Занесение верхнего бьефа гидроузла донными наносами. Приближенное определение понижения уровня и глубины размыва нижнего бьефа гидроузла. Изменение продольного профиля русла на участке деривации.	2	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8	-	Контрольная работа
16.	Определение мёртвого объёма водохранилища. Расчёты водохранилища сезонного регулирования таблично-цифровым балансовым методом.	-	-	4	2	1,2,3,4,5,6,7,8	Практическая работа № 7	Проверка практической работы. Контрольная работа
17.	Зимний и термический режим естественных водотоков и водоемов. Общие сведения о термическом режиме водоемов и рек. Характеристика видов льда. Процессы ледостава. Процессы ледохода. Распределение шуги по	2	-	-	-	1,2,3,4,5,6,8	-	Контрольная работа



	живому сечению потока. Расход шуги.							
18.	Расчеты зимнего режима водотоков и водоемов при регулировании стока. Ледовый режим подпертых бьефов. Ледовый режим в нижнем бьефе гидросооружений. Зимний режим подпертых бьефов незамерзающих водотоков. Зимний режим на участке реки, стесненном перемычками.	2	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8	-	Контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	28	-	26	18			

### Описание основных разделов дисциплины

МОДУЛЬ 1. Введение. Определение науки «Инженерная гидрология». Предмет. Содержание и структура курса. Краткий исторический обзор. Общие положения. Основные гидрометеорологические характеристики, используемые в инженерных гидрологических расчетах. Расчет гидрологических характеристик при разном объеме гидрометрической информации. Расчет гидрологических характеристик при наличии длинного ряда гидрометрических наблюдений. Расчет гидрологических характеристик при ограниченности данных гидрометрических наблюдений. Расчет гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Основы гидрологических расчетов. Единицы измерения и характеристики стока. Годовой сток. Карты изолиний среднего многолетнего стока. Статистическая обработка данных наблюдений. Кривые повторяемости и продолжительности. О применении теории вероятностей к гидрологическим расчетам. Основные понятия теории вероятностей в применении к гидрологическим расчетам. Анализ кривых обеспеченности. Влияние климатических факторов и зарегулирования стока на параметры кривой обеспеченности. Построение кривых обеспеченности. Методы удлинения рядов. Методы линейной корреляции. Кривые обеспеченности суточных расходов. Построение и использование разностных интегральных кривых.

МОДУЛЬ 2. Расчет максимальных паводков. Выбор расчетной обеспеченности. Построение кривых обеспеченности максимальных паводковых расходов. Методы определения максимальных расходов при недостаточности данных наблюдений. Процесс формирования дождевого стока и метод его расчета. Приближенные методы расчета паводкового стока. Основные указания об использовании гидрологических данных при водохозяйственных расчетах. Общие указания. Выбор расчетного гидрографа. Расчетный гидрограф паводка и расчет трансформации паводкового стока. Элементы гидравлического расчета речных потоков. Основные сведения о наносах рек. Формирование русел рек. Основы теории движения наносов. Размывающие скорости потока. Критические скорости потока. Общие исследования деформации русел. Уравнение деформации русла. Размыв русла на участке реки, стесненном перемычками. Проектирование деформированного профиля водотоков. Заиливание подпертых бьефов гидроузлов и водохранилищ. Занесение верхнего бьефа гидроузла донными наносами. Приближенное определение понижения уровня и глубины размыва нижнего бьефа гидроузла. Изменение продольного профиля русла на участке деривации. Зимний и термический режим естественных водотоков и водоемов. Общие сведения о термическом режиме водоемов и рек. Характеристика видов льда. Процессы ледостава. Процессы ледохода. Распределение шуги по живому сечению потока. Расход шуги. Расчеты зимнего режима водотоков и водоемов при регулировании стока. Ледовый режим подпертых бьефов. Ледовый режим в нижнем бьефе гидросооружений. Зимний режим подпертых бьефов незамерзающих водотоков. Зимний режим на участке реки, стесненном перемычками

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции: ПК – 1 - владением методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: способы расчета гидрологических характеристик с помощью инженерных методов.	Объем знаний оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Второй этап (уровень)	Уметь: самостоятельно выбирать методы гидрологических и водохозяйственных расчетов.	Объем умений оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Третий этап (уровень)	Владеть: методами обработки гидрологической информации для целей водохозяйственного строительства.	Объем владения навыками на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем владения навыками от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 80 до 110 баллов от требуемых

Код и формулировка компетенции: ПК – 4 - готовностью осуществлять получение оперативной гидрометеорологической информации и ее первичную обработку, обобщение архивных гидрометеорологических данных с использованием современных методов анализа и вычислительной техники.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: методы исследования водных ресурсов и прогнозирования их во времени на основе современного состояния вопросов о гидрологическом режиме рек, озер, морей и	Объем знаний оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых

	водохранилищ.				
Второй этап (уровень)	Уметь: проводить обработку данных наблюдений за стоком с целью определения расчетных гидрологических характеристик.	Объем умений оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
	Уметь: находить причинно-следственные связи на основе выполненных практических заданий.	Объем умений оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Третий этап (уровень)	Владеть: методикой применения математического аппарата теории вероятности в гидрологических расчетах.	Объем владения навыками на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем владения навыками от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 80 до 110 баллов от требуемых

Код и формулировка компетенции: ПК – 5 - готовностью осуществлять гидрометеорологическое обеспечение и экологическую экспертизу при строительстве хозяйственных объектов.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительн о»)	3 («Удовлетворител ьно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: методы гидрологических и водохозяйственных расчетов, методы и способы регулирования стока.	Объем знаний оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Второй этап (уровень)	Уметь: проводить гидрологические и водохозяйственные расчеты с целью регулирования стока и определения параметров водохранилищ.	Объем умений оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Третий этап (уровень)	Владеть: методиками корреляции и математического моделирования гидрологических расчетов.	Объем владения навыками на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем владения навыками от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 80 до 110 баллов от требуемых

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знает способы расчета гидрологических характеристик с помощью инженерных методов.	ПК – 1	Практическая работа Контрольная работа
	2. Знает методы исследования водных ресурсов, и прогнозирования их во времени на основе современного состояния вопросов о гидрологическом режиме рек, озер, морей и водохранилищ.	ПК - 4	Практическая работа Контрольная работа
	3. Знает методы гидрологических и водохозяйственных расчетов, методы и способы регулирования стока.	ПК- 5	Практическая работа Контрольная работа
2-й этап Умения	1. Умеет самостоятельно выбирать методы гидрологических и водохозяйственных расчетов.	ПК – 1	Практическая работа Контрольная работа
	2. Умеет проводить обработку данных наблюдений за стоком с целью определения расчетных гидрологических характеристик.	ПК - 4	Практическая работа Контрольная работа
	3. Умеет находить причинно-следственные связи на основе выполненных практических заданий.		Практическая работа Контрольная работа
	4. Умеет проводить гидрологические и водохозяйственные расчеты с целью регулирования стока и определения параметров водохранилищ.	ПК- 5	Практическая работа Контрольная работа
3-й этап Владеть навыками	1. Владеет методами обработки гидрологической информации для целей водохозяйственного строительства.	ПК – 1	Практическая работа Контрольная работа
	2. Владеет методикой применения математического аппарата теории вероятности в гидрологических расчетах.	ПК - 4	Практическая работа Контрольная работа
	3. Владеет методиками корреляции и математического моделирования гидрологических расчетов.	ПК- 5	Практическая работа Контрольная работа

**4.3. Рейтинг-план дисциплины**  
Инженерная гидрология

направление 05.03.04 «Гидрометеорология», профиль «Гидрология»  
курс 3, семестр 6

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Выполнение и защита лабораторных работ	7 за 1 работу	4 работы	0	28
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа	3 за 1 вопрос	5 вопросов	0	15
<b>Всего по модулю</b>			<b>0</b>	<b>43</b>
<b>Модуль 2.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Выполнение и защита лабораторных работ	4 за 1 работу	3 работы	0	12
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа	3 за 1 вопрос	5 вопросов	0	15
<b>Всего по модулю</b>			<b>0</b>	<b>27</b>
<b>Поощрительный рейтинг за семестр</b>				
1.Участие в олимпиаде по «Гидрометеорологии» 2.Публикация статей 3.Выступление на конференциях	10	1	0	10
<b>Всего по поощрительному рейтингу</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
Посещение лекционных занятий	По положению	14 занятий	0	-6
Посещение лабораторных занятий	По положению	13 занятий	0	-10
<b>Всего по посещаемости</b>			<b>0</b>	<b>-16</b>
<b>Итоговой контроль</b>				
Экзамен			-	30
<b>ИТОГО</b>			<b>0</b>	<b>110</b>

## Экзамен

### Типовые экзаменационные вопросы для подготовки к тесту

1. Определение науки «Инженерная гидрология». Предмет. Содержание и структура курса.
  - a. Краткий исторический обзор. Общие положения.
2. Основные гидрометеорологические характеристики, используемые в инженерных гидрологических расчетах.
3. Расчет гидрологических характеристик при разном объеме гидрометрической информации.
  - a. Расчет гидрологических характеристик при наличии длинного ряда гидрометрических наблюдений.
4. Расчет гидрологических характеристик при ограниченности данных гидрометрических наблюдений.
5. Расчет гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.
6. Основы гидрологических расчетов. Единицы измерения и характеристики стока.
7. Годовой сток. Карты изолиний среднего многолетнего стока.
8. Статистическая обработка данных наблюдений.
9. Кривые повторяемости и продолжительности.
10. О применении теории вероятностей к гидрологическим расчетам.
11. Основные понятия теории вероятностей в применении к гидрологическим расчетам.
12. Анализ кривых обеспеченности.
13. Влияние климатических факторов и зарегулирования стока на параметры кривой обеспеченности.
14. Построение кривых обеспеченности.
15. Методы удлинения рядов.
16. Методы линейной корреляции.
17. Кривые обеспеченности суточных расходов.
18. Построение и использование разностных интегральных кривых.
19. Расчет максимальных паводков.
20. Выбор расчетной обеспеченности.
21. Построение кривых обеспеченности максимальных паводковых расходов.
22. Методы определения максимальных расходов при недостаточности данных наблюдений.
23. Процесс формирования дождевого стока и метод его расчета.
24. Приближенные методы расчета паводкового стока.
25. Основные указания об использовании гидрологических данных при водохозяйственных расчетах.
26. Общие указания. Выбор расчетного гидрографа.
27. Расчетный гидрограф паводка и расчет трансформации паводкового стока.
28. Элементы гидравлического расчета речных потоков.
29. Основные сведения о наносах рек.
30. Формирование русел рек.
31. Основы теории движения наносов.
32. Размывающие скорости потока.
33. Критические скорости потока.
34. Общие исследования деформации русел.
35. Уравнение деформации русла.
36. Размыв русла на участке реки, стесненном перемычками.
37. Проектирование деформированного профиля водотоков.
38. Заиление подпертых бьефов гидроузлов и водохранилищ.
39. Занесение верхнего бьефа гидроузла донными наносами.
40. Приближенное определение понижения уровня и глубины размыва нижнего бьефа гидроузла.
41. Изменение продольного профиля русла на участке деривации.
42. Зимний и термический режим естественных водотоков и водоемов.

43. Общие сведения о термическом режиме водоемов и рек.
44. Характеристика видов льда.
  - а. Процессы ледостава. Процессы ледохода. Распределение шуги по живому сечению потока. Расход шуги.
45. Расчеты зимнего режима водотоков и водоемов при регулировании стока.
46. Ледовый режим подпертых бьефов. Ледовый режим в нижнем бьефе гидросооружений. Зимний режим подпертых бьефов незамерзающих водотоков.
47. Зимний режим на участке реки, стесненном перемычками

### Образец теста

За начало гидрологического года принято считать ....

- 1 октября
- 1 декабря
- 1 ноября
- 1 сентября

### Критерии оценивания:

Каждый вопрос оценивается в 2 балла. В целом экзамен состоит из 15 вопросов.

### Критерии оценки экзамена (в баллах):

- **24-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 12-15 вопросов теста.
- **18-23 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 9-11 вопросов теста.
- **10-17 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 5-8 вопросов теста.
- **1-9 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 1-4 вопросов теста.

### Практические работы

Практическая работа № 1. Проверка исходного ряда данных на соответствие статистическим гипотезам.

Цель задания: владеть методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств, построение графика многолетних колебаний годового стока и суммарную интегральную кривую, а также проверить ряд на случайность и на нарушение однородности (стационарности).

#### Порядок выполнения задания:

1. Открыть Excel 2007 (или Excel 2010) и создать новый XLSX- файл, т.е. новую "книгу": кнопка <Office> — опция <Создать> —<Новая книга>. Откроется электронная таблица, в которой необходимо будет выполнять все ниже перечисленные действия.

В первой ячейке первой строки (с адресом A1) набрать слово "Таблица 1.1". В ячейках второй строки записать в следующем порядке: «Год» (в ячейке с адресом A2), «Расход воды Q, м<sup>3</sup>/с» (B2), «Модульный коэффициент K<sub>1</sub>» (C2), «Сумма модульных коэффициентов  $\sum K_1$ »(D2). Набрать ряд значений среднегодовых расходов воды и соответствующие им календарные годы.

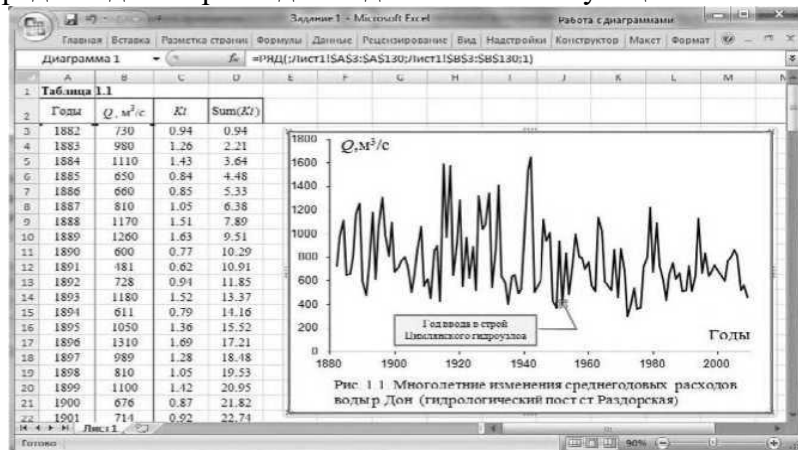


Рис. 1.2 Пример рабочего листа Microsoft Excel с набранным рядом расходов воды, рассчитанными ординатами суммарной интегральной кривой и построенным на этом же листе

хронологическом графиком (с указанием времени антропогенного нарушения однородности ряда)

2. Построение графиков. Построить хронологический график (рис. 1.2). Выделить при помощи курсора ряд календарных лет. Затем нажать клавишу «CTRL» и, не отпуская ее, выделить ряд среднегодовых расходов воды (для соседних столбцов выделение выполняется одновременно). Начать построение "Графика колебаний годового стока воды реки" в исследуемом створе: выбрать на панели Ленты вкладку «Вставка» → «Диаграммы» → «Точечная» → «Точечная с прямыми отрезками». На рабочем листе появится график.

Выполнить форматирование графика. Удалить линии сетки (выделить их правой клавишей мыши и нажать клавишу «Delete»), или выполнить это же действие через контекстное меню). Отформатировать ось X: щелкнуть по оси правой клавишей мыши и вызвать контекстное меню → опция «Формат оси» → указать на вкладке «Параметры оси» цену основных делений, выбрать «не выводить промежуточные деления», подписи лет «рядом с осью» → на вкладках «Цвет и тип линии» задать цвет («черный»), тип («сплошная») и нужную толщину линии оси. Отформатировать ось Y; также через контекстное меню отформатировать саму кривую - изменить ее цвет и толщину линии.

Добавить на график название осей. На панели Ленты перейти на вкладку «Вставка» → «Текст» → «Надпись» → ввести надпись для оси Y - «Q, м<sup>3</sup>/с» и для оси X - «Годы». Отформатировать надписи и перетащить их к осям. Подписать график.

Построить суммарную интегральную кривую. Вычислить среднее значение ряда: в нижней части таблицы, в ячейке первого столбца набрать надпись "Среднее значение" → в ячейке справа ввести знак равенства «=» (ввод формулы или функционального выражения в Excel обязательно должен предварять знак равенства!) → выбрать в Окне функций опцию «Другие функции» → категорию «Статистические» → функцию «СРЗНАЧ» → выделить ряд расходов воды (с первого года наблюдений). В результате в ячейке справа от надписи «Число 1» в диалоговом окне "Аргументы функции" появится ссылка на диапазон ячеек с расходами воды. Нажать кнопку «OK». В расчетной ячейке Excel выдаст значение среднего  $\bar{Q}$ .

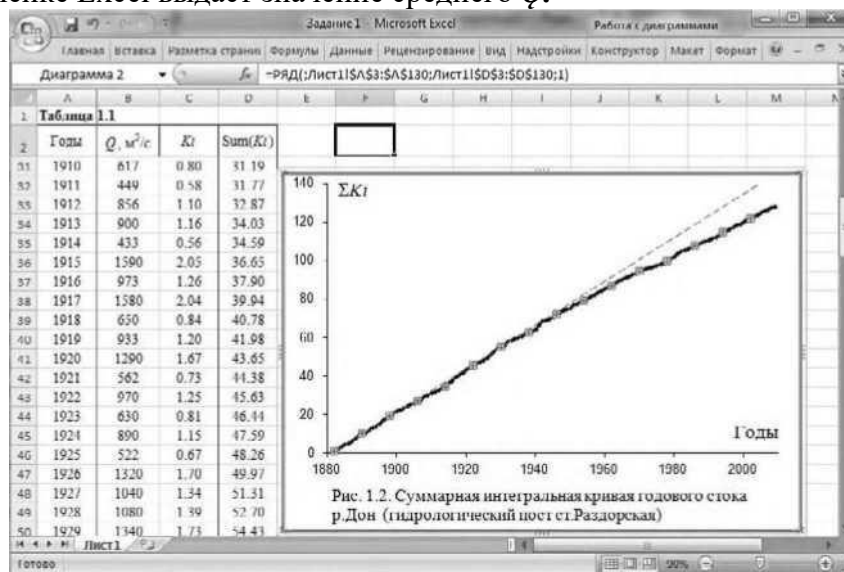


Рис 1.2. Пример построения суммарной интегральной кривой в Excel

Вычислить для каждого года модульный коэффициент  $K_i = Q_i / \bar{Q}$ . В ячейке третьего столбца с адресом C3, т.е. напротив первого года периода наблюдений и первого значения, ввести формулу для вычисления  $K_i$  знак «=» → щелкнуть на ячейке с расходом воды (в ячейке C3 после знака «=» появится адрес этой ячейке) → знак деления «/» → щелкнуть на ячейке с вычисленным средним многолетним расходом воды (после знака деления появится адрес этой ячейке) → нажать клавишу F4, чтобы перейти от относительной ссылки на ячейку с  $\bar{Q}$  к абсолютной, с закреплением адреса этой ячейки в формуле (появятся символы "\$") → клавиша «Enter». Ввод формулы закончен. Скопировать формулу для всех лет: установить курсор на ячейку с результатом вычисления → зацепить курсором за черный квадратик в правом нижнем углу ячейки и, не отпуская левой кнопки мыши, скопировать формулу на все нижние ячейки в пределах ряда. Вычислить, начиная с ячейки D4, ординаты суммарной интегральной кривой. Схема расчета следующая:

$$S_1 = K_1, S_2 = S_1 + K_2, \dots, S_m = S_{m-1} + K_m, \dots, S_N = S_{N-1} + K_N$$



Выполнить построение графика суммарной интегральной кривой (абсциссы - это годы, ординаты - это  $S_i$  в последнем столбце) с обязательным форматированием и подписью осей графика, подписью рисунка (рис. 2). Резкое отклонение интегральной кривой от условной прямой линии с некоторого момента времени указывает на нарушение однородности ряда.

3. Проверка ряда на независимость его членов. В практике гидрологических расчетов случайность многолетних колебаний стока обычно исследуется с помощью коэффициента автокорреляции:

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}_1)(x_{i+1} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \sum_{i=2}^n (x_i - \bar{x}_2)^2}}, \quad (1.1)$$

где  $x_i$  и  $x_{i+1}$  - погодичные и со сдвигом на 1 год значения гидрологической величины;  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  - их средние значения.

Вычислить  $r(1)$ : в информационной ячейке вписать "Коэффициент автокорреляции" → в соседней (расчетной) ячейке ввести знак равенства «=» → <Другие функции> → <Статистические> → <КОРРЕЛ>. В диалоговом окне "Аргументы функции" щелкните на ячейке рядом с надписью "Массив 1" → после этого выделите ряд расходов воды от первого до предпоследнего члена. Для ячейки "Массив2" выделите ряд расходов от второго до последнего члена, т.е. со сдвигом на 1 год → нажмите кнопку <ОК>. В расчетной ячейке появится значение  $r(1)$ . При  $r(1) \rightarrow 0$  ряд представляет собой последовательность независимых значений гидрологической характеристики.

Отличные от нуля значения  $r(1)$  не всегда могут свидетельствовать о статистически значимой внутрирядной скоррелированности ввиду больших погрешностей расчета  $r(1)$ . Статистически подтвердить или опровергнуть гипотезу о независимости членов исследуемого ряда позволяют, например, различные критерии, в частности параметрический критерий Андерсона, статистика которого основана на  $r(1)$  и рассчитывается по формуле. В гидрологических расчетах его обычно принимают равным 5%. Мощность критерия (вероятность отвергнуть неверную гипотезу) возрастает с увеличением  $n$  и составляет (при  $\alpha=5\%$ ).

Вычислить статистику  $t(A)$ . Расчет производится по формуле: поэтапно, используя математические операторы "+", "-", "/", математическую функцию "КОРЕНЬ". Второй шаг - расчет  $t^*$ . Вкладка "Формулы" → <Библиотека функций> → <Другие функции> → <Статистические> → <НОРМСТОБР> → в открывшемся диалоговом окне указать в ячейке доверительная "Вероятность" значение 0,975 (поскольку  $p=1-\alpha/2=1-0.05/2$ ) → <ОК>. Функция выдаст значение  $t^*$  ( $\frac{\alpha}{2}$ ). Сравнить его с  $t(A)$ .

Из непараметрических критериев для проверки гидрологических рядов на случайность часто применяют критерий числа серий. Под серией в данном случае будем понимать всякий участок последовательности, состоящий из элементов одного и того же рода, например только многоводных, или только маловодных лет. Встречаются две записи этого критерия - относительно эмпирической медианы ряда и среднего арифметического. Применять критерий рекомендуют при длине ряда не менее 40-50 лет.

Критерий числа серий предусматривает следующие процедуры. Рассчитывают среднее арифметическое ряда  $\bar{Q}$  и сравнивают с ним все расходы воды, причем повышенным значениям  $Q_i \geq \bar{Q}$  присваивают один индекс, например, "+", или 0, а пониженным  $Q_i < \bar{Q}$  - другой, например, "-", или 1. Выделяют серии повышенных и пониженных значений. Считают их число и суммарное число серий:  $U = U_0 + U_1$ , где  $U_0$  - число серий с повышенными значениями,  $U_1$  - с пониженными.

Назначается уровень значимости  $\alpha$ . Критерий серий принимает гипотезу независимости, если где  $t^*$  - квантиль нормального распределения  $N(0,1)$ , отвечающий обеспеченности  $\alpha/2$ . При  $\alpha=1\%$  -  $t^*(\frac{\alpha}{2})=2,58$ ; при  $\alpha=5\%$  -  $t^*(\frac{\alpha}{2})=1,96$ ; при  $\alpha=10\%$  -  $t^*(\frac{\alpha}{2})=1,64$ .

Вычислить статистику. Рассчитаем среднее арифметическое: вкладка "Формулы" → <Библиотека функций> → <Другие функции> → <Статистические> → <СРЗНАЧ> → диапазон ячеек с расходами воды → <ОК>. В соответствии с полученным  $\bar{Q}$  вручную идентифицировать каждый год: в случае  $Q_i \geq \bar{Q}$  в третьем столбце напротив этого года проставить код 0, при  $Q_i < \bar{Q}$  - код 1 (рис. 3). Используя функции <СЧЁТЕСЛИ>, определить число многоводных и маловодных лет; общее число лет. Выделить вручную серии маловодных и многоводных лет; определить их число. Используя математические операторы "+", "-", "/", "\*" и "&#226", ссылки на значения в вышерасположенных ячейках, вычислить (по выше приведенным формулам)  $m_u$  и  $D_u$ . Вычислить

по формуле статистику критерия числа серий. Вычислить квантиль  $t^*(\frac{\alpha}{2})$ : вкладка "Формулы" → <Библиотека функций> → <Другие функции> → <Статистические> → <НОРМСТОБР> → "Вероятность"=0,975 -> <ОК>. Сравнить (модуль) и  $t^*(\frac{\alpha}{2})$ .

4. Проверка ряда на однородность (стационарность). Однородность (стационарность) ряда проверяют как правило с привлечением критериев Стьюдента (t) и Фишера (F). Они рекомендуются большинством нормативных документов. t-критерий используется для проверки однородности гидрологических рядов (двух выборок объемом *n* и *m*, или двух частей одной выборки) по среднему значению. С помощью критерия Фишера оценивают однородность рядов по дисперсии. Анализ по критериям осуществляется после того, как проведена оценка на независимость, асимметричность распределения, на отсутствие резко отклоняющихся экстремумов. Рекомендуется также привести ряд к многолетнему периоду.

При использовании критериев Стьюдента и Фишера имеющийся ряд разбивают на 2 части в том месте, с которого предположительно произошло изменение характера случайных колебаний.

Правильно принять решение о выборе точки раздела ряда помогают визуальный анализ хронологического хода исследуемой гидрологической величины, графики временного хода коэффициента индикации, разностные, суммарные и двойные интегральные кривые (см. рис. 1.1, 1.2), достоверные сведения о дате ввода в строй крупного гидротехнического сооружения или начале крупномасштабного водохозяйственного мероприятия, а также другие соображения и инструменты. Если таких сведений нет, ряд делят на две равные части.

Вначале оценивают статистику критерия Фишера: Где  $S_1^2$  и  $S_2^2$  – дисперсии двух выборок ( $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2$ ), на которые разбит исходный ряд. Причем  $S_1^2 > S_2^2$ , поэтому подстрочная нумерация может не соответствовать порядковому положению выборки. F сравнивают с критическим значением статистики Фишера  $F^*$ . Им служит квантиль функции распределения Фишера (F-распределения), рассчитываемый при заданном уровне значимости  $\alpha$  (обычно его принимают равным 5%) и степенях свободы  $f_1$  и  $f_2$ . Гипотеза об однородности выборочных дисперсий принимается, если  $1 < F < F_{f_1 f_2}(\alpha/2)$ .

Проверить однородность исследуемого ряда расходов воды по дисперсии. Выбрать на панели Ленты вкладку "Данные" → <Анализ данных> → в появившемся диалоговом окне выбрать инструмент анализа <Двухвыборочный F-тест для дисперсии> → кнопка <ОК> → в следующем диалоговом окне в ячейке для 1-й переменной указать адреса ячеек с расходами воды первой части ряда имеющей большую дисперсию → для 2-й переменной указать адреса ячеек второй части ряда → задать Альфа=0,025 (т.е.  $\alpha/2$ ) → выбрать параметры вывода результатов анализа: справа от подписи "Выходной интервал" дать ссылку на расчетную ячейку → <ОК>. Инструмент "Двухвыборочный F-тест для дисперсии" выдаст, начиная с ранее указанной расчетной ячейки, следующую информацию: для 1-й и 2-й выборок - среднее, дисперсию и число лет наблюдений; итоги F-теста - число степеней свободы (df - "degrees of freedom"), значение выборочной статистики Фишера (F), односторонний критический уровень значимости ("P(F<=f) одностороннее") и критическое значение F-критерия ( $F^*$ ). Если  $F < F^*$  и  $P(F<=f) \geq \alpha$ , гипотеза однородности выборочных дисперсий не отвергается критерием Фишера.

Второй шаг - расчет  $t_u$  и  $t_u^*$ :. Вкладка "Формулы" → <Библиотека функций> → <Другие функции> → <Статистические> → <СТЮДРАСПОБР> → "Вероятность"=0,05 → в ячейку справа от "Степени\_свободы" вставить значение степеней свободы распределения Стьюдента:  $v = n_1 + n_2 - 2$  → <ОК>. Функция выдаст критическое значение статистики Стьюдента  $t_u$ . Пересчитать ее с учетом коэффициента St. Полученный  $t_u^*$  ( $=t_u \cdot St$ ) сравнить с  $t$ .

Результат выполнения задания: Оформить задание в текстовом редакторе и в соответствии с требованиями: с титульным листом, с пояснительной запиской, содержащей общие моменты алгоритма вычислений, с включением в текст расчетных формул, таблиц и графиков, с результатами расчета критериев, выводами относительно соответствия исследуемого ряда основным статистическим гипотезам.

Практическая работа № 2. Определение расчетных гидрологических характеристик годового стока.

Цель задания: построить эмпирическую кривую обеспеченности; оценить параметры распределения и построить аналитическую кривую обеспеченности; определить расходы воды обеспеченности 10, 25, 50, 75, 80, 90, 95%.

Порядок выполнения задания:

1. Открытие программы сопровождается появлением ее главного диалогового окна. В левой части окна расположена панель для ввода ряда данных, в правой части - панель вывода результатов статистического анализа данных.

2. Подготовка исходных данных и расчет параметров распределения. Исходные данные можно вводить двумя путями - набрать ряд непосредственно в самой программе, либо перенести в левую панель заранее набранный в Excel ряд расходов - посредством команды «Вставить» в контекстном меню, или одновременным нажатием клавиш "CTRL" и "V". При выборе первого способа (добавления данных) переход на новую строку осуществляется нажатием клавиши «Enter». В качестве разделителя дробной и целой части числа используется запятая.

С учетом этих рекомендаций сформировать в левой панели окна ряд среднегодовых расходов воды для рассматриваемого пункта. Установить в правой верхней панели районное значение  $\gamma(1)$ , сообщенное преподавателем. Недостатком программы является невозможность указать  $\gamma(1)$  отличный от 0,3 или 0,5. Выбрать пункт меню «Расчет» → «Статистические характеристики» Реализация этих действий приведет к появлению в правой панели итогов расчета выборочных статистик (по формулам Метода моментов) и их пересчета с учетом систематического смещения.

3. Построение эмпирической кривой обеспеченности. В главном меню выбрать пункт «Графика» → «Кривая обеспеченности». Откроется окно Графопостроителя. Нажать кнопку «Параметры» → перейти на вкладку «Ряд данных» → активировать опцию «Ввести ряд» → указать длину ряда в ячейке рядом с надписью «Число точек». В результате, в таблице в левой панели число ячеек увеличится до числа членов ряда. Скопировать ряд данных в первоисточнике и вставить его в третий столбец таблицы, нажав кнопку со стандартным обозначением «Вставка». Значения вставленного ряда программой будут сразу ранжированы в убывающем порядке. Если этого не произойдет, следует нажать кнопку «Сортировка от максимального к минимальному» (A→Z). В нижней части окна указать формулу расчета эмпирических обеспеченностей - либо Крицкого-Менкеля (рекомендуется СП 33-101- 2003), либо Чегодаева. В результате для каждого ранжированного члена ряда в таблице левой панели будет указан его ранг и эмпирическая обеспеченность.

Перейти на вкладку «Кривая» и включить опцию «Сглаживающая кривая», позволяющая выводить на рисунок сглаживающую эмпирическую кривую обеспеченности (методом наименьших квадратов).

Перейти на вкладку «Шкала» и установить для оси ординат максимальное и минимальное значения (они должны отличаться от максимальных и минимальных значений ряда на 1/4-1/3 диапазона значений ряда, чтобы сохранилась возможность экстраполировать аналитическую кривую обеспеченности в область редких повторяемостей), установить цепу делений.

На вкладке «Параметры» задать размер точек на рисунке, вписать название рисунка.

Нажать кнопку «ОК». На экран будет выведена эмпирическая кривая обеспеченности (в виде точек и сглаживающая) среднегодовых расходов воды рассматриваемой реки.

4. Распечатать рисунок: главное меню кнопка «Печать». Нанести на распечатанный рисунок доверительные интервалы для эмпирических оценок обеспеченности наибольшего и наименьшего члена ряда наблюдений по данным табл. 2.1.

Таблица 2.1. Доверительные интервалы для эмпирической ежегодной вероятности превышения

Вероятность доверительного интервала, %	Число лет наблюдений $n$						
	10	20	30	40	50	60	80
	Для наибольшего члена ряда						
5	0,5	0,27	0,20	0,15	0,10	0,09	0,07
95	25,9	13,4	9,8	7,7	6,0	5,0	3,7
	Для наименьшего члена ряда						
5	74,1	87,0	90,0	92,2	94,0	95,0	96,3
95	99,50	99,72	99,81	99,86	99,90	99,91	99,93

На распечатанном рисунке построить аналитическую кривую гамма-распределения по

параметрам, полученным в п. 2, и используя значения ординат в табл. 1 Приложения Б ( $Q_p = Q_{OKP}$ ). Рассчитать требуемые квантили.

5. Произвести приближенную оценку точности расчета расходов различной обеспеченности по данным, полученным методом статистических испытаний.

Результат выполнения задания: Оформить задание в текстовом редакторе: с титульным листом, с пояснительной запиской, с включением в текст расчетных формул и графиков, с результатами расчета выборочных оценок параметров распределения, квантилей и анализа по точности их определения.

Практическая работа № 3. Построение разностной интегральной кривой и оценка репрезентативности периода наблюдений.

Цель задания: построить разностную интегральную кривую стока по исследуемой реке и пункту-аналогу и оценить репрезентативность периода наблюдений для расчетного створа.

Порядок выполнения задания:

1. Вычисление ординат разностной интегральной кривой. Создать новый XLSX-файл. В первой ячейке первой строки (с адресом А1) открывшегося рабочего листа набрать заголовок таблицы с указанием названия реки и створа. В ячейках второй строки записать в следующем порядке: «Год» (в ячейке с адресом А2), «Расход воды Q, м<sup>3</sup>/с» (В2), «Модульный коэффициент  $K_i$ » (С2), « $K_{i-1}$ » (D2), «Sum( $K_{i-1}$ )» (E2). Набрать ряд значений среднегодовых расходов воды пункта-аналога и соответствующие им календарные годы (без пропусков, т.е. все отсутствующие значения должны быть восстановлены). Необходимо начать с года, предшествующему началу периода гидрометрических наблюдений. Для него значений расхода воды нет, и его ячейка во втором столбце остается незаполненной.

Сформировать таким же образом таблицу с данными для расчетного створа.

Вычислить средний многолетний расход воды реки Q в пункте-аналоге за весь период наблюдений: в последней ячейке второго столбца ввести знак равенства «=» → выбрать в Окне функций опцию <Другие функции> → <Статистические> → <СРЗНАЧ> → выделить ряд расходов воды → <ОК>.

Вычислить коэффициент вариации  $C_v$  за период совместных наблюдений (n лет) с расчетным пунктом. Вначале вычислить среднеквадратическое (стандартное) отклонение: знак «=» → <Другие функции> → <Статистические> → <СТАНДОТКЛОН> → выделить ряд расходов воды → <ОК>. Приступить непосредственно к вычислению  $C_v$ : знак «=» → щелкнуть на ячейке с вычисленным стандартом → вставить знак деления «/» -у щелкнуть на ячейке с вычисленным средним расходом воды → нажать клавишу «Enter».

Вычислить таким же образом среднее и  $C_v$  для расчетного створа.

Вычислить для каждого года модульные коэффициенты  $K_i$ . В ячейке третьего столбца с адресом С4, т.е. напротив первого года периода наблюдений, ввести формулу для вычисления  $K_i$ . Скопировать формулу на все нижние ячейки в пределах ряда. Вычислить, начиная с ячейки D4, разность  $K_{i-1}$  и в следующем столбце - ординаты разностно-интегральной кривой:

$S_m = \sum_{i=0}^m (K_i - 1), i = 0, 1, 2, 3, \dots, m, \dots, N$ . При этом в ячейке с ординатами РИК напротив года, предвещающего период наблюдений, вставить нулевое значение. Схема расчета ординат РИК следующая:  $S_0=0, S_1=S_0+(K_1-1), S_2=S_1+(K_2-1), \dots, S_m=S_{m-1}+(K_m-1), \dots, S_N=S_{N-1}+(K_N-1)$ .

2. Построение графика РИК. Выделить в электронной таблице ряд календарных лет и ряд ординат РИК. Построить разностную интегральную кривую (тип диаграммы <Точечная с прямыми отрезками>). Щелкнуть правой клавишей мыши на области построения РИК и вызвать контекстное меню → выбрать опцию <Переместить диаграмму> → <На отдельном листе>. График будет перемещен на отдельный лист. Выполнить форматирование графика. Добавить на график название осей: ввести надпись для оси Y -«  $S_m$ », для оси X - «Годы». Подписать рисунок.

Показать на графике исследуемый период: активировать вкладку «Вставка» → <Иллюстрации> → <Фигуры> → выбрать построение линий → соединить линией точки на РИК, соответствующие первому и последнему году оцениваемого периода. Отформатировать линию. Вставить над ней надпись с указанием границ периода и величину средней водности  $K_{cp}$ . Она вычисляется следующим образом:

$$K_{cp} = 1 + \frac{Cv_{расч} S_{кон} - S_{нач}}{Cv_{анал} n}$$

Скон и Sнач - конечная и начальная ординаты разностной интегральной кривой; Cv<sub>расч</sub> - коэффициент вариации годового стока расчетного створа; Cv<sub>анал</sub> - коэффициент вариации годового стока створа-аналога для периода n. Особое внимание обратить на Sнач S<sub>m</sub>- это ордината РИК на конец m-го года, а начальная ордината года S<sub>m-1</sub>. То есть для периода с 1956 по 1980 год S<sub>нач</sub>=S<sub>1955</sub>, а S<sub>кон</sub>=S<sub>1980</sub>. Выполнить анализ репрезентативности исследуемого периода. При 0,90 < K<sub>ср</sub> < 1,10 период наблюдений в расчетном створе можно считать репрезентативным.

Оценка репрезентативности ряда наблюдений за n лет производится по пунктам—аналогам с числом лет наблюдений N>n, причем N>50 лет.

Определить репрезентативность исследуемого периода наблюдений рекомендуется также посредством сравнения кривых обеспеченностей, построенных за рассматриваемые n лет и весь период наблюдений по створу—аналогу N—лет. Их соответствие свидетельствует о репрезентативности периода наблюдений в расчетном створе.

3. На построенный график можно дополнительно (для сравнения с циклическим характером колебаний стока на пункте-аналоге) нанести разностную интегральную кривую расходов воды в расчетном пункте. Для этого, во-первых, необходимо согласно расчетной схеме вычислить ординаты этой кривой. Пересчитать их и ординаты РИК для пункта-аналога в ординаты нормированной разностной интегральной кривой (НРИК) по формуле:  $S_t = S_m / C_v$ , где C<sub>v</sub> - коэффициент вариации для ряда за весь период построения НРИК (для пункта-аналога это за N лет, а для расчетного пункта за n лет). Построить вначале НРИК для пункта-аналога. Затем щелкнуть правой клавишей мыши на области построения графика, выбрать в контекстном меню опцию <Выбрать данные> → <Добавить> → в окне «Значения X» указать диапазон ячеек с годами для расчетного пункта → в окне «Значения Y» диапазон ячеек с ординатами НРИК → кнопка <ОК> → <ОК>. Отформатировать оси и сами кривые. Причем для НРИК расчетного пункта можно ввести свою ось Y: щелкнуть правой клавишей мыши на кривой, вызвав контекстное меню → <Формат ряда данных> → <Параметры ряда> → <По вспомогательной оси>.

Результат выполнения задания: Оформить задание в текстовом редакторе: с титульным листом, с пояснительной запиской, с включением в текст расчетных формул и графиков, с результатами проверки ряда на репрезентативность наблюдений и общим выводом.

Практическая работа № 4. Восстановление значений стока за отдельные годы (по одному аналогу) и расчет параметров кривых обеспеченности.

Цель задания: выбрать пункт-аналог; исследовать связь между стоков воды в расчетном створе и пункте-аналоге; определить характеристики этой связи на основе математической модели парной корреляции; построить график связи; восстановить для расчетного створа отсутствующие значения стока (двумя способами); оценить параметры аналитической кривой обеспеченности и эффективность приведения.

Порядок выполнения задания:

1. Выбор пункта-аналога и статистическое обоснование решения. При выборе пунктов-аналогов руководствуются обычно следующими требованиями: географической близостью расположения водосборов расчетного створа и пункта-аналога и сходством условий формирования стока; отсутствием факторов, существенно искажающих естественный сток; большой длительностью совместных наблюдений (n>6 лет при одном аналоге, или свыше 10 лет - при двух и более аналогах); достаточной продолжительностью наблюдений в пункте-аналоге, превышающей период наблюдений в расчетном створе.

Основным же требованием при выборе пункта-аналога является наличие синхронности в колебаниях речного стока, количественно выражаемое через выборочный коэффициент парной корреляции r<sub>xy</sub>, между стоком в расчетном створе и пункте-аналоге. При этом должны соблюдаться следующие условия:

$$r_{xy} \geq 0,7-0,8, \quad \frac{|r_{xy}|}{\sigma_r} \geq 2$$

где  $\sigma_r$  - средняя квадратическая погрешность оценки r<sub>xy</sub>. Формулы расчета r<sub>xy</sub> и  $\sigma_r$  следующие:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (3.1)$$

$$\sigma_r = \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (3.2)$$

Кроме того, должно выполняться еще одно условие:  $k_1 / \sigma_r \geq 2$

$k_1$  - коэффициент уравнения регрессии ( $k_1 = r_{xy} \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$ ;  $\sigma_y$  и  $\sigma_x$  - СКО двух рядов);  $\sigma_r$  - средняя квадратическая погрешность коэффициента регрессии.

Создать новый XLSX-файл. В первом столбце открывшегося рабочего листа набрать ряд календарных лет, начиная с самого раннего года наблюдений, во втором столбце - среднегодовые расходы воды расчетного створа (Y), в третьем - расходы воды предполагаемого аналога (X).

Выполнить статистический анализ связи между расходами воды рассматриваемых пунктов. Вкладка "Данные" → <Анализ данных> → инструмент <Регрессия> (осуществляет линейный регрессионный анализ, заключающийся в подборе с помощью метода наименьших квадратов регрессионной модели для набора наблюдений и в исследовании значимости и адекватности модели, коэффициентов уравнения регрессии) → <ОК> → в первой ячейке открывшегося диалогового окна ("Входной интервал Y") указать диапазон ячеек с расходами воды расчетного створа, во второй ячейке ("Входной интервал X") - пункта-аналога → справа от "Выходной интервал" дать ссылку на расчетную ячейку → <ОК>. Инструмент "Регрессия" выдаст, начиная с расчетной ячейки, три таблицы с итогами регрессионного анализа (рис. 4.1): "Регрессионная статистика", "Дисперсионный анализ", "Коэффициенты".

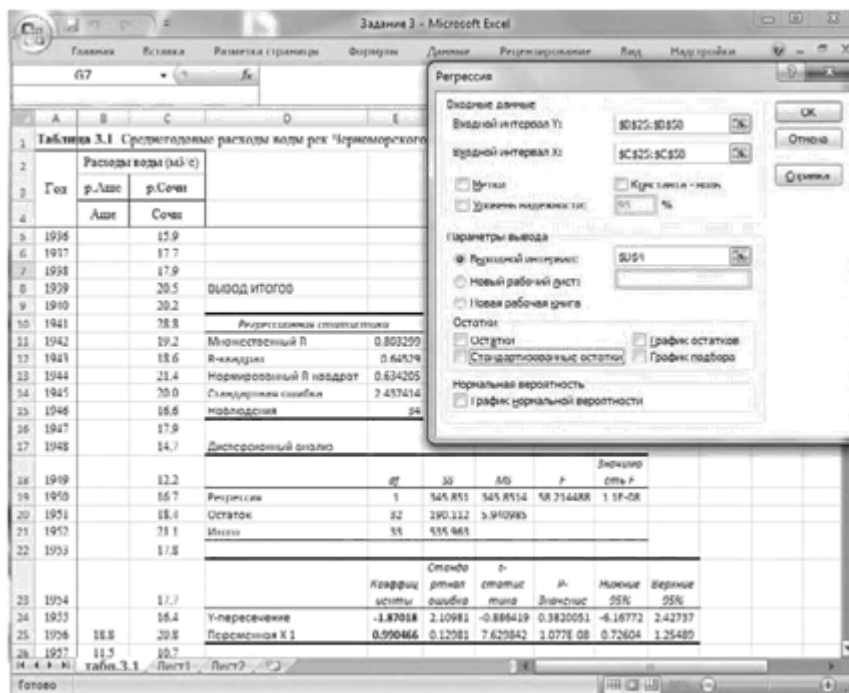


Рис. 4.1. Пример проведения регрессионного анализа в Excel

Первая таблица содержит значения коэффициента парной корреляции  $r_{xy}$ , (при k -аналогах вместо  $r_{xy}$  используется множественный коэффициент корреляции R), коэффициента детерминации  $R^2$  (отображает долю разброса данных наблюдений Y относительно среднего значения Y, которая объясняется регрессией; равен квадрату коэффициента корреляции), скорректированного коэффициента детерминации (заменяет  $R^2$  для случая большого числа предикторов), длину ряда n, величину стандартной ошибки уравнения регрессии  $S_{рег}$ , которая рассчитывается как:

$$S_{\text{рег}} = \sqrt{MS_{\text{остаток}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k - 1}} = \sqrt{\frac{n-1}{n-k-1} S_y^2 (1 - R^2)}, \quad (3.3)$$

где  $y_i$  - наблюдения,  $\hat{y}$  - рассчитанные по уравнению регрессии величины,  $S_y$  - стандартное отклонение величины  $y$  от ее нормы  $\hat{y}$  (рис. 4.1).

Данные этой таблицы позволяют получить представление о качестве аппроксимации данных наблюдений предлагаемой регрессией (через величину  $S_{\text{рег}}$ ), а применительно к заданию - о степени линейной зависимости между  $Y$  и  $X$  (через величину  $r_{xy}$ ), о статистической значимости  $r_{xy}$ . Последняя в таблице никак не отражена, но ее можно оценить следующим образом: на основе приводимых в таблице  $R^2$  и  $n$ , используя математические операторы "-", "1" и функцию "КОРЕНЬ", самостоятельно рассчитать по формуле (3.2) среднюю квадратическую погрешность оценки коэффициента парной корреляции  $\sigma_r \rightarrow$  вычислить отношение модуля коэффициента корреляции к своей ошибке и сравнить его с пороговым значением. Если условия по величине  $r_{xy}$  не выполняются, необходимо искать другой аналог, либо привлекать несколько аналогов и оперировать с множественной регрессией.

Таблица "Дисперсионный анализ (однофакторный)" отображает итоги проверки значимости (общего качества) уравнения регрессии на основе F-критерия Фишера.

В следующей таблице содержатся: 1) эмпирические оценки параметров (коэффициентов) уравнения регрессии (столбец "Коэффициенты") - свободного члена  $b_0$  ( $Y$ -пересечение) и коэффициента регрессии  $k_1$  (Переменная  $X_1$ ); 2) значения среднеквадратических погрешностей их оценивания  $b_k$  (столбец "Стандартная ошибка"); 3) итоги анализа статистической значимости коэффициентов уравнения ("t-статистика"= $k/b_k$  и  $P$ -значение); 4) границы доверительного интервала коэффициентов. В практике гидрологических расчетов коэффициенты уравнения признаются значимыми. Это приблизительно соответствует уровню значимости  $\alpha=5\%$ . Если статистически незначимым оказывается только свободный член, можно заново выполнить регрессионный анализ и в диалоговом окне "Регрессия" задать "Константа-ноль". Если же  $k_1$  признается незначимым, уравнение использовать нельзя.

2. Построение графика связи расходов воды. Если пункт-аналог выбран, проверен и отвечает всем упомянутым требованиям, необходимо построить график связи расходов воды двух рассматриваемых створов. Вообще для выявления и анализа характера зависимости между двумя переменными, выявления "Сомнительных" точек всегда имеет смысл вначале получать ее графический вид. Тем более, что Excel позволяет это делать быстро и наглядно, с выведением уравнения регрессии, предоставляя широкие возможности редактирования графика.

Построить график связи. Вкладка "Вставка"  $\rightarrow$  <Диаграммы>  $\rightarrow$  <Точечная>  $\rightarrow$  <Точечная с маркерами>. На рабочем листе появится пустая Область диаграммы. Вызвать контекстное меню Области диаграммы  $\rightarrow$  <Выбрать данные...>  $\rightarrow$  <Добавить>  $\rightarrow$  в ячейке "Значение X" ввести ссылку на ячейки с расходами воды пункта-аналога  $\rightarrow$  в ячейке "Значение Y" сослаться на расходы расчетного створа  $\rightarrow$  <ОК>  $\rightarrow$  <ОК>. Выполнить форматирование графика. Рекомендуется масштабы по осям  $x$  и  $y$  выбирать так, чтобы значения обеих характеристик укладывались на отрезках приблизительно равной длины. Добавить на график название осей. Подписать график.

Построить линию регрессии. Подвести курсор к любой из точек на графике  $\rightarrow$  вызвать контекстное меню (правой клавишей мыши)  $\rightarrow$  <Добавить линию тренда...>  $\rightarrow$  указать: аппроксимация линией тренда "Линейная", показывать уравнение на диаграмме, поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации  $\rightarrow$  <Закреть>. Отформатировать линию тренда; сравнить уравнение регрессии на графике и в таблице ранее проделанного регрессионного анализа.

3. Восстановление значений стока. По полученному уравнению регрессии и по расходам воды пункта-аналога восстановить расходы воды в расчетном створе для лет с пропусками в данных. Ввод формулы уравнения регрессии начинать со знака равенства  $\rightarrow$  на этапе указания значения независимой переменной щелкнуть на соответствующей ячейке с расходом воды в пункте-аналоге  $\rightarrow$  окончить ввод формулы нажатием клавиши "Enter". Восстановление проводить в отдельном столбце, в который предварительно перенести имеющиеся для расчетного створа за

период наблюдений расходы воды (рис. 4.3). Восстановленные значения выделить особым образом (показать курсивом, другим цветом или подчеркнуть).

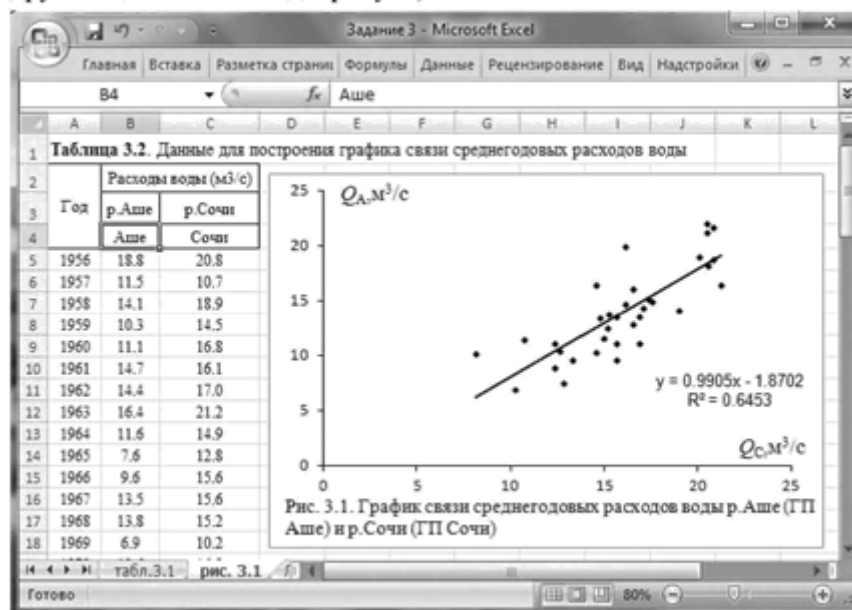


Рис. 4.2. Пример графика связи двух переменных, построенного в Excel

Восстановленные по уравнению регрессии значения стока имеют систематически заниженную дисперсию. Преуменьшение размаха колебаний исключается двумя вариантами. Первый предусматривает пересчет восстановленных значений характеристики стока по формуле:

$$Q_i^{\text{попр}} = \bar{Q}_n + \frac{Q_i^{\text{восст}} - \bar{Q}_n}{r}, \quad (3.6)$$

Где  $Q_i^{\text{попр}}$  - погодичные значения расхода воды, рассчитанные по уравнению регрессии;  $Q_n$  - среднее значение исследуемого ряда за совместный с пунктом-аналогом период. В соответствии с этой формулой, взяв значение коэффициента парной корреляции, предварительно рассчитав среднее арифметическое за гидрометрический период, в следующем столбце для расчетного створа сформировать ряд из наблюдаемых и откорректированных восстановленных расходов воды (рис. 4.3).

Второй вариант исключения систематического уменьшения дисперсии восстановленных данных предусматривает учет случайной составляющей отклонений наблюдаемых данных от рассчитанных по уравнению регрессии:

$$Q_i^{\text{попр}} = Q_i^{\text{восст}} + \varphi(P)\sigma_y\sqrt{1-r^2}, \quad (3.7)$$

где  $\sigma_y$  - среднее квадратическое отклонение исследуемого ряда за

n-лет наблюдений;  $\varphi$  - случайная величина, имеющая нормальный закон распределения с нулевым средним и дисперсией равной 1. Использование этого варианта рекомендуется при числе восстановленных значений не менее 30.

Подготовить еще три столбца - "Обеспеченность P", "Случайное отклонение  $\varphi$ " и "Откорректированное восстановленное значение с учетом  $\varphi$ " (рис. 4.3). В последний столбец скопировать данные наблюдений за гидрометрический период.

Сгенерировать ряд равномерно распределенных случайных чисел. Вкладка "Данные" → <Анализ данных> → инструмент <Генерация случайных чисел> → <ОК> → в открывшемся диалоговом окне указать: Число переменных - 1, Число случайных чисел - соответствует числу восстановленных значений, Распределение -Равномерное, Параметры задать между 0 и 1 → "Выходной интервал": дать ссылку на расчетную ячейку (справа от основной таблицы) → <ОК>. Перенести случайные числа в столбец "Обеспеченность P", в те ячейки, которые соответствуют годам, не обеспеченным данными наблюдений.



**Таблица 3.3. Восстановление отсутствующих расходов воды**

Год	Измеренные расходы воды (м³/с)		Восстановленные и измеренные расходы воды (м³/с) р.Аше				Характеристика	Вариант восстановления	
	р.Аше	р.Сочи	по уравнению регрессии	откорректированные по R	откорректированные с учетом φ	1		2	
1936		15.9	15.9	15.9	0.7542	0.6879	15.54	число лет восстановления	76
1937		17.7	15.7	16.1	0.5819	0.2068	16.16	число лет	42
1938		17.9	15.9	16.3	0.4862	-0.0347	15.78	среднее	15.0 15.0
1939		20.5	18.4	19.2	0.8492	1.0529	20.91	СКО	4.47 4.36
1940		20.2	18.1	19.2	0.3196	-0.4689	17.01	Сv	0.30 0.29
1941		28.8	26.7	28.8	0.3702	-0.3313	21.86	Сs	1.04 0.42
1942		19.2	17.1	17.9	0.9124	1.3558	20.40	№ (Ср)	51.9
1943		18.6	16.6	17.2	0.4647	-0.0887	16.34	№ (σ)	44.2
1944		21.4	19.3	20.7	0.9878	2.2496	24.73		
1945		20.0	17.9	18.9	0.2299	-0.7392	16.17		
1946		16.6	14.6	14.7	0.3139	0.0399	14.67		
1947		17.9	15.9	16.3	0.7890	0.7723	17.71		
1948		14.7	12.7	12.4	0.6424	0.3650	12.37		

**Таблица 3.4. Сравнение параметров распределения, рассчитанных по рядам, восстановленным разными способами**

Характеристика	Вариант восстановления 1	Вариант восстановления 2
число лет восстановления	15.0	15.0
среднее	4.47	4.36
СКО	0.30	0.29
Сv	1.04	0.42
Сs	51.9	44.2

Рис. 4.3. Пример погодичного восстановления значений стока за отдельные годы по данным пункта-аналога, двумя способами

Вычислить случайное отклонение  $\phi$ . Вкладка "Формулы" → <Библиотека функций> → <Другие функции> → <Статистические> → <НОРМСТОБР> - в открывшемся диалоговом окне в ячейке "Вероятность" ввести ссылку на смежную ячейку в столбце "Обеспеченность R" → <ОК>. Скопировать формулу на все нижние ячейки, за исключением лет, обеспеченных данными наблюдений.

Рассчитать откорректированные восстановленные расходы воды, например, как  $= D3 + G3 \times \sigma_y \sqrt{1 - r^2}$ .

4. Расчет параметров стока. По восстановленным рядам рассчитать среднее Q (функция "СРЗНАЧ"), среднее квадратическое отклонение б (функция "СТАНДОТКЛОН") и коэффициент вариации принять региональный.

Оценить объем информации, эквивалентной наблюдаемым данным, полученный в результате расчета параметров Q и б по приведенным к многолетнему периоду рядам:

Результат выполнения задания: Оформить задание в текстовом редакторе: с титульным листом, с пояснительной запиской, с включением в текст расчетных формул и графиков, с результатами анализа выбранного аналога, регрессионной модели и графика связи, с рассчитанными разными способами параметрами распределения и анализом эффективности их приведения к многолетнему периоду.

Практическая работа № 5. Приведение параметров кривых обеспеченности годового стока к многолетнему периоду.

Цель задания: осуществлять гидрометеорологическое обеспечение и экологическую экспертизу при строительстве хозяйственных объектов, подобрать реку или створ-аналог, выполнить анализ связи и получить уравнение регрессии; осуществить приведение статистических параметров кривых обеспеченности годового стока к многолетнему периоду.

Порядок выполнения задания:

В случае одного пункта-аналога приведение среднего и коэффициента вариации к более длительному периоду наблюдений можно осуществить, минуя стадию восстановления ежегодных значений. Тем не менее, предварительный этап выбора пункта-аналога, создания XLSX-файла и наполнения его данными, исследования зависимости между расходами воды и получения уравнения регрессии необходимо пройти полностью.

Приведение параметров распределения. В случае одного пункта-аналога приведение среднего значения к более длительному периоду осуществляют по формуле:

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + r(\sigma_{n_{расч}} / \sigma_{n_{ан}})(\bar{Q}_{N,ан} - \bar{Q}_{n,ан}) , \quad (4.1)$$

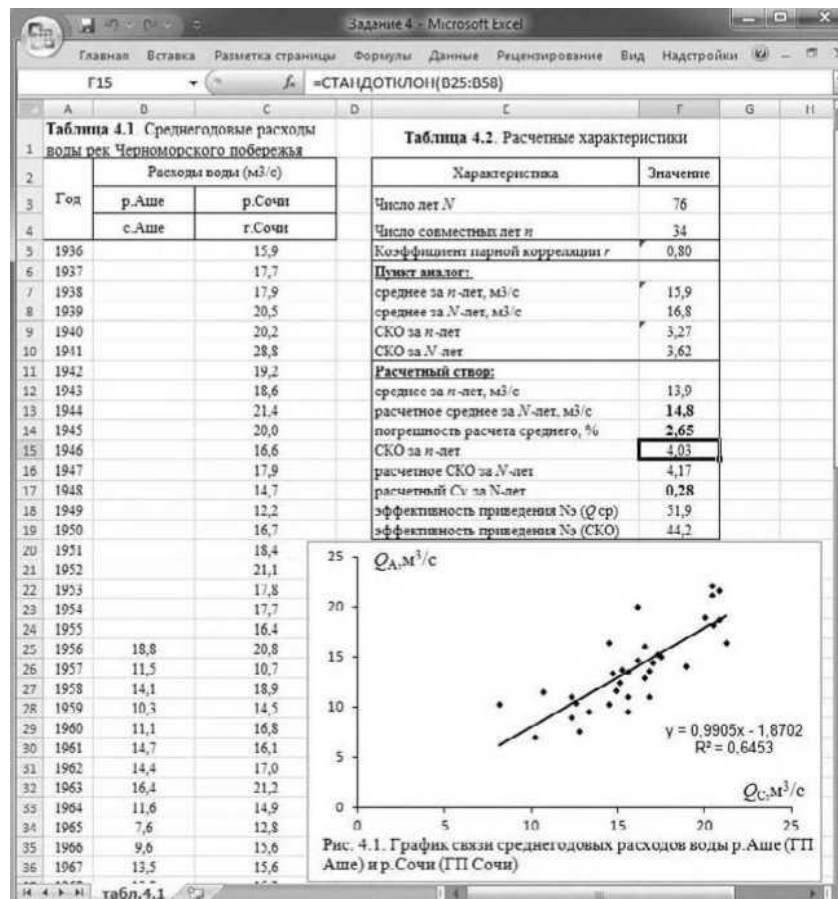


Рис. 5.1. Пример приведения параметров кривой обеспеченности к многолетнему периоду, реализованного в Excel с построением графика связи и оценкой эффективности приведения

где  $\bar{Q}_{N ан}$  и  $\bar{Q}_{n ан}$  - средние многолетние расходы воды в пункте-аналоге за весь  $N$  и совместный с расчетным створом период наблюдений;  $\bar{Q}_N$  и  $\bar{Q}_n$  - средние многолетние расходы воды в расчетном створе за  $N$  (т.е. рассчитанный) и  $n$  периоды.

Приведенный коэффициент вариации определяют по формулам.

Относительную среднюю квадратическую погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока определяют по формуле:

Сформировать на рабочем листе новую таблицу (с итогами расчетов) и рассчитать в ней основные числовые характеристики (см. рис. 5.1). При этом использовать формулы и статистические функции "СЧЕТ", "КОРРЕЛ", "СРЗНАЧ" и "СТАНДОТКЛОН"; математическую функцию "КОРЕНЬ"; ссылки на ячейки с уже рассчитанными величинами; математические операторы "-", "+", "/" и "x".

После всех расчетов и построений необходимо оценить объем информации, эквивалентной наблюдаемым данным, полученный в результате приведения параметров  $Q$  и  $o$  к многолетнему периоду. Кроме того, сравнить оценки параметров кривых обеспеченности, полученные разными способами.

Результат выполнения задания: Оформить задание в текстовом редакторе в соответствии с ранее озвученными требованиями.

Практическая работа № 6. Расчеты внутригодового распределения стока методом компоновки.

Цель задания: осуществлять гидрометеорологическое обеспечение и экологическую экспертизу при строительстве хозяйственных объектов, определять величины сезонного стока в году 90 и 95%-ной обеспеченности.

Порядок выполнения задания:

1. Определить для исследуемого створа границы водохозяйственных сезонов (с округлением до месяца), руководствуясь примерными данными. В итоге должны быть выделены следующие сезоны:

- весна/половодье - П (его еще называют многоводный сезон, или нелимитирующий период - НП);
- лимитирующий период - ЛП, в его составе: лимитирующий сезон - ЛС, нелимитирующий сезон - НС.

2. Создать новый XLSX-файл. В первой ячейке первой строки (с адресом A1) открывшегося рабочего листа №1 набрать заголовок таблицы. В первой ячейке второй строки (т.е. с адресом A2) записать «Водохозяйственный год», в следующих ячейках - названия (или порядковые номера) месяцев и водохозяйственных сезонов. Во-первых, необходимо начинать с первого месяца многоводного года, т.е. с начала водохозяйственного года. Во-вторых, желательно, чтобы столбцы с данными по сезонам следовали после месяцев, входящих в данный сезон. В последней ячейке (т.е. с адресом R2) записать «Год». Подписать водохозяйственные годы, придерживаясь, например, следующего формата: "1961-62" или "1961-1962".

Набрать ряды значений среднемесячных расходов воды.

В пределах каждого водохозяйственного года вычислить (по водохозяйственным сезонам) суммы среднемесячных расходов воды  $\sum Q_M$ . При этом использовать функцию "СУММ" в категории функций "Математические" и возможность копирования в Excel формулы на ниже расположенные ячейки (в пределах ряда). Сумма расходов воды за ЛП рассчитывается как сумма НС и ЛС, за Г - как сумма ЛП и П.

Вс год	IV	V	VI	НП	VII	VIII	IX	X	XI	НС	XII	I	II	III	ЛС	ЛП	Г
1965-66	58	464	271	793	173	200	107	166	172	818	52.5	41.1	30.9	29.4	154	972	1765
1966-67	315	433	121	869	64	35.9	53.5	104	59.3	317	29.2	22.3	23.5	23.5	99	415	1284
1967-68	103	145	63.4	311	73.8	44.9	24.1	51.4	71.1	265	35	29	26.6	26.4	117	382	694
1968-69	125	568	123	816	124	147	63.6	110	63.8	405	36.7	34.1	24.9	23.6	119	628	1444
1969-70	137	303	147	587	132	95.1	61.1	63.1	53.4	405	68.9	29.7	28	27.6	154	559	1146
1970-71	158	372	229	759	111	63.8	83.6	102	84.2	445	46.5	40.2	31.5	28.5	147	591	1350
1971-72	91	510	165	766	149	89.3	68.9	91.1	91.6	490	62.5	39.3	28.5	28.5	159	649	1415
1972-73	103	629	241	973	58.5	37	41	62.1	49.3	248	42.3	32.9	25.7	26	129	377	1350
1973-74	317	207	47.8	572	52.2	63.3	77.4	139	79.7	412	47.4	38.4	32.1	32.8	151	562	1134
1974-75	107	864	228	1199	60.8	40.6	41	39.9	38.9	221	32.2	30.8	30.8	27.5	121	343	1542
1975-76	281	107	57.2	445	50.7	40.5	46.9	58.1	42.8	239	33.5	28.2	26.8	28	117	356	801
1976-77	83.4	630	130	843	68.4	47.9	55.6	54.2	33.8	260	33.7	31.3	28.3	30	123	383	1227
1977-78	142	357	64.8	564	65.4	46.6	35	67.1	62.8	277	49	31.7	30.2	30.7	142	419	982
1978-79	133	258	288	679	75.3	56.1	68.8	139	91.4	431	48.9	31.8	29.4	29.5	140	570	1249
1979-80	38.4	629	88.5	756	53.6	35.2	41	84.7	63.6	278	31.8	30.1	31.3	27	120	398	1154
1980-81	123	458	125	706	97.7	48	59.8	84.3	68.7	359	47.9	41.6	36.4	33.2	159	518	1224
1981-82	37.6	605	151	794	45.8	63.8	81.6	77.2	78.4	347	46.9	37.1	34.8	33.9	153	500	1293
1982-83	60.4	638	170	868	99.2	53.1	41.8	51.4	63.5	309	70	49.6	41.9	35.3	197	506	1374
1983-84	389	145	129	663	164	69.1	48.6	113	93.4	488	78.4	62.4	44.8	39.6	225	713	1376
1984-85	103	450	103	656	114	89.1	104	139	87.8	534	43.7	39.1	35.6	30.4	149	683	1359
1985-86	50.6	448	132	631	133	96.8	65.8	89.9	50.8	436	45	46.3	41.1	36.1	169	605	1235
1986-87	224	483	77.1	784	93.2	38.6	71.6	158	102	463	61.7	35.3	30.5	29.2	157	620	1404
1987-88	46.3	547	130	723	114	82	64	63.1	82.5	376	35.8	34	30.7	30.8	131	507	1230

Рис. 6.1. Пример подготовки данных для расчета внутригодового распределения стока методом компоновки

Построение кривых обеспеченностей и определение величин сезонного стока заданной обеспеченности.

Скопировать в программу поочередно ряды с для всех водохозяйственных сезонов и года. В среде программы для каждого ряда осуществить процедуру вычисления статистических характеристик и построения эмпирических кривых обеспеченности: Р(П), Р(ЛП), Р(ЛС), Р(НС), Р(Г).

Распечатать графики с эмпирическими кривыми обеспеченности. На них построить аналитические кривые обеспеченности. Определить величины Г, ЛП, ЛС заданной обеспеченности  $P$ ; остальные (П и НС) - вычислить по разности:  $П^* = Г_p - ЛП_p$  и  $НС^* = ЛП_p - ЛС_p$ .

Установить качество компоновки, определив по кривым Р(П) и Р(НС) обеспеченность рассчитанных  $П^*$  и  $НС^*$ . Если полученные обеспеченности больше заданной, то допущена ошибка в расчетах.

Расчет внутрисезонного распределения стока. Разбить имеющиеся ряды сумм среднемесячных расходов воды НП, НС и ЛС на три группы: многоводные ( $P < 33,3\%$ ), средние по водности ( $33,3 < P < 66,7\%$ ) и маловодные ( $P > 66,7\%$ ). Основанием для разделения служат эмпирические обеспеченности  $\sum Q_M$ . Отобрать для дальнейших расчетов лишь маловодную группу.

Если продолжительность периода наблюдений менее 15 лет, то деление сезонов на группы

не производится и в расчетах используется весь ряд. При продолжительности наблюдений более 30 лет выделяют 5 групп: очень многоводные (<16,7%), многоводные (16,7%<P<33,3%), средние по водности (33,3%<P<66,7%), маловодные (66,7%<P<83,3%) и очень маловодные (>83,3%).

На отдельных рабочих листах подготовить таблицы для расчета внутрисезонного распределения стока для сезонов НП, НС и ЛС (рис. 6.2). Первый столбец - водохозяйственный год, второй - сумма среднемесячных расходов воды за сезон, третий - эмпирическая обеспеченность этой суммы (должна превышать 66,7%), последующие - среднемесячные расходы воды с указанием календарных месяцев, к которым они относятся.

В/х год	Сумма за НП, м³/с	Эмпирическая обеспеченность, P%	1		2		3	
			м³/с	месяц	м³/с	месяц	м³/с	месяц
1984-85	656	68.6	450	V	103	VI	103	IV
1985-86	631	71.4	448	V	132	VI	50.6	IV
1988-89	612	74.3	425	V	103	VI	83.5	IV
1969-70	587	77.1	303	V	147	VI	137	IV
1973-74	572	80.0	317	IV	207	V	47.8	VI
1977-78	564	82.9	357	V	142	IV	64.8	VI
1989-90	539	85.7	383	V	93.8	IV	61.7	VI
1996-97	466	88.6	274	V	149	VI	43.2	IV
1975-76	445	91.4	281	IV	107	V	57.2	VI
1997-98	376	94.3	241	V	83.1	IV	51.7	VI
1967-68	311	97.1	145	V	103	IV	63.4	VI
Среднее	523		329		125		69	
Повторяемость месяцев		IV		=СЧЁТЕСЛИ	4		5	
		V		9	2		0	
		VI		0	5		6	
Принятое относительное распределение, %	100		62.9	V	23.8	VI	13.3	IV

Рис. 6.2. Пример расчета внутрисезонного распределения стока (для маловодной группировки сумм среднемесячных расходов воды)

Среднемесячные расходы внутри сезона и каждого года расположить в убывающем порядке. Подписать календарные месяцы, к которым относятся данные расходы воды.

Для составных водохозяйственных сезонов, включающих, например, лето и осень, осень и зиму и т.д., рекомендуется месячные расходы воды располагать в порядке убывания отдельно для каждого из календарных сезонов.

Для ряда с  $\sum Q_M$  и рядов с ранжированными среднемесячными расходами рассчитать средние значения. По ним установить распределение стока по месяцам внутри сезона в долях суммарного стока за этот сезон. Полученные доли для каждого порядкового номера месяца отнести к тому календарному месяцу, который встречается наиболее часто на данном порядковом месте. Повторяемость месяца на данном порядковом месте можно быстро вычислить через функцию "СЧЁТЕСЛИ" (вкладка "Формулы" → <Библиотека функций> → <Другие функции> → <Статистические> → <СЧЁТЕСЛИ>), которая считает число непустых ячеек в выделенном диапазоне, в которых величины удовлетворяют заданному условию (пример - Критерий: =V) (рис. 6.2).

Полученные для искомым обеспеченностей расчетные величины сумм среднемесячных расходов за сезон перемножить на доли месяцев. Полученные таким образом среднемесячные расходы за год заданной обеспеченности свести в единую таблицу (рис. 6.3) и проверить правильность расчета: сумма среднемесячных расходов должна равняться величине  $G_p$ , где  $P$  - заданная обеспеченность.

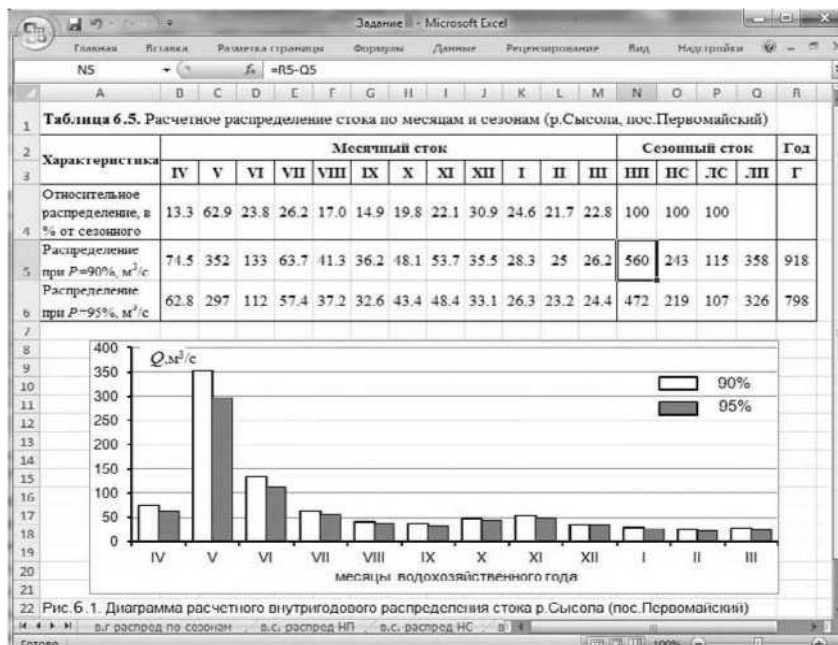


Рис. 6.3. Табличные и графические итоги расчета внутригодового распределения стока

При повышенных требованиях к детальности модели года в расчетную схему включается величина стока лимитирующего месяца (ЛМ<sub>р</sub>) в лимитирующем сезоне (ЛС<sub>р</sub>).

Принцип включения - тот же, что и в компоновке сезонов. Указанная задача возникает в водохозяйственном проектировании, если не предусматривается регулирование стока или же при его незначительном регулировании.

Результат выполнения задания: Оформить задание в текстовом редакторе: с титульным листом, с пояснительной запиской, с включением в текст таблиц и графиков, включая кривые обеспеченности, с результатами расчета и их анализа.

Практическая работа № 7. Определение мёртвого объёма водохранилища. Расчёты водохранилища сезонного регулирования таблично-цифровым балансовым методом.

Цель задания: определить мертвый объем водохранилища и рассчитать водохранилище сезонного регулирования методом таблично-цифрового баланса.

Порядок выполнения задания:

Любое водохранилище вносит изменения в гидравлический режим водотока: уменьшаются скорости течения и уклоны свободной поверхности воды, растёт глубина потока, уменьшается транспортирующая величина потока и т.д. Наносы, которые увлекает за собой поток по дну или во взвешенном состоянии, постепенно осаждаются и откладываются в чаше водохранилища, лишь незначительная часть транзитом проходит в нижний бьеф гидроузла. Процесс заполнения водохранилища наносами называют заилением, он достаточно длителен и зависит от многих факторов: размеров и конфигурации водохранилища, устойчивости берегов, режима стока, состава наносов, режима сработки и колебаний уровня водохранилища и др. Продолжительность полного заиления до отметки НПУ носит название «срока заиления». Время заиляемости может быть определено по формуле:  $t_y = V_{\text{НПУ}} / V_n$ ,

где  $V_{\text{НПУ}}$  – полный объём водохранилища при НПУ,

$V_n$  – средний многолетний объём наносов, поступающих в водохранилище, м<sup>3</sup> в год.

Значение срока заиляемости принимается для крупных водохранилищ в 200 лет, а для малых водохранилищ и прудов – 50 лет.

При расчётах заиления употребляется также термин «срок службы водохранилища» – время, в течение которого наносами заполняется мёртвый объём водохранилища, т.е. срок в течение которого возможно регулирование санитарно-гидробиологического режима с помощью мёртвого объёма:  $t_{\text{сл.}} = V_{\text{УМО}} / V_n$ ,

где  $V_{\text{УМО}}$  – мёртвый объём,  $V_n$  – аналогично формуле выше.

Исходными данными для расчёта мёртвого объёма являются:

а) – батиграфические кривые; б) средний многолетний объём годового стока  $W_0 = 1100 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ ; в) среднемноголетняя мутность воды во входном створе водохранилища  $\rho_0 = 1200 \text{ г/л}$

м<sup>3</sup>; г) транзитная часть наносов, сбрасываемая из водохранилища в нижний бьеф,  $\delta = 0,3$ ; д) количество донных наносов  $m = 10\%$  от взвешенных; е) объёмная масса донных отложений  $\gamma_{отл.} = 0,8 \text{ т/м}^3$ .

Необходимо рассчитать мёртвый объём и соответствующий ему уровень воды  $H_{м.о.}$ , исходя из условий выполнения санитарно-технических требований и обеспечения необходимого качества воды; а также допустимый срок службы водохранилища.

Порядок расчёта следующий:

1. По санитарно-техническим условиям средняя глубина воды в водохранилище при минимальном наполнении должна быть не менее 2,5 м. По батиграфической кривой  $h_{ср.}(H)$  устанавливаем, что средней глубине в 2,5 м соответствует минимальный уровень  $H_{min} = 116 \text{ м}$ , при котором минимальный объём водохранилища должен быть равен  $V_{min.} = 40 \text{ млн. м}^3$ .

2. Принято, что удовлетворительное качество воды в водохранилище будет обеспечиваться при условии, что при уровне мёртвого объёма критерий литорали  $L_{\Omega}$  не будет превышать 0,35. По кривой  $L_{\Omega}(H)$  можно установить, что при уровне воды в 116 м, определённом исходя из санитарно-технических требований,  $L_{\Omega} = 0,43$ , т.е. требуемое условие не выполняется – площадь мелководья гораздо выше. Поэтому  $H_{min/} = 116,0 \text{ м}$  никак не может быть принят в качестве мёртвого объёма. Возвращаемся к рис. 3, при  $L_{\Omega} = 0,35$  уровень мёртвого объёма  $H_{умо}$  может быть предварительно принят в 119,5 м. Такому уровню соответствует объём водохранилища в 120 млн. м<sup>3</sup>.

3. Проверяем найденный объём на соответствие условий заиления наносами. Время заиления мёртвого объёма определяем по формуле 7.2., а среднегодовой объём отложений наносов в водохранилище по формуле. Подставляя в формулу имеющиеся данные, получим, что объём наносов  $V_{н.}$  равен  $1,32 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , а время заиления мёртвого объёма в 120 млн. м<sup>3</sup> составит 91 год.

Следовательно, полученный срок заиления мёртвого объёма водохранилища, удовлетворяющий и санитарно-техническим требованиям, и необходимому качеству воды, значительно превышает допустимый срок заиления для малых водохранилищ (50 лет). Поэтому можно принять значения  $H_{м.о.} = 119,5 \text{ м}$ ,  $V_{м.о.} = 120 \text{ млн. м}^3$ .

Методы водохозяйственных расчётов водохранилищ подразделяются на балансовые (основанные на использовании длительных наблюдений за стоком) и обобщённые (опирающиеся на математическую статистику и теорию вероятностей). Балансовый метод чаще применяется к расчёту водохранилищ сезонного регулирования стока. При этом полезный объём водохранилища и другие его рабочие параметры определяют путём последовательного сопоставления объёмов расчётного стока и плановой отдачи за определённые интервалы времени (месяц, декаду и т.д.). Расчёт выполняют в два этапа: сначала находят параметры регулирования стока без учёта потерь воды из водохранилища, а затем уточняют режим регулирования с учётом потерь на фильтрацию, испарение и т.д.

В практике водохозяйственного проектирования балансовые расчёты таблично-цифровым способом широко распространены, исходными данными для них являются батиграфические кривые, внутригодовое распределение стока расчётной обеспеченности и плановая полезная отдача за месяц и за год.

Таблица 7.1.

Данные для балансового расчёта водохранилища сезонного регулирования стока.

Месяц	Расчётные характеристики		
	Сток $W_{p80\%}$ , млн. м <sup>3</sup>	Плановая полезная отдача $U$ , млн. м <sup>3</sup>	Сток минус отдача (+ - превышение, -- - дефицит)
01	26	53	--27
02	26	53	--27
03	37	53	--16
04	263	61	+202
05	171	61	+110
06	53	61	-- 8
07	39	61	--22
08	47	61	--14

09	100	61	+39
10	105	53	+52
11	39	53	--14
12	39	53	--14
За год	945	684	+261

Судя по данным таблицы 7.1, можно прийти к выводу о необходимости сезонного регулирования стока, поскольку в течение 8 месяцев полезная отдача превышает расчётный сток. Регулирование возможно, т.к. суммарный годовой сток превосходит годовую полезную отдачу – то есть потребность всех отраслей в водных ресурсах.

За начало водохозяйственного года принимают апрель – месяц, с которого начинается наиболее многоводный период года (половодье). Приведен расчёт эксплуатации водохранилища в двух предельных вариантах: а) водохранилище наполняется до НПУ за счёт первых избытков, только после этого излишки воды сбрасываются в нижний бьеф; расчёт выполняется в хронологической последовательности («по ходу времени»), вычисляются объёмы наполнений и сбросов на конец каждого месяца; б) вначале при уровне  $H_{м.о.}$  сбрасываются излишки воды, а потом водохранилище заполняется до НПУ; расчёт идёт «против хода времени» от момента, когда имеется только мёртвый объём – т.е. начиная с конца водохозяйственного года, с марта месяца.

Результат выполнения задания: вычисленный мертвый объем водохранилища и данные о водохранилище сезонного регулирования методом таблично-цифрового баланса.

### Критерии оценки работ 1 модуля

Модуль 1. Практическое задание оценивается в 7 баллов за 1 задание. Всего 4 практических работы.

**Критерии оценки** (в баллах) в соответствии рейтинг плану по максимальному и минимальному количеству баллов:

**7 баллов** - выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущена 1 несущественная ошибка.

**6 баллов** - выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 1 значительная ошибка.

**5 баллов** - выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущены 2 несущественные ошибки.

**4 балла** - выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 2 значительные ошибки.

**3 балла** - выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущены 3 несущественные ошибки.

**2 балла** - выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 3 значительные ошибки.

**1 балл** - выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание и при решении допущены 1 грубая ошибка.

### Критерии оценки работ 2 модуля

Модуль 2. Практическое задание оценивается в 4 балла за 1 задание. Всего 3 практических работы.

**Критерии оценки** (в баллах) в соответствии рейтинг плану по максимальному и минимальному количеству баллов:

**4 балла** выставляется студенту, если продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Практическая работа выполнена полностью без неточностей и ошибок.

**3 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущены несущественные ошибки.

**2 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы заметны пробелы в теоретических знаниях. Студент не полностью выполнил задание или при решении допущены значительные ошибки.

**1 балл** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание.

### **Типовые задания для контрольной работы**

Описание контрольной работы: Письменная контрольная работа направлена на оценивание усвоения ЗУН, направлена на оценивание теоретических знаний по дисциплине. Контрольная работа в 1 варианте, в каждом варианте по 5 вопросов. Каждый ответ на вопрос оценивается в 3 баллов, согласно рейтинг-плану.

#### **Перечень вопросов для подготовки к контрольной работе по Модулю 1**

1. Определение науки «Инженерная гидрология». Предмет. Содержание и структура курса.
2. Краткий исторический обзор. Общие положения.
3. Основные гидрометеорологические характеристики, используемые в инженерных гидрологических расчетах.
4. Расчет гидрологических характеристик при разном объеме гидрометрической информации.
5. Расчет гидрологических характеристик при наличии длинного ряда гидрометрических наблюдений.
6. Расчет гидрологических характеристик при ограниченности данных гидрометрических наблюдений.
7. Расчет гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.
8. Основы гидрологических расчетов. Единицы измерения и характеристики стока.
9. Годовой сток. Карты изолиний среднего многолетнего стока.
10. Статистическая обработка данных наблюдений.
11. Кривые повторяемости и продолжительности.
12. О применении теории вероятностей к гидрологическим расчетам.
13. Основные понятия теории вероятностей в применении к гидрологическим расчетам.
14. Анализ кривых обеспеченности.
15. Влияние климатических факторов и зарегулирования стока на параметры кривой обеспеченности.
16. Построение кривых обеспеченности.
17. Методы удлинения рядов.
18. Методы линейной корреляции.
19. Кривые обеспеченности суточных расходов.
20. Построение и использование разностных интегральных кривых.

#### **Перечень вопросов для подготовки к контрольной работе по Модулю 2**

1. Расчет максимальных паводков.
2. Выбор расчетной обеспеченности.
3. Построение кривых обеспеченности максимальных паводковых расходов.
4. Методы определения максимальных расходов при недостаточности данных наблюдений.
5. Процесс формирования дождевого стока и метод его расчета.
6. Приближенные метода расчета паводкового стока.
7. Основные указания об использовании гидрологических данных при водохозяйственных расчетах.
8. Общие указания. Выбор расчетного гидрографа.
9. Расчетный гидрограф паводка и расчет трансформации паводкового стока.
10. Элементы гидравлического расчета речных потоков.
11. Основные сведения о наносах рек.
12. Формирование русел рек.
13. Основы теории движения наносов.
14. Размывающие скорости потока.
15. Критические скорости потока.
16. Общие исследования деформации русел.



17. Уравнение деформации русла.
18. Размыв русла на участке реки, стесненном перемычками.
19. Проектирование деформированного профиля водотоков.
20. Заиление подпертых бьефов гидроузлов и водохранилищ.
21. Занесение верхнего бьефа гидроузла донными наносами.
22. Приближенное определение понижения уровня и глубины размыва нижнего бьефа гидроузла.
23. Изменение продольного профиля русла на участке деривации.
24. Зимний и термический режим естественных водотоков и водоемов.
25. Общие сведения о термическом режиме водоемов и рек.
26. Характеристика видов льда.
27. Процессы ледостава. Процессы ледохода. Распределение шуги по живому сечению потока. Расход шуги.
28. Расчеты зимнего режима водотоков и водоемов при регулировании стока.
29. Ледовый режим подпертых бьефов. Ледовый режим в нижнем бьефе гидросооружений. Зимний режим подпертых бьефов незамерзающих водотоков.
30. Зимний режим на участке реки, стесненном перемычками

### **Пример варианта контрольной работы**

#### **Модуль 1.**

#### **Вопросы текущего контроля.**

#### **Модуль 1.**

1. Расчет гидрологических характеристик при разном объеме гидрометрической информации.
2. Карты изолиний среднего многолетнего стока.
3. Анализ кривых обеспеченности.
4. Методы удлинения рядов.
5. Кривые обеспеченности суточных расходов.

#### **Модуль 2.**

#### **Вопросы текущего контроля.**

#### **Модуль 2.**

1. Процесс формирования дождевого стока и метод его расчета.
2. Размыв русла на участке реки, стесненном перемычками.
3. Расчеты зимнего режима водотоков и водоемов при регулировании стока.
4. Расчеты внутригодового распределения стока методом компоновки.
5. Выбор расчетного гидрографа. Расчетный гидрограф паводка и расчет трансформации паводкового стока.

#### **Критерии оценки (в баллах):**

**15 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы.

**от 10 до 15 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на несколько вопросов, однако допущены неточности в ответах на 1, 2 вопроса.

**от 5 до 10 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на пару вопросов, однако допущены неточности в ответах на остальные вопросы.

**от 0 до 5 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Гидрология: учебник для вузов / Михайлов В. Н., Добролюбов С.А. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 753 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=455009&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=455009&sr=1)
2. Кабатченко И.М. Гидрология и водные изыскания. Практикум. – М.: Альтаир – МГАВТ, 2015. – 92 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=429566&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=429566&sr=1)
3. Инженерно-гидрологические расчеты: учебное пособие \ Т.В. Воронина.- Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. <https://elib.bashedu.ru/dl/read/VoroninaInzhGidrRasch.pdf>

#### Дополнительная литература:

4. Вопросы инженерной гидрологии. Д.И. Кочерин. – М., Л.: НКТП СССР, Энергетическое изд-во. – 1932. – 209 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=132740&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=132740&sr=1)
5. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев.— Изд. 2-е, перераб. И доп. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. — 306 с. Абонемент № 8 (7 экземпляров).
6. Инженерно-гидрологические расчеты : учеб. пособ. / БашГУ ; В. А. Балков, Т. В. Воронина. — Уфа : БГУ, 1996. — 76 с. (Аб. №8 – 53 экз., Аб. №3 – 26 экз.).
7. Расчет максимальных расходов воды водотоков: методические указания / сост. А.К. Битюрин, В.В. Агеева; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ), Кафедра гидравлики. - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2011. - 29 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427480>
8. Расчет максимальных расходов воды: Справочные материалы для выполнения курсовых работ и проведения практических занятий по дисциплине «Инженерная гидрология»: справочные материалы / сост. А.К. Битюрин, В.Н. Бобко; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Кафедра гидравлики. - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2011. - 27 с.: табл., ил. - Библиогр. в кн.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427459>

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
4. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
5. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
6. Электронная библиотека диссертаций РГБ - <http://diss.rsl.ru/>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования SCOPUS - <http://www.gpntb.ru>
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования WebofScience - <http://www.gpntb.ru>

#### Программное обеспечение:

1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.
2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.
3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle)

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 809И (гуманитарный корпус).</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 713 (гуманитарный корпус).</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 809И (гуманитарный корпус), аудитория № 713 (гуманитарный корпус), аудитория № 806И (гуманитарный корпус), аудитория № 808И (гуманитарный корпус).</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 809И (гуманитарный корпус), аудитория № 713 (гуманитарный корпус), аудитория № 806И (гуманитарный корпус), аудитория № 808И (гуманитарный корпус), аудитория № 709И (гуманитарный корпус), Лаборатория ИТ (компьютерный класс) (гуманитарный корпус).</p> <p><b>5. помещения для самостоятельной работы:</b> аудитория № 704/1 (гуманитарный корпус); абонемент №8 (читальный зал) (ауд. 815И) (гуманитарный корпус)</p> <p><b>6. помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> № 820И (гуманитарный корпус).</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 809И</b></p> <p>Учебная мебель, доска, мультимедийный проектор BenQMX511(DLP.XGA.2700 ANSI.High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B 570 15.6» Inte Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo формат 183*244см</p> <p align="center"><b>Аудитория № 713</b></p> <p>Учебная мебель, доска, мультимедийный проектор BenQMX511(DLP.XGA.2700 ANSI.High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B 570 15.6» Inte Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo формат 183*244см</p> <p align="center"><b>Аудитория № 806И</b></p> <p>Учебная мебель, доска, мультимедийный проектор BenQMX511(DLP.XGA.2700 ANSI.High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B 570 15.6» Inte Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo формат 183*244см</p> <p align="center"><b>Аудитория № 808И</b></p> <p>Учебная мебель, доска, мультимедийный проектор BenQMX511(DLP.XGA.2700 ANSI.High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B 570 15.6» Inte Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo формат 183*244см</p> <p align="center"><b>Аудитория № 709И</b></p> <p><b>Лаборатория ИТ (компьютерный класс)</b></p> <p>Учебная мебель, доска, персональные компьютеры в комплекте № 1 iRUCorp 510 (13 шт.).</p> <p align="center"><b>Аудитория № 704/1</b></p> <p>Учебная мебель, доска, персональные компьютеры: процессор Thermaltake Intel Core 2 Duo, монитор Acer AL1916W, Window Vista, монитор 19" LG L1919S BF Black (LCD&lt;TFT, 8ms, 1280×1024, 250 кд/м, 1400:1,4:3 D-Sub), процессор InWin, Intel Core 2 Duo, монитор Flatron 700, процессор «Кламас», монитор Samsung MJ17 ASKN /EDC, процессор «Intel Inside Pentium 4», мышь и клавиатура.</p> <p align="center"><b>Абонемент №8 (читальный зал)</b></p> <p>Учебная мебель, компьютеры в сборе (системный блок Powercool\Ryzen 3 2200G (3.5)\ 8Gb\ A320M \HDD 1Tb\ DVD-RW\450W\ Win10 Pro\ Кл-раUSB\ МышьUSB\ LCDМонитор 21,5"- 3 шт.)</p> <p align="center"><b>Помещение № 820И</b></p> <p>Учебно-наглядные пособия, мультимедийный проектор BenQ MX511 DLP XGA 2700 ANSI High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B570 15.6 Intel Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo - 183×244см</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle)</p>