

Министерство топлива и энергетики Российской Федерации РАО "ЕЭС России"

СОГЛАСОВАНО:
Министерство природных ресурсов
Российской Федерации
Руководитель департамента
водного хозяйства
" " декабря 1999 г.
О.Н.Казанцев

УТВЕРЖДАЮ:
Министерство топлива и энергетики
Российской Федерации
Начальник департамента
электроэнергетики
" " декабря 1999 г.
И.А.Новожилов

СОГЛАСОВАНО:
РАО "ЕЭС России"
Первый заместитель Начальника
департамента электростанций
" " декабря 1999 г.
В.А.Кузнецов

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО СОСТАВЛЕНИЮ ПРАВИЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
ВОДОХРАНИЛИЩ ГИДРОУЗЛОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Вводятся с 1 января 2000 г.

Разработаны во исполнение Указания Минтопэнерго России от 28 мая 1998 г. № КВ-83

Авторы: А.Е. Асарин, К.Н. Бестужева, А.М. Резниковский и др.

Под редакцией В.С. Серкова

Рецензенты: С.Е. Беднарук, А.Л. Великанов

АННОТАЦИЯ

"Методические указания" регламентируют структуру и содержание документа "Правила использования" водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций, разъясняют порядок его разработки, состав необходимых исходных данных, включая требования водопользователей к режиму бьефов гидроузла и методику основных расчетов, а также порядок согласования. Предназначены для заказчиков и разработчиков "Правил использования водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций".

ВВЕДЕНИЕ

Ввод в эксплуатацию электроэнергетической установки (ГЭС, ГАЭС, ТЭС, АЭС и др.) обычно связан с созданием водохранилища-регулятора либо водохранилища-охладителя. Влияние водохранилища на водный режим реки и, соответственно, на окружающую природную среду тем значительней, чем больше его абсолютный и относительный (по сравнению со средним многолетним стоком реки) полезный объем.

Безопасность подпорных сооружений гидроузла, населения и хозяйственных объектов, расположенных в долине реки ниже по течению, и надежность функционирования электроэнергетического объекта в значительной мере определяются режимом использования водных ресурсов водохранилища.

Параметры и режим работы гидроузла и водохранилища в общих чертах устанавливаются при разработке проекта электроэнергетической установки. Кроме того, согласно "Положению по эксплуатации водохранилищ объемом более 10 млн. м³", МПР России, М., 1999, к моменту сдачи объекта в промышленную эксплуатацию должны быть разработаны и утверждены "Правила использования водных ресурсов водохранилища", в которых подробно регламентируется режим работы гидроузла.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации использование и охрана водных

ресурсов водохранилищ осуществляется в соответствии с требованиями, согласованными с заинтересованными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, со специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, государственным органом санитарно-эпидемиологического надзора, государственным органом управления использованием и охраной рыбных ресурсов и другими заинтересованными органами управления.

Основным документом, регламентирующим режим наполнения и сработки водохранилищ, порядок пропуска половодий и паводков, размеры пропусков в нижний бьеф гидроузла, являются "Правила использования водных ресурсов водохранилищ" (далее "Правила"). "Правила" подлежат пересмотру по мере накопления опыта эксплуатации, изменения водохозяйственной обстановки, экологических требований к режиму использования стока, но не реже, чем один раз в 10-12 лет. Как разработка, так и пересмотр "Правил" требуют выполнения значительного объема специальных расчетов, от качества и достоверности результатов которых зависит эффективность и безопасность функционирования объекта.

Для составления "Правил" на заключительном этапе проектирования или перед сдачей гидроузла и промышленную эксплуатацию, как правило, достаточно исходных данных, содержащихся в проектных материалах. На более поздних этапах разработки "Правил" исходная информация должна быть дополнена и/или уточнена.

Для облегчения теоретических и практических задач, решаемых составителями "Правил", и регламентации формы и содержания этого документа разработаны настоящие "Методические указания". Они учитывают как многолетний опыт составления и использования "Правил" для водохранилищ энергетического и комплексного назначения, так и современные положения Российской водного законодательства.

Составители "Методических указаний" будут признательны их будущим пользователям за отзывы об опыте их применения при разработке новых и пересмотре существующих "Правил" и предложения по совершенствованию "Методических указаний".

1. Общая характеристика действующих Правил использования водных ресурсов водохранилищ

1.1. Основным документом, регламентирующим принципы и методы управления стоком рек с максимально возможным учетом интересов водопользователей и безопасности подпорных сооружений гидроузла, населения и хозяйства в его нижнем бьефе, в настоящее время являются "Основные правила или Основные положения правил использования водных ресурсов" водохранилищ. Вновь составляемые или пересматриваемые документы будут именоваться "Правила использования водных ресурсов", в дальнейшем называемые в тексте "Правила".

История разработки и применения "Правил" насчитывает около четырех десятилетий. В конце 1950-х гг. было разработано, а в 1961 г. - утверждено "Положение о порядке использования водных ресурсов водохранилищ РСФСР (Госводхоз РСФСР. РВ-1-61). В нем указывалось, что "руководящим документом по использованию водных ресурсов водохранилищ в нормальных эксплуатационных условиях должны быть "Основные положения правил использования водных ресурсов" конкретного водохранилища. В 1960-е гг. были разработаны "Основные положения правил" десятков водохранилищ, в том числе крупнейших: Волжско-Камского и Ангаро-Енисейского каскадов гидроузлов, Цимлянского гидроузла на р. Дон и др.

1.2. В 1972 г. "Основные положения правил" получили общесоюзный статус. Документ под названием "Положение о порядке использования водных ресурсов водохранилищ СССР" был утвержден Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР. Оно предусматривало следующий состав разделов "Основных положений правил" конкретных водохранилищ.

1. Характеристика назначения водохранилища (группы или каскада водохранилищ) и его регулирующей способности.

2. Характеристика водных ресурсов и условий эксплуатации водохранилища (основные параметры естественного притока; перечень вышележащих водохранилищ и гидросооружений, оценка их влияния на режим притока и т.д.).

3. Основные параметры водохранилища и нормативные подпорные уровни.

4. Основные морфометрические характеристики водохранилища.

5. Компонировка гидроузла, технические и гидравлические характеристики сооружений, оборудования и водопропускных отверстий гидроузла.

6. Проектный и фактический состав водопользователей; их основные требования; порядок удовлетворения потребностей в воде и проектные нормативы надежности их обеспечения.

7. Основные проектные показатели использования водных ресурсов водохранилища и

гидроузла (объем водоподачи, гарантированные расходы и уровни воды, водноэнергетические показатели ГЭС и т.п.).

8. Порядок использования водных ресурсов водохранилища в маловодные периоды (основные правила диспетчерского регулирования стока; ограничения, налагаемые на размеры водо- и энергоотдачи, и колебания уровней верхнего и нижнего бьефов в интересах комплексного использования полных ресурсов; предельно допустимая интенсивность сработки и наполнения водохранилища, порядок использования гидрологических прогнозов; рекомендации по использованию относительных избытков притока и т.п.).

9. Порядок пропуска высоких вод через сооружения гидроузла.

10. Мероприятия по борьбе с наносами.

11. Мероприятия по санитарной охране вод.

12. Порядок гидрометеорологического обслуживания организаций, эксплуатирующих гидроузлы, наблюдений, учета водных ресурсов, информации и оповещения о водном режиме.

1.3. Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР в 1987 г. утвердило ведомственный нормативный документ "Типовые правила эксплуатации водохранилищ емкостью 10 млн. м³ и более" (РД 33-3.2.08-87). Документ, согласованный с Минэнерго СССР, Минздравом СССР, Минрыбхозом СССР и Госкомгидрометом СССР, приобрел статус межведомственного и не отменен по сей день. Вопросы использования родных ресурсов водохранилищ в "Типовых правилах" 1987 г. были представлены, хотя и схематично, в разделе "Режим работы водохранилища".

1.4. Правительство Российской Федерации в 1997 г. приняло Постановление "О порядке эксплуатации водохранилищ" (№ 762 от 20 июня 1997 г.) В этом Постановлении установлено, что:

- поддержание в надлежащем техническом и санитарном состоянии водохранилищ и использование их полных ресурсов осуществляются в соответствии с правилами эксплуатации водохранилищ, **разрабатываемыми собственниками** гидроэнергетических и гидротехнических **сооружений** этих водохранилищ или эксплуатирующими водохранилища организациями;

- утверждение и переутверждение правил эксплуатации водохранилищ, независимо от их ведомственной принадлежности и формы собственности, возлагается на МПР России;

- контроль за соблюдением правил эксплуатации водохранилищ проводится МПР России при осуществлении государственного контроля за использованием и охраной водных объектов;

- МПР России поручается обеспечить подготовку, согласование с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и утверждение **методических указаний по разработке правил эксплуатации водохранилищ**.

Во исполнение этого Постановления Правительства в 1997 г. МПР России разработало проект Положения о порядке эксплуатации водохранилищ Российской Федерации. В этом документе указывается:

"Эксплуатация водохранилищ осуществляется в полном соответствии с "Правилами эксплуатации водохранилищ", которые включают в себя следующие нормативные (руководящие) документы:

1) *Правила использования водных ресурсов конкретного водохранилища (группы водохранилищ, каскада водохранилищ, водохозяйственной системы);*

2) *Правила технической эксплуатации и благоустройства конкретного водохранилища;*

3) *Инструкции по эксплуатации гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования.*

Основным документом, на основании которого ведется управление водным режимом каждого водохранилища, являются "Правила использования водных ресурсов водохранилища (группы водохранилищ, каскада водохранилищ, водохозяйственной системы)".

"Правила использования водных ресурсов" подлежат плановому пересмотру (уточнению, корректировке) и переутверждению каждые 10-12 лет (включая период разработки (составления), согласования и утверждения новой редакции).

По водохранилищам, для которых до выхода настоящего "Положения" были утверждены правила их эксплуатации или "Основные положения правах использования водных ресурсов", они сохраняют свое действие на срок до 5-ти лет, если они утверждены более чем за 5 лет до вступления в силу настоящего "Положения" и на срок до 10 лет в противном случае, при условии, что они не противоречат законодательству Российской Федерации и настоящему "Положению".

Проект Положения в настоящее время проходит стадию согласования и утверждения.

2. Интересы водопользователей и их учет в Правилах использования водных ресурсов водохранилищ

2.1. Общие указания

2.1.1. При многоцелевом использовании водохранилищ удовлетворение в полном объеме требований всех компонентов и отраслей хозяйства во все годы практически невозможно. Поэтому режимы использования водных ресурсов представляют собой, как правило, компромиссные решения, при которых неизбежны ущемления в тех или иных размерах интересов всех или части компонентов водохозяйственной системы (ВХС) для достижения максимального эффекта в целом. Наиболее сложно согласовать интересы компонентов ВХС при эксплуатации каскадов гидроузлов.

2.1.2. Ввиду ограниченности водных ресурсов в маловодные годы, недостаточности полезного объема водохранилища и противоречивости требований отдельных отраслей хозяйства и компонентов ВХС рекомендации "Правил" обычно учитывают требования отраслей не полностью. В "Правилах" следует приводить только ту часть отраслевых или экологических требований, которая может быть удовлетворена с той или иной степенью надежности (обеспеченности).

2.1.3. Раздел, в котором анализируются заявленные и удовлетворяемые заявки на воду всех потребителей, их требования к режиму использования водных ресурсов водохранилищ, целесообразно включить в пояснительную записку к проекту "Правил".

2.2. Гидроэнергетика

Гидроэнергетика - одна из ведущих отраслей - водопользователей. Энергоотдача любой ГЭС прямо пропорциональна расходам воды или объемам стока, проходящим через ее турбины, которые зависят, во-первых, от естественного стока в створе гидроузла, безвозвратных отъемов и потерь воды выше створа (водопотребление, работа шлюзов, фильтрация, рыбодоходы, грязеспуски) и трансформации стока в водохранилищах (сработка, наполнение), во-вторых, от требований энергосистемы (суточные, недельные, сезонные и годовые графики нагрузки).

Требования гидроэнергетики к режиму использования водных ресурсов водохранилищ:

- обеспеченность гарантированной мощности крупных ГЭС должна составлять не менее 85-95% по числу бесперебойных лет;
- снижение гарантированной мощности ГЭС за пределами расчетной обеспеченности не должно превышать 20-30%;
- гарантированная мощность ГЭС распределяется внутри года в соответствии с требованиями энергосистемы;
- установленная мощность ГЭС в период прохождения максимума нагрузки энергосистемы должна использоваться без ограничений;
- годовая выработка электроэнергии ГЭС должна быть максимально-возможной в любых по водности условиях;
- колебания энергоотдачи ГЭС внутри суток и недели должны соответствовать требованиям энергосистемы и не превышать значений, установленных в проекте.

2.3. Тепловая и атомная энергетика

Требования тепловой и атомной энергетики к режиму использования водных ресурсов водохранилищ:

- обеспечение необходимого объема и режима водоподачи в суточном, недельном, сезонном и годовом разрезах;
- беспрепятственное использование водохранилища в качестве охладителя сбросной теплой воды.

Поверхность водохранилища должна обеспечивать необходимый отвод тепла в зависимости от схемы циркуляции воды в водохранилище, взаимного расположения водосбросных и водоприемных сооружений, площади зеркала водохранилища и метеорологических условий.

Некоторые тепловые электростанции предъявляют требования к минимальным и максимальным расходам и уровням воды в реке в створе водозабора, которые, могут записать от режима работы вышележащего водохранилища.

2.4. Водный транспорт и лесосплав

Требования водного транспорта и лесосплава к режиму использования водных ресурсов водохранилищ:

- в период навигации - обеспечение нормируемых глубин по всей трассе судового хода как в водохранилищах, так и на незарегулированных участках рек, путем поддержания соответствующих расходов воды, и обеспечение расходов (объемов) воды для шлюзования через гидроузлы;

- в межнавигационный период - поддержание заданных уровней воды в местах зимнего отстоя судов.

Эффективное функционирование водного транспорта зависит от глубины навигационной сработки водохранилища, размеров специальных навигационных попусков в различное время года (например, в целях разрушения льда весной), объемов весеннего половодья, которые влияют на заносимость землечерпательных прорезей, внутрисуточных и внутринедельных колебания уровней воды в нижних бьефах гидроузлов и др.

Компенсация, полная или частичная, уменьшения водных ресурсов, выделяемых водному транспорту, технически возможна за счет дополнительного объема дноуглубительных работ на транзите и в портовых акваториях, изменения осадки используемых судов (создание нового флота либо аренда в других пароходствах), а также использования других видов транспорта (железнодорожного, автомобильного).

Типы компенсационных вариантов и масштабы их использования определяются экономическими факторами и физическими возможностями осуществления. Например, масштабы компенсации уменьшения глубин на транзите путем землечерпания зависят от физической возможности производства работ, а на порогах судопропускных сооружений - и от отметок на королях шлюзов. Снижение глубины на пороге шлюза может быть компенсировано лишь значительными затратами по его переустройству, а также путем изменения режима использования водных ресурсов другими отраслями хозяйства. Следует иметь в виду, что землечерпательные работы влияют на изменение (посадку) кривых связей расходов и уровней воды в реке, что приводит, в свою очередь, к уменьшению глубин на короле шлюза.

В процессе эксплуатации на многих гидроузлах водный транспорт увеличил заявки на воду, т.е. потребовал увеличения нормальных и сниженных навигационных попусков. Увеличение попусков, эффективное с отраслевой точки зрения, приводит к уменьшению водообеспечения других отраслей (например, на Ангаро-Енисейском каскаде - энергетики; на Волжско-Камском каскаде - рыбного хозяйства, водоснабжения, энергетики).

Включение в "Правила" новых значений нормальных и сниженных навигационных попусков возможно только при наличии их экономического обоснования.

2.5. Рыбное хозяйство

Рыбное хозяйство внутренних водоемов имеет сложную структуру. В качестве самостоятельных компонентов могут рассматриваться:

- естественное воспроизводство рыбы в реке;
- промышленное воспроизводство;
- прудовое хозяйство;
- рыбоводство в прудах-охладителях тепловых и атомных электростанций;
- рыбное хозяйство в водохранилищах гидроузлов;
- устьевые зоны рек и внутренние моря (озера).

Эффективность отдачи рыбохозяйственных компонентов зависит не только от режима использования водных ресурсов, но и от различных климатических и биотехнических факторов, а также от рыбоводно-мелиоративных мероприятий.

Различные типы рыбохозяйственных компонентов производят не равнозначную рыбную продукцию. Например, товарные прудовые хозяйства могут производить лишь ограниченное количество видов рыб, тогда как естественное воспроизводство в реках и водохранилищах обеспечивает значительно большее разнообразие рыбной продукции.

Важнейшим среди рыбохозяйственных компонентов является естественное воспроизводство, т.е. система условий, обеспечивающая естественный нерест и миграции в реке ценных промысловых рыб, к которым относятся проходные (осетровые, рыбец, шема, допекая сельдь) и полупроходные (судак, лещ, тарань и другие).

Нерестилища осетровых располагаются, как правило, на более низких отметках, чем нерестилища полупроходных, и для их затопления могут оказаться достаточными существенно

меньшие попуски. Например, в бассейне Волги объем попуска, необходимый для затопления нерестищ осетровых, составляет менее половины от оптимального объема попуска для полупроходных.

На **рыбопродуктивность водохранилищ** значительное влияние оказывает режим использования их водных ресурсов. Например, глубина зимней сработки влияет на выживаемость зимующей рыбы. Специальная летняя сработка (наряду с сопутствующими мелиоративными мероприятиями) способствует развитию на осушенных участках луговой растительности, служащей наилучшим нерестовым субстратом для будущего года, и ограничивает рост зарослей жесткой растительности, снижающей кормовые ресурсы для рыб.

Колебания уровня воды в бьефах гидроузла в период нереста вызывают массовую гибель отложенной икры и вылупившихся личинок.

Эффективность функционирования рыбохозяйственной отрасли в значительной мере зависит **от суточных и недельных колебаний расходов и уровней воды в нижних бьефах** гидроузлов, которые связаны исключительно с энергетическими нуждами. Их уменьшение возможно лишь за счет снижения участия ГЭС в балансе мощностей энергосистемы.

Суточные и недельные колебания уровней воды в нижнем бьефе, например, Волгоградского гидроузла, приводят к следующим негативным последствиям:

- нарушению комфортных условий обитания осетровых рыб, в результате чего к моменту нереста производители ослаблены и не обеспечивают полноценного воспроизводства;
- придавливанию льдом рыб, зимующих в понижениях донного рельефа реки, при значительном уменьшении расхода воды;
- к провокации нереста некоторых видов рыб при повышении расхода (и уровня) воды в весенний период.

Допустимая амплитуда суточных и недельных колебаний уровней воды в нижних бьефах гидроузлов, равно как максимальные и минимальные расходы или уровни воды, должны быть регламентированы "Правилами".

2.6. Сельское хозяйство

Сельское хозяйство является одним из основных водопотребителей, на его долю приходится в среднем 2/3 суммарного безвозвратного водопотребления всех отраслей, а в засушливых районах - 85-90%. Вода в сельском хозяйстве расходуется на хозяйственно-бытовые нужды, орошение земель и обводнение пастбищ. Водопотребление ирригации - главная составляющая сельскохозяйственного водопотребления.

Сельское хозяйство обеспечивается водой как из водохранилища, так и из реки в нижнем бьефе. Требования сельскохозяйственных водозаборов к режиму использования водных ресурсов водохранилищ заключаются в бесперебойном обеспечении регламентированных объемов, расходов и уровней воды в водохранилище и нижнем бьефе.

Существенное влияние на продуктивность сельского хозяйства в нижнем бьефе оказывает режим стока половодий, особенно высота подъема уровня воды, площадь и продолжительность затопления. Например, на Нижней Волге основными гидрологическими факторами, влияющими на выход растительного покрова, являются: объем половодного стока, максимальный уровень воды, длительность стояния уровня выше определенных отметок в конкретных створах.

2.7. Водоснабжение

Требования водоснабжения к режиму использования водных ресурсов водохранилищ заключаются в обеспечении регламентированных расходов воды для бесперебойной работы водозаборных сооружений, а также в поддержании высокого санитарного качества воды. Сокращение подачи воды для целей водоснабжения связано с уменьшением выпуска промышленной продукции, перебоями водоподачи населению, ухудшением качества питьевой воды и другими негативными последствиями.

2.8. Рекреация

Водоохранилища активно используются для отдыха населения (туризм, водные виды спорта, купание и др.). Рекреация предъявляет определенные требования к режиму расходов и уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидроузлов и на незарегулированных участках реки, а также к качеству воды.

Интересы рекреационного использования зачастую противоречат интересам других

компонентов. Например, колебания уровня воды в нижних бьефах гидроузлов в интересах гидроэнергетики могут мешать любительскому рыболовству, нормальным условиям проведения спортивных мероприятий, комфортному отдыху населения.

3. Требования экологии и их учет в Правилах использования водных ресурсов водохранилищ

Воздействие водохранилищ гидроузлов электростанций на окружающую среду в процессе эксплуатации в значительной степени определяется режимом использования водных ресурсов.

Необходимость поддержания в удовлетворительном санитарном состоянии воды в реке зачастую противоречит оптимальному использованию водных ресурсов в интересах других компонентов. Например, принятый в проекте режим использования водных ресурсов Камского водохранилища на р. Каме и Куйбышевского водохранилища на р. Волге в межень является оптимальным для гидроэнергетики. Однако он в настоящее время изменен с целью обеспечения постоянных в течение суток санитарных попусков в нижние бьефы гидроузлов, при отсутствии которых под действием вызванных ветром противотечений в водозаборные сооружения попадали сточные воды нижележащих населенных мест и промышленных предприятий.

Ниже приведены экологические требования, которые регламентированы соответствующими документами, научными рекомендациями или определены опытом эксплуатации водохранилищ.

3.1. Водохранилище

В целях предотвращения истощения водных ресурсов и деградации водных экосистем предельно допустимый объем ежегодного безвозвратного изъятия воды из водохранилища (в сумме с потерями воды на дополнительное испарение) должен составлять не более 20% от среднесуточного годового стока реки в створе гидроузла.

При зимней сработке водохранилища возникают деформации ледяного покрова, особенно в хвостовой части водохранилища, происходит оседание льда на берега, мелководные участки, острова и т.п. При значительных скоростях течения возможно возникновение зажоров и заторов, стесняющих русло, что может привести к подъему уровня воды и к зимним затоплениям прибрежной территории. Кроме того, при быстром опускании льда на участки дна водоема возможны деформации грунта и гибель корневой системы высшей водной растительности. Для того, чтобы избежать указанных негативных явлений, следует ограничить для верхних слоев водохранилища (до 5 м) скорость сработки до 0,3 м/сутки. Более глубокие слои должны срабатываться со скоростью не более 1 м в сутки.

При пропуске половодья (или паводка) через створ сооружений с форсировкой уровня воды водохранилища над НПУ образуется зона временного затопления. При этом необходимо учитывать, что согласно СНиП 2.07.01-89, застроенные жилыми и общественными зданиями территории должны иметь отметки не менее чем на 0,5 м выше наивысшего уровня воды повторяемость один раз в 100 лет (обеспеченность 1%). Регулирование уровня воды в водохранилище и в нижнем бьефе гидроузла при пропуске половодий и паводков вероятностью превышения 1% и более должно проводиться из условий незатопления территорий жилых застроек. Пропуск через гидроузлы половодий и паводков вероятностью превышения менее 1% должен рассматриваться как чрезвычайная ситуация и осуществляться при эвакуации людей из зон временного затопления. Зонай временного затопления в верхнем бьефе для сельскохозяйственных и лесных угодий считается территория между НПУ и уровнем воды, на 0,5 м превышающем уровень воды в половодье (паводок) вероятностью превышения 5%.

3.2. Нижний бьеф

Основные экологические требования по нижнему бьефу гидроузла сводятся к обеспечению расходов воды, гарантирующих бесперебойную работу питьевых водозаборов, благоприятные условия для культурно-бытового водопользования населения и сохранность биоценозов.

Размеры санитарных попусков регламентируются рядом документов различных ведомств, требования которых не всегда совпадают. Одни документы требуют, чтобы минимальный санитарный попуск был не менее минимального среднесуточного расхода воды в реке при бытовом гидрологическом режиме летней и зимней межени года 95% обеспеченности, другие - чтобы минимальный расход воды зарегулированных рек соответствовал установленному гарантированному расходу воды в нижнем бьефе гидроузла с обеспечением кратности разбавления сточных вод в контрольном створе водопользования до нормативов, установленных

для данного водного объекта. Ведомственный документ МПР России "Временные методические рекомендации по установлению минимально допустимых расходов воды в реках для оценки возможных изъятий водных ресурсов", № НМ-53/163, 1997 г. выдвигает аналогичные требования к минимально-допустимым расходам воды в реках. Кроме того, указанный документ требует, чтобы для обеспечения промывки и обводнения поймы в весенний период в нижний бьеф гидроузла поступало не менее 20% объема стока половодья года 75-95% обеспеченности.

4. Исходные данные для разработки Правил использования водных ресурсов водохранилищ

4.1. Общая характеристика

Исходная информация, необходимая как для составления или пересмотра "Правил", так и для выполнения проектных водохозяйственных, гидравлических и водноэнергетических расчетов, практически совпадает. Она подразделяется на следующие группы:

- гидрологическая информация - календарная последовательность средних за принятые расчетные интервалы времени (месяц, декада, сутки) естественных или зарегулированных вышележащими водохранилищами расходов воды в створах гидроузлов и боковой приточности на участке между гидроузлами за весь или часть периода наблюдений, а также расчетные гидрографы высокого паводочного и паводочного стока расчетной вероятности превышения;
- гидролого-гидравлическая информация в виде кривых связей расходов к уровню воды $Q = f(Z)$ в нижнем и верхнем бьефах гидроузла;
- морфометрическая информация в виде кривых статических площадей зеркала и объемов водохранилища от уровней воды $F = f(Z)$ и $V = f(Z)$ или динамических объемов воды $V = f(Q, Z)$, а также поперечных профилей русла и поймы по характерным створам в пределах каждого водохранилища и "елочки" кривых $Q = h(Z)$;
- информация о пропускной способности водосбросных сооружений, а именно количество и тип сооружений, кривые зависимости расхода воды через каждое сооружение (при частичном и полном открытии затворов) от уровня воды в верхнем бьефе гидроузла или от напора-нетто;
- характеристика безвозвратного водопотребления выше створа гидроузла, допустимый диапазон колебаний расходов и уровней воды выше и ниже створа гидроузла, неэнергетические затраты и потери стока (на шлюзование, фильтрацию, льдообразование и др.); **информация о заявках на воду всех водопользователей, об учете их интересов в "Правилах", о требованиях экологии рассматривалась в разделах 2 и 3;**
- водноэнергетическая информация (эксплуатационные характеристики гидроагрегатов и потерь напора).

4.2. Гидрологические данные

4.2.1. **Сток рек.** Применяются две формы описания предстоящего гидрологического режима.

Первая форма описания - статистическими параметрами кривых обеспеченности фазово однородных объемов стока (норма стока \bar{W} , коэффициенты изменчивости C_v и асимметрии C_s , коэффициент корреляции между годовым стоком смежных лет r) и типовым его распределением на протяжении отдельных фаз годового цикла. Статистические параметры годового и сезонного стока используются либо для водохозяйственных расчетов обобщенными приемами, либо для моделирования длительных календарных рядов.

Более широкое применение в проектной практике получила **вторая форма** описания будущего гидрологического режима, в которой закономерности колебаний речного стока представлены в неявном виде (стоковыми рядами), т.е. в виде хронологической последовательности изменения стока реки во времени, которая рассматривается в качестве прототипа будущего гидрологического режима реки. Предполагается, что режим стока, характерный для периода наблюдений, сохранится и в будущем.

По мере накопления данных наблюдений за стоком, например через каждые 10-12 лет, следует уточнять статистические параметры годового, сезонного и максимального стока, гарантированную водо- и энергоотдачу и определять гидрологическую безопасность гидроузлов.

Вся используемая календарная последовательность стока реки должна быть однородной, т.е. наблюдаемый сток, искаженный водоотъемами, регулированием в водохранилищах и перебросками стока из других бассейнов, должен быть приведен к естественному состоянию.

В проектных расчетах календарная характеристика стока реки представляется обычно в виде

средних декадных за половодье и средних месячных за межень расходов воды, реже используются более мелкие (пентады) и более крупные (сезоны) интервалы времени. В расчетах пропуска высоких половодий на крупных реках обычно используются суточные интервалы времени, на небольших реках с ливневыми паводками - часовые.

Иногда использование только наблюдаемого гидрологического ряда является недостаточными. В этих случаях целесообразно применять искусственные гидрологические ряды, смоделированные методом статистических испытаний, как большой длительности, так и ограниченной (30-50 лет), имеющие те же (или близкие) статистические параметры, что и исходные ряды наблюдений.

4.2.2. **Расчетный приток к гидроузлу** трансформируется в водохранилище; от степени трансформации или вида регулирования стока в водохранилище зависит режим расходов воды в нижнем бьефе гидроузла.

Регулирование стока - это перераспределение во времени поступающего в водохранилище естественного (или бытового) стока реки. По степени трансформации различают следующие виды регулирования стока: суточное, недельное, сезонное, годовое, многолетнее и, соответственно, водохранилища могут быть суточного, недельного, сезонного, годового и многолетнего регулирования стока.

4.2.3. **Важнейшей гидрологической характеристикой реки** являются кривые связи расходов и уровней воды $Q = f(Z)$. Для их построения используются данные гидрометрии в опорных гидрологических створах на реке и данные наблюдений в створе гидроузла.

Для периода открытого русла кривые $Q_{н.б.} = f(Z_{н.б.})$ в **нижнем бьефе гидроузла** строят по данным **наблюдений** за уровнями и расходами воды, для зимнего периода - **рассчитываются** с учетом полыньи. Протяженность полыньи изменяется в течение зимы и год от года.

Подпор уровней воды в нижнем бьефе за счет ледовых явлений в расчетах обычно оценивается зимним коэффициентом K_3 , характеризующим пропускную способность стесненного или подпертого льдом сечения и представляющим собой отношение зимнего расхода воды к летнему при одном и том же уровне воды: $K_3 = Q_3/Q_l$. Коэффициенты K_3 в общем случае являются переменным для каждого интервала времени всех лет расчетного ряда.

Большое значение при определении $Q_{н.б.} = f(Z_{н.б.})$ имеет прогноз русловых деформаций в нижнем бьефе гидроузла. Деформации могут вызываться различными причинами и по-разному влиять на уровни воды. Стеснение русла неполностью разобранный строительной перемычкой может привести к подъему уровней воды, добыча из русла строительных материалов - к их понижению. В речных руслах, сложенных несколькими породами, имеют место размывы русла осветленной в водохранилище водой, в результате чего происходит понижение естественных кривых $Q = f(Z)$, особенно существенное в зоне небольших расходов воды. Это должно учитываться при составлении "Правил" в расчетах неустановившегося движения воды, а также при установлении расходов воды, необходимых для функционирования водозаборов.

Уровни воды в нижнем бьефе гидроузла $Z_{н.б.}$ зависят либо только от расхода воды в нижнем бьефе гидроузла $Q_{н.б.}$, либо также и от отметки подпора нижележащего гидроузла или притока Z_1 . Таким образом, $Z_{н.б.}$ определяется по кривым связи расходов и уровней воды $Q_{н.б.} = f(Z_{н.б.})$ или $Q_{н.б.} = f(Z_{н.б.}, Z_1)$.

Расходы воды в нижнем бьефе гидроузла зависят не только от уровней воды, но и от продольного уклона свободной поверхности воды i , площади сечения ω и коэффициента шероховатости русла n . При одних и тех же уровнях воды скорости течения и расходы воды на подъеме больше, чем при спаде. При низких меженных расходах воды обе ветви кривой слипаются в одну. Как правило, в расчетах используют для всех расчетных интервалов времени осредненную зависимость $Q_{н.б.} = f(Z_{н.б.})$ и лишь в гидравлических расчетах неустановившегося движения воды при суточном и недельном регулировании мощности ГЭС учитываются i , ω , n .

Уровни воды в водохранилище определяются путем построения кривых свободной поверхности. Они обычно строятся для половодий (на момент прохождения максимума) различной вероятности превышения при стоянии уровня воды у плотины на отметках НПУ или ФПУ или промежуточных и для меженных (летних и зимних) условий при полном и сработанном водохранилище.

В качестве исходной информации для построения кривых свободной поверхности необходимы кривые $Q = f(Z)$ на участке от створа плотины до предполагаемого створа выклинивания подпора либо поперечные профили русла и поймы в ряде створов. Наиболее сложной задачей является экстраполяция кривых $Q = f(Z)$ для подпорных отметок, значительно превышающих наблюдаемые максимальные уровни воды.

В "Правилах" естественную кривую $Q_{н.б.} = f(Z_{н.б.})$ или ансамбль кривых $Q_{н.б.} = f(Z_{н.б.}, Z_1)$, соответствующих серии отметок уровня воды в верхнем бьефе нижележащего гидроузла,

подпирающего рассматриваемый, рекомендуется представлять в графическом виде и в виде интерполяционной таблицы.

4.3. Потери и затраты стока

Потери воды на дополнительное испарение. Слой дополнительного испарения E_d , рассчитывается по формуле:

$$E_d = E_b - E_c = E_b - (P - S), \quad (1)$$

где: E_b - слой испарения с водной поверхности, мм;

E_c - слой испарения с ложа водохранилища до его заполнения, мм;

P - слон осадков на водную поверхность, мм;

S - сток с затопляемой территории, мм.

Иногда стоком S пренебрегают и определяют слой дополнительного испарения по формуле:

$$E_d = E_b - P, \quad (2)$$

Потери воды на дополнительное испарение $Q_{исп}$, м³/с, определяются по формуле:

$$Q_{ис.п.} = \frac{F_i \cdot E_{д_i}}{t_i}, \quad (3)$$

где: F_i - средняя площадь водохранилища, км²;

$E_{д_i}$ - слой потерь на дополнительное испарение, мм, для каждого расчетного интервала времени t_i .

В общем случае F_i представляет собой разность площадей водного зеркала после постройки водохранилища $F_{в_i}$ и до постройки $F_{с_i}$.

Потери воды на льдообразование Q_l м³/с, представляют собой количество льда, осевшего на берегах при зимней сработке водохранилища. Они исчисляются по формуле:

$$Q_l = \frac{(F_{H_i} - F_{K_i}) \cdot h_{л_i} \cdot a}{t_i}, \quad (4)$$

где: F_{H_i} и F_{K_i} - площади зеркала водохранилища в начале и в конце расчетного интервала времени t_i ;

$h_{л_i}$ - толщина льда, м или см, в расчетном интервале времени t_i ;

a - отношение плотностей воды и льда, равное 0,9.

Толщина льда задается для каждого интервала всех лет расчетного ряда или для разных по суровости зим на основании данных наблюдений или специальных расчетов.

Потери воды на льдообразование являются практически полностью возвратными, т.е. лед, осевший зимой на берегах водохранилища, весной тает и увеличивает водные ресурсы. В водохозяйственных расчетах возврат льда приурочивают к началу половодья, продолжительность поступления дополнительной воды от таяния льда принимается равной двум декадам, интенсивность возврата - равномерной.

Затраты стока на водоснабжение, орошение, шлюзование и фильтрацию определяются специализированными организациями и должны быть установлены (согласованы) до составления (пересмотра) "Основных правил".

4.4. Морфометрические данные

К морфометрическим данным относятся зависимости $F = f(Z_{в/б})$, $V = f(Z_{в/б})$ и $V = f(Z_{в/б}, Q)$.

Уровни воды и верхнем бьефе гидроузла $Z_{в/б}$ определяют площади зеркала (F) и объемы (V) водохранилища. Зависимости $F = f(Z_{в/б})$ и $V = f(Z_{в/б})$ называются соответственно кривыми площадей зеркала и объемов водохранилища.

Площади водного зеркала F устанавливаются путем планиметрирования горизонталей на топографических картах. Масштаб карт и сечение рельефа должны быть выбраны такими, чтобы они надежно отображали изменение площадей в пределах зоны затопления. При высоте подпора 10-20 м обычно дают достаточную точность карты масштаба 1:10000 и 1:25000 с сечением рельефа через 1-5 м. При более высоком подпоре - 30-50 м и выше - можно использовать карты масштаба 1:25000 и 1:50000 с сечением рельефа через 2,5; 5 и 10 м.

Объем водохранилища определяется последовательным суммированием объемов отдельных слоев воды, заключенных между двумя смежными горизонталями. Объем каждого слоя воды ΔV , км³ или млн. м³, определяется по одной из формул или по среднему из полученных по ним

значений:

$$\Delta V_i = \frac{1}{3}(F_i + \sqrt{F_i \cdot F_{i+1}} + F_{i+1})\Delta h, \quad (5)$$

$$\Delta V_i = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1})\Delta h, \quad (6)$$

где: F_i и F_{i+1} – площади зеркала воды на двух смежных уровнях, км²;

Δh - высота слоя воды между уровнями, м.

Общий объем водохранилища равен

$$V = \sum_1^n \Delta V_i,$$

где: n - число слоев.

При этом способе построения кривой объемов водохранилища предполагается, что уровень воды в водохранилище горизонтален. Объемы, соответствующие горизонтальному положению уровня воды, носят название статических. Если высота подпора незначительно превосходит амплитуду естественных колебаний уровней воды в реке, то для определения изменения объемов водохранилища при пропуске паводочных расходов воды следует составлять характеристики объема с учетом очертания кривой свободной поверхности водохранилища - кривые динамических объемов водохранилища - $V = f(Z_{в/б}, Q)$.

Для построения кривых динамических объемов необходимо рассчитать кривые свободной поверхности при разных уровнях воды у плотины для различных расходов притока.

В "Правилах" рекомендуется представлять статические кривые $F = f(Z)$ и $V = f(Z)$ как в графическом виде, так и в виде интерполяционных таблиц.

4.5. Регулирующие сооружения

В "Правилах" должны быть приведены общие сведения о гидроузле (компоновка, состав и параметры подпорных сооружений и т.п.) и характеристика фактической пропускной способности всех водопропускных сооружений гидроузла (в графическом виде и в виде интерполяционных таблиц). Поступление воды в нижний бьеф производится обычно через:

- турбины ГЭС;
- донные водосбросы;
- поверхностные водосливные отверстия;
- шлюзы;
- рыбопропускные сооружения;
- грязеспуски.

Состав водопропускных сооружений для каждого гидроузла индивидуален.

Пропускная способность отверстий дается в зависимости либо от уровня воды в верхнем бьефе у плотины, либо от напора $H_{\text{нетто}} = Z_{в/б} - Z_{н/б} - \Delta H$, где ΔH - потери напора, а также от открытия затворов и направляющих аппаратов турбин.

4.6. Потери напора и эксплуатационные характеристики гидроагрегатов ГЭС

К потерям напора ΔH относятся потери в водоподводящих устройствах, а именно в деривации, напорных трубопроводах, водоприемнике и на сороудерживающих решетках. Потери напора на участке от входа в спиральную камеру до выхода из отсасывающей трубы учитываются с помощью коэффициентов полезного действия турбин. На русловых ГЭС большая часть ΔH в водоподводящих устройствах связана с сороудерживающими решетками, на высоконапорных ГЭС - с деривацией и напорными трубопроводами.

В водознергетических расчетах ΔH в водоподводящих устройствах рекомендуется представлять в виде кривых связи $\Delta H = f(Q)$, которые подлежат уточнению в процессе эксплуатации.

Эксплуатационные характеристики гидроагрегатов ГЭС представляют собой зависимости мощности и расхода воды через турбины от напора и коэффициента A :

$$N = f(A, H), \quad Q = f(A, H),$$

где: A - коэффициент мощности, равный $9,81 h_T \times h_r$; h_T и h_r - коэффициенты полезного действия турбины и генератора; для современных турбин максимальное значение h_T составляет 94-95%, генераторов h_r - 97-98,5%;

H - напор-нетто;

Q - расход воды через турбину;

N - мощность (нагрузка) гидроагрегата.

Использование эксплуатационных характеристик гидроагрегатов в общем случае требует знания распределения электрической нагрузки между гидроагрегатами по часам суток. В современных проектах и при составлении "Правил" используются зависимости $A = f(H)$ на линиях ограничения по максимальной мощности и соответственно по максимальному расходу воды. В водноэнергетических расчетах широко распространено применение для всех интервалов времени постоянной коэффициента A при любых значениях H и Q , равного для крупных современных ГЭС 8.5-8.8, для малых ГЭС - 7.5-8.0.

Для некоторых ГЭС, эксплуатирующихся много лет, исчисление энергоотдачи производится по зависимостям $q = f(H)$,

где: H - напор-нетто,

q - расход воды, который нужно затратить на выработку 1 кВт·ч электроэнергии.

4.7. Русло и долина реки бьефах гидроузла

В состав исходных данных, необходимых как для водохозяйственных и гидравлических расчетов, так и для установления режимных ограничений в работе гидроузла, должны входить:

- схематический план реки и береговой полосы на участке ожидаемого воздействия гидроузла на водный режим;
- продольный профиль реки на том же участке с отметками дна и водной поверхности;
- перечень водозаборов с указанием расстояния до створа плотины, допустимыми максимальным и минимальным уровнями воды;
- система кривых связи расходов и уровней воды с указанием отметок выхода воды на пойму;
- поперечные профили русла и поймы реки в опорных створах;
- характеристика застройки и хозяйственного использования прибрежной полосы, последствий их затопления.

5. Диспетчерские правила регулирования стока водохранилищами

5.1. Общие положения

Диспетчерские правила являются средством обеспечения оптимального использования водных ресурсов в интересах всех водопользователей в условиях неопределенности исходной гидрологической информации и представляются в виде собственно диспетчерских правил и диспетчерских графиков. Предполагается, что к моменту составления Диспетчерских правил для всех гидроузлов установлены и согласованы заявки на воду всех потребителей (объемы и режим отборов стока из водохранилища, попуски в нижний бьеф, гарантированная энергоотдача ГЭС и их расчетные обеспеченности и др.).

Диспетчерские правила позволяют в каждый момент времени назначать отдачу гидроузла или каскада гидроузлов в зависимости от некоторого параметра или набора параметров управления. При отсутствии или незначительности полезного объема водохранилища (суточное, недельное регулирование стока) таким параметром может являться приток воды в водохранилище или прогноз его на ближайшие дни, при наличии полезного объема, достаточного для сезонного и многолетнего регулирования стока, - уровень воды в водохранилище или объем воды в нем на ту или иную дату. При совместной работе нескольких ГЭС или их каскадов в энергосистеме их общую энергоотдачу определяет уровень или объем воды в водохранилище-компенсаторе или сумма полезных объемов воды в водохранилищах.

Диспетчерский график представляет собой набор линий, связывающих водо- и энергоотдачу гидроузлов с уровнем или объемом воды в водохранилище. По оси ординат откладываются объемы водохранилища или соответствующие им уровни верхнего бьефа, а по оси абсцисс - время года. Координатное поле диспетчерского графика разделено на несколько зон, каждой из которых соответствует определенный режим работы водохранилища.

Диспетчерские **правила** регламентируют распределение воды между потребителями, а также регулирующих функций между гидроузлами каскада.

Главная функция гидроузла с ГЭС - это использование притока воды, обеспечивающее получение максимальной энергоотдачи при заданной надежности электроснабжения потребителей.

Важнейшим требованием к функционированию каждого гидроузла является обеспечение его безопасности и безопасности населения и хозяйства в верхнем и нижнем бьефах.

Диспетчерские графики и правила определяют основное содержание "Правил использования водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций". Основными элементами диспетчерских графиков являются отметки уровней воды в водохранилище у плотины в конце межени и половодья.

Диспетчерский график должен быть построен таким образом, чтобы обеспечить:

- нормативную надежность гарантированной энерго- и водоотдачи;
- максимально возможную среднюю многолетнюю выработку электроэнергии ГЭС;
- постепенное уменьшение энерго- и водоотдачи по мере сокращения запаса воды в водохранилище для предотвращения глубоких перебоев в крайне маловодных условиях.

Диспетчерские графики позволяют полностью управлять использованием водных ресурсов водохранилищ изолированных гидроузлов. Для каскадов и их объединений диспетчерские графики дополняются системой диспетчерских правил, регламентирующих очередность использования водных ресурсов водохранилищ различных ступеней.

Обычно диспетчерские графики регламентируют режим использования полных ресурсов в нормальных эксплуатационных условиях, при изменении уровнем воды в водохранилище у плотины в пределах отметок УМО и НПУ.

Режим использования водных ресурсов при пропуске экстремально высоких половодий и паводков регламентируется специальными правилами.

В проектах и большинстве действующих "Основных правил" превышения НПУ допускается лишь при полностью открытых затворах всех водосбросных и водопропускных отверстий при максимальном использовании всех гидротурбин.

Однако если по тем или иным причинам требуется срезка максимальных расходов воды в средне высокие половодья (вероятностью превышения 1, 5 или даже 10%) и, соответственно, превышение отметки НПУ при неполном открытии водосбросных сооружений, она должна быть обоснована в специальной работе, так как возможна угроза устойчивости сооружений. Для предотвращения такой угрозы должны быть установлены соотношения высоты форсировки уровня верхнего бьефа сверх НПУ и расхода воды в нижнем бьефе гидроузла.

5.2. Построение границ зон диспетчерских графиков

5.2.1. **Общие положения.** Для водохранилищ энергетического назначения различают, как правило, следующие зоны диспетчерских графиков: гарантированной энергоотдачи, сниженной энергоотдачи (одна зона или несколько) и избытков. Соответственно различают и линии, разделяющие диспетчерские графики на указанные зоны. Например, на рис. Приложения 1 линии *a-a* и *b-b* являются соответственно верхней и нижней границей зоны, в пределах которой энергоотдача назначается равной гарантированной мощности. Линия *a-a* является также нижней границей зоны "избытков", а линия *b-b* - верхней границей зоны сниженной гарантированной мощности. Линия *b-b* определяет постепенный переход от нормальной к сниженной гарантированной мощности ГЭС. В зоне избытков, расположенной выше линии *a-a*, но не выше НПУ, допускается переход на повышенную против гарантированной мощности вплоть до $N_{\text{вет}}$ ГЭС. При уровнях воды в водохранилище выше НПУ до момента снижения уровня до отметки НПУ обычно работают все водопропускные отверстия гидроузла (турбины, донные и поверхностные водосбросы).

В зоне избытков может быть выделена еще и противосбросовая линия. На рис. 1 эта линия совмещена с верхней границей зоны гарантированной отдачи. Все линии указанного диспетчерского режима состоят из двух ветвей: ветви сработки для периода межени и ветви наполнения для периода половодья с учетом даты его начала - "скользящая шкала времени".

Используются обычно два метода построения диспетчерских графиков. При применении первого метода производится подробный предварительный анализ исходной гидрологической информации, в результате чего отбираются наиболее неблагоприятные модели внутригодового и многолетнего распределения стока, (критические маловодные периоды из нескольких лет). Объемы меженного стока этих лет приводятся к расчетной обеспеченности отдачи P (90-95%), объемы половодья - к обеспеченности 5-10%.

Затем назначается несколько вариантов отметок уровней воды в водохранилищах в конце межени и половодья и выполняются водохозяйственные и водноэнергетические расчеты. Сток регулируется на заданные значения $N_{\text{гар}}$ ГЭС, $Q_{\text{гар}}$ или совместно $N_{\text{гар}}$ ГЭС и $Q_{\text{гар}}$ таким образом, чтобы уровни воды в водохранилище в начале половодья и в конце межени совпали. Огибающая хода уровней используется для построения диспетчерской противоперебойной линии. Аналогично строят и границы зон сниженной энерго- или водоотдачи. Высотное положение линии рекомендуется определять технико-экономическими расчетами, однако обычно оно

назначается подбором, исходя из условий получения максимальной $Q_{\text{гар}}$ или $N_{\text{гар}}$ ГЭС расчетной обеспеченности.

При использовании **второго метода** высотное положение линий диспетчерских графиков и их очертания определяют подбором, по результатам водохозяйственных и водноэнергетических расчетов по многолетнему ряду. Обычно 5-6 итераций бывает достаточно для получения диспетчерского графика, удовлетворяющего принятым нормативам надежности.

Очертания всех линий диспетчерского графика подлежат уточнению и корректировке после проведения водохозяйственных и водноэнергетических расчетов по многолетнему ряду. При этом в очертания огибающих кривых рекомендуется вносить некоторые глазомерные поправки для того, чтобы сделать их более плавными, но не в ущерб надежности водо- или энергоотдачи. Наибольшее влияние на надежность отдачи оказывает высотное положение противоперебойной линии, а не ее очертания. **Отметки уровней воды в водохранилище у плотины в конце межени и половодья являются основными элементами диспетчерского графика.**

5.2.2. Построение границ зон гарантированной отдачи. Гарантированная отдача может быть одно- и много-, чаще - двухступенной. Построению границ зон предшествует определение нормальной и сниженного значения гарантированной отдачи.

В условиях неизвестного наперед притока гарантированная отдача может быть реализована с заданной надежностью (обеспеченностью) только в том случае, если водные ресурсы, запасенные в водохранилище, не будут растрачиваться в течение расчетного маловодного периода на повышенную отдачу. Границами зоны гарантированной отдачи должны быть уровни воды в водохранилище в расчетный маловодный период, в условиях которого определялась гарантированная отдача. **При многолетнем регулировании стока** продолжительность расчетного маловодного периода может составлять 2, 3 и более лет. Для построения границ зоны гарантированной отдачи должны быть использованы огибающие, соединяющие критические уровни воды, полученные по всем маловодным периодам, равным по суммарному объему притока. Возможен и другой прием построения зон диспетчерского графика. По всему имеющемуся гидрологическому ряду выполняются детальные водохозяйственные и водноэнергетические расчеты. Если обеспеченность нормальной и сниженной отдачи равна заданным значениям, то для построения границ зоны гарантированной отдачи отбираются периоды, в конце которых уровни воды в водохранилище практически равны уровню мертвого объема (УМО). Если ни в один из периодов водохранилище не срабатывает до УМО, то гарантированная нормальная и сниженная отдачи увеличиваются; если хоть в один период водохранилище оказывается сработанным ниже отметки УМО, - уменьшаются. Верхняя и нижняя огибающие уровней воды в водохранилище являются границами зон гарантированной отдачи.

При сезонном регулировании стока методика построения границ зоны гарантированной отдачи не изменяется.

5.2.3. Построение зон максимальной и повышенной отдачи. Верхней границей зоны максимальной отдачи ГЭС является НПУ, нижней границей - нижняя огибающая уровней, которые имеют место при работе ГЭС с установленной мощностью в период многоводных половодий и с некоторой отдачей, необходимой для достижения отметки ежегодной сработки водохранилища в период многоводной межени. Ветвь наполнения строится в условиях половодий, объем которых достаточен для наполнения водохранилища от отметки обязательной ежегодной сработки до НПУ при максимальном расходе воды через ГЭС.

Если отметка обязательной ежегодной сработки водохранилища совпадает с отметкой верхней границы зоны гарантированной отдачи, а **нижняя граница** зоны максимальной отдачи близка к **верхней границе** зоны гарантированной отдачи, то зона повышенной отдачи отсутствует.

На диспетчерском графике гидроузла-компенсатора зоны повышенной и максимально допустимой отдачи не отличаются от тех же зон на диспетчерском графике компенсируемого гидроузла. Зона гарантированной отдачи является зоной общей гарантированной отдачи каскада или системы. Методика построения этой зоны не отличается от методики построения зоны гарантированной отдачи независимо работающего гидроузла с регулирующим сток водохранилищем.

Диспетчерские правила регулирования стока позволяют в условиях неопределенности исходной гидрологической информации, т.е. при недостаточной заблаговременности и точности долгосрочных гидрологических прогнозов, осуществлять оптимальное управление функционированием каскадов и их объединений в энергосистемах.

5.3. Порядок использования диспетчерских правил и графиков

Использование диспетчерских правил регулирования стока водохранилищем сводится к назначению режима работы одной ГЭС (водохранилища) или всех ГЭС (водохранилищ) каскада или системы при обеспечении требований потребителей в соответствии с принятыми нормативами.

Порядок использования диспетчерских графиков:

- на поле диспетчерского графика наносится отметка уровня воды в водохранилище на начало расчетного интервала времени и определяется зона, в которой будет работать гидроузел в этот интервал времени;
- назначаются средние за интервал мощность ГЭС или расход воды в нижнем бьефе гидроузла (или отбор из верхнего бьефа) в соответствии с диспетчерской зоной, в которой окажется вышеуказанная отметка воды в водохранилище;
- определяется отметка уровня воды в водохранилище на конец расчетного интервала;
- проверяется, в какой зоне диспетчерского графика оказывается вычисленная конечная отметка уровня воды; если зона графика по сравнению с первоначальной не изменяется, то расчет для данного интервала заканчивается, если изменяется, то уточняется первоначально заданное значение мощности ГЭС или расхода воды в нижнем бьефе гидроузла;
- повторяется расчет для средних значений мощности ГЭС или расхода воды в нижнем бьефе гидроузла, соответствующих зоне, куда попадает конечная отметка уровня воды в водохранилище; если и при этом начальная и конечная отметки воды в водохранилище не совпадают, то конечная отметка уровня воды в водохранилище в данный интервал времени назначается равным отметке на границе зон и вычисляется промежуточное значение средних за расчетный интервал значений мощности ГЭС или расхода воды в нижнем бьефе гидроузла.

6. Гидравлические расчеты

6.1. Общая часть

6.1.1. При составлении и, особенно, при пересмотре "Правил" выполняются расчеты, называемые **специальными гидравлическими**. К ним относятся расчеты пропуска высоких половодий через гидроузел или каскад гидроузлов, кривых свободной поверхности (кривых подпора) водохранилищ и уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидроузла при суточном и недельном регулировании мощности ГЭС, при котором имеет место **неустановившееся движение воды**.

6.1.2. Необходимость выполнения расчетов неустановившегося движения воды при пересмотре "Правил" вызывается, в основном, следующими причинами:

- уточнением, по сравнению с проектными данными, гидравлических характеристик русла реки в верхнем и нижнем бьефах (поперечных сечений, уклонов дна, коэффициентов шероховатости);
- изменением требований к предельным уровням воды во всей зоне водохранилища и диапазону колебаний уровней воды в нижнем бьефе гидроузла.

6.2. Противопаводковые функции водохранилищ и расчеты пропуска высоких половодий и паводков

6.2.1. Проблема определения противопаводковой роли проектируемых и существующих водохранилищ РФ и необходимость ее специального рассмотрения при разработке или пересмотре "Правил" связана как со значительными ущербами от наводнений, особенно в нижних бьефах крупных гидроузлов, так и с вынужденным отклонением от проектного режимов работы отдельных гидроузлов и их каскадов.

6.2.2. В нижнем бьефе ряда гидроузлов расположены крупные города (Рыбинск, Ярославль, Н. Новгород, Самара, Саратов, Волгоград, Ростов-на-Дону, Иркутск, Красноярск, Новосибирск и др.). В связи с этим особого внимания требуют вопросы надежности подпорных сооружений и режима пропуска через гидроузлы высоких половодий и паводков. Требуется проверка соответствия пропускной способности водосбросов гидроузлов, проектировавшихся несколько десятилетий назад, современным представлениям о максимальных расходах воды. Разработка или пересмотр этого раздела "Правил" должны быть увязаны с соответствующими разделами деклараций безопасности гидротехнических сооружений гидроузла, составляемой в соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации "О безопасности

гидротехнических сооружений".

6.2.3. В нижних бьефах некоторых крупных гидроузлов велись (и продолжают) интенсивное освоение и застройка пойменных земель, которые в естественных (до постройки плотин) условиях затапливались каждые 3-5 лет. Для предотвращения затопления этих территорий в относительно невысокие половодья приходится резко снижать сбросные расходы воды путем форсировки уровня водохранилищ сверх НПУ, что согласно проектам гидроузлов 1-го и 2-го классов и правилам использования водных ресурсов их водохранилищ допускается лишь в экстремальные половодья (повторяемостью один раз в 1000 и 10000 лет).

6.2.4. Частые вынужденные форсировки уровня водохранилищ над НПУ при пониженных (против проектных) сбросных расходах воды и соответственно, уровнях нижнего бьефа, неблагоприятно сказываются на безопасности гидротехнических сооружений, снижая коэффициент запаса их устойчивости против нормативного, и приводят к усилению переработки берегов водохранилищ.

6.2.5. Эффективным и требующим относительно небольших капитальных вложений противопаводковым мероприятиям является совершенствование режима пропуска высоких половодий через отдельные гидроузлы и их каскады. Эффективная предполоводная (предпаводковая) сработка водохранилищ, а затем оптимальный порядок пропуска высоких половодий и паводков требуют наличия достоверного и заблаговременного прогноза объема и гидрографа стока весеннего половодья (летне-осеннего паводка).

6.2.6. В качестве исходных данных для расчетов пропуска высоких половодий и паводков через речные гидроузлы используются:

- проектные или уточненные в процессе эксплуатации статические кривые объемов водохранилищ $V=f(Z)$;
- кривые пропускной способности всех водосбросных отверстий;
- уточненные по современным исходным данным гидрографы высокого стока вероятностью превышения 10-0,01% с г.п.;
- диспетчерские правила регулирования высокого стока.

Срезка высоких половодий водохранилищами производится, как правило, на ветви подъема гидрографа при превышении расходом притока $Q_{\text{прит}}$ допустимого или заданного значения. Когда $Q_{\text{прит}}$ на ветви спада становится равным максимальному сбросному расходу воды, подъем уровня воды в водохранилище (у плотины) прекращается. При дальнейшем понижении притока и сохранении тех же максимальных $Q_{\text{сбр}}$ уровень воды в водохранилище снижается до НПУ.

Для решения задачи пропуска высоких половодий через каскады гидроузлов используются имитационные математические модели (в статической и динамической постановке) управления стоком весеннего половодья или летне-осеннего паводка. Статическая модель дает возможность оперативно описывать прохождение половодий и паводков через гидроузлы, однако обладает некоторыми недостатками:

- не учитывается волновой характер изменения уровня при изменении расхода воды на входе и выходе из акватории;
- не учитывается время добегающей половодной волны по рекам и бьефам гидроузлов;
- предполагается однозначной связь объема воды, накопленной в водохранилище, и отметки уровня воды у плотины, тогда как даже в условиях установившегося потока при различных расходах объем воды в водохранилище различен из-за изменения кривой свободной поверхности;
- рассчитывается ход уровня воды только у плотины и не определяется тиснение уровня воды по длине водохранилища.

При выполнении расчетов пропуска высоких половодий через каскады принимается, что $Q_{\text{прит}}$ для каждого гидроузла складывается из $Q_{\text{сбр}}$ вышележащего гидроузла и боковой приточности между гидроузлами за соответствующие сутки. Например, в расчетах для Волжско-Камского каскада входные гидрографы принимались: по Волге - для Рыбинского гидроузла, по Каме - для Камского гидроузла, по Ангаро-Енисейскому каскаду - по Ангаре для оз. Байкал, по Енисею - для Саяно-Шушенского гидроузла.

Для каскадов гидроузлов методические трудности построения гидрографов притока к гидроузлам и боковой приточности состоят в неопределенности расчетной вероятности превышения максимальных расходов воды и объемов стока как боковой приточности, так и стока в створах каждого из гидроузлов. Например, если при определении притока к третьей ступени каскада принять одинаковой вероятности превышения притока к верхнему гидроузлу и боковой приточности между первым и вторым, вторым и третьим гидроузлами, например, 0,1%, то вероятность превышения суммарного притока к третьему гидроузлу может составить 0,0001%. Для того, чтобы обеспечить заданную расчетную вероятность превышения объема

стока в замыкающем створе, необходимо, чтобы сумма отдельных его составляющих соответствовала объему стока расчетной обеспеченности в замыкающем створе. Так как расчетные гидрографы в этом случае должны быть календарно увязаны между собой для всех участков каскада, то построение гидрографов следует выполнить по моделям многоводных половодий и паводков реальных лет - общих для всех ступеней каскада с приведением к объему стока расчетной обеспеченности **в замыкающем створе**.

Условие сохранения баланса объемов стока по длине реки определяет различные соотношения обеспеченностей объемов частных гидрографов при заданной вероятности превышения **в замыкающем створе**.

Основными исходными данными для выполнения расчетов служат:

- кривая зависимости статического объема водохранилища от уровней воды у плотины гидроузла $V = f(Z)$;
- приточным гидрограф в виде среднесуточных расходов воды (с учетом трансформации гидрографа вышележащими водохранилищами);
- состав, характеристика водопропускной способности всех сооружений, участвующих впуске половодья, порядок их открытия;
- уровень обязательной предполоводной сработки водохранилища;
- правила регулирования стока высоких половодий и паводков.

6.3. Кривые свободной поверхности водохранилищ

Обычно применяются методы расчета кривых свободной поверхности, основанные на использовании непосредственно характеристик пропускной способности русла, получаемых по данным гидрометрии. Исследуемое протяжение реки или водохранилища разбивается на ряд участков, для которых устанавливаются средние значения геометрических и гидравлических характеристик русла и потока (площадь живого сечения при заданном расходе воды, уклон водной поверхности, коэффициент шероховатости). Падение уровня воды на участке должно составлять 0,4-1,0 м, предельный перепад, как правило, не должен превышать 1,5 м.

В качестве основной исходной информации используется совокупность кривых связи расходов и уровней воды $Q = f(Z)$ или модулей пропускной способности русла $K = f(Z)$, где $K = Q/\sqrt{I}$, I - гидравлический уклон. Кривые $Q = f(Z)$ или $K = f(Z)$ должны быть экстраполированы до отметок, несколько превышающих предполагаемый подпорный уровень.

Подробно методы построения кривых свободной поверхности излагаются в специальных курсах гидравлики. Ниже дается краткое описание одного широко используемого при проектировании метода кривых $K/\sqrt{\Delta S} = f(Z_{cp})$. Он основан на использовании зависимости $Q = K\sqrt{\Delta Z/\Delta S}$, или $Q\sqrt{\Delta Z} = K\sqrt{\Delta S}$, где $K = f(Z)$, ΔS - постоянная величина. Зависимость $\bar{K}/\sqrt{\Delta S} = f(Z_{cp})$, где \bar{K} - средний модуль пропускной способности участка, Z_{cp} - уровень воды в середине этого участка длиной ΔS . Показатель K может быть определен как среднее арифметическое модулей пропускной способности русла $K_i = f(Z_i)$ и $K_{i+1} = f(Z_{i+1})$ в начале и конце участка, т.е. $K = (K_i + K_{i+1})/2$. Модуль пропускной способности русла K в каждом створе вычисляется либо по кривой расходов $Q = f(Z)$ и зависимости $K = Q/\sqrt{i}$, либо гидравлическим способом по морфометрическим характеристикам русла и поймы с использованием формулы Шези-Маннинга $K = \omega C \sqrt{R}$, где ω - площадь живого сечения, C - коэффициент Шези, R - гидравлический радиус. В речной гидравлике вместо R обычно используется средняя глубина потока $\bar{H} = \omega/B$, где B - ширина реки поверху. Для определения C при экстраполяции кривых $Q = f(Z)$ и построении кривых свободной поверхности можно воспользоваться, например, формулой Маннинга $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$. Точность вычисления в значительной степени зависит от достоверности оценки коэффициента шероховатости n русла и поймы.

6.4. Неустановившийся режим уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидроузла при суточном и недельном регулировании мощности ГЭС

Краткосрочное (суточное и недельное) регулирование мощности ГЭС влияет на ее энергоотдачу, а связанные с ним колебания уровней воды - на хозяйственную и экологическую обстановку в верхнем и нижнем бьефах гидроузла.

Анализ условий суточного и недельного регулирования мощности ГЭС проводится для

определения:

- режима расходов и уровней воды в нижнем и верхнем бьефах гидроузла;
- колебаний напора и мощности ГЭС;
- влияния краткосрочного регулирования мощности на водноэнергетические показатели ГЭС - среднюю многолетнюю выработку электроэнергии (\mathcal{E}), гарантированную мощность ($N_{\text{гар}}$) и располагаемую пиковую мощность ($N_{\text{расп}}$).

В основе расчетов по определению режима расходов и уровней воды в нижнем и верхнем бьефах при неустановившемся движении воды лежит решение дифференциальных уравнений динамического равновесия и неразрывности потока уравнений Сен-Венана. В настоящее время существует ряд компьютерных программ, реализующих решение этой задачи. К основным исходным данным можно отнести:

- продольный профиль исследуемого участка реки и ее притоков;
- поперечные профили реки, количество которых зависит от уклона реки;
- коэффициенты шероховатости русла и поймы;
- подпорный уровень воды в водохранилище;
- графики электрической нагрузки;
- граничные условия: верхние (входные гидрографы, соответствующие графикам электрической нагрузки) и нижние (либо кривая $Q = f(Z)$ в замыкающем створе, где движение воды близко к установившемуся, либо уровень воды в створе нижнего гидроузла).

7. Структура Правил использования водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций

7.1. Общая часть

"Правила" для **новых** водохранилищ разрабатываются на основе материалов проекта гидроузла, для **эксплуатирующихся** - на основе материалов проекта гидроузла и эксплуатационного опыта. "Правила" согласовываются с органами исполнительной власти субъектов РФ, государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора, управления использованием и охраной рыбных ресурсов и другими государственными органами и утверждаются Министерством природных ресурсов Российской Федерации (МПР России). По новым водохранилищам "Правила" должны разрабатываться проектной организацией и утверждаться МПР России к моменту сдачи объекта в постоянную эксплуатацию.

Перевод гидроузла на режим, не предусмотренный "Правилами" или даже запрещенный в условиях нормальной эксплуатации, допускается только при возникновении непредвиденных обстоятельств, угрожающих безопасности основных сооружений и требующих принятия экстренных мер. В этих случаях режим работы гидроузла изменяется по распоряжению лица, ответственного за его эксплуатацию, с одновременным уведомлением об этом органов МПР России, Минтопэнерго России, Росгидромета, исполнительной власти соответствующего субъекта Российской Федерации, а в чрезвычайных обстоятельствах - МЧС России.

Использование водных ресурсов водохранилища в период до ввода его в нормальную эксплуатацию регламентируется правилами временной эксплуатации.

Водные ресурсы водохранилища должны использоваться в интересах всех водопользователей, имеющих лицензии, выданные МПР России.

"Правила" должны предусматривать:

- безопасную эксплуатацию подпорных сооружений, образующих водохранилища, а равно безопасность населения, жилищ, предприятий и хозяйств в верхнем и нижнем бьефах гидроузлов;

- порядок удовлетворения нужд водопользователей;

- порядок наполнения и сработки водохранилища.

Общий контроль за работой водохранилищ осуществляют:

- в части режимов работы гидротехнических сооружений - МПР России, Минтопэнерго России и их организации на местах;

- по использованию водных ресурсов водохранилищ, их акваторий и водоохраных зон - МПР России и Госкомсанэпиднадзор России совместно с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

7.2. Гидротехнические сооружения, естественные водные ресурсы, требования водопользователей, нормативные уровни и расходы воды

В "Правилах" приводятся: описание местонахождения гидроузла, состав и параметры гидротехнических сооружений, характеристика естественного стока реки, в т.ч. максимальных расходов воды и объема стока половодий и паводков редкой повторяемости в створе гидроузла. Обозначаются заявки на воду или требования всех пользователей к режиму расходов и уровней. Устанавливаются максимальный и минимальный уровни воды у плотины гидроузла при нормальной эксплуатации и условия, при которых допускаются наполнение выше максимального или сработка ниже минимального уровней. Для водохранилищ, на которых осуществляется судоходство, регламентируются минимальные навигационные уровни воды и минимальный уровень воды на период зимнего отстоя судов. Устанавливается уровень обязательной предполоводной сработки водохранилища.

Для нижнего бьефа гидроузла устанавливаются минимальные уровни воды, подлежащие обеспечению, например, у выхода в реку судоходного канала, в зонах питьевых, промышленных и ирригационных водозаборов, в местах зимнего отстоя судов, и максимальные уровни воды, например, в период пропуска половодий и паводков, в зимний период и др. Нормирование предельных уровней воды в нижнем бьефе гидроузла может дополняться или заменяться нормированием соответствующих расходов воды.

Устанавливаются максимально допустимые значения амплитуды внутрисуточных колебаний и интенсивности подъема и спада уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидроузла.

Для каждого сезона года устанавливаются предельно допустимые максимальные и минимальные расходы воды в нижнем бьефе гидроузла.

7.3. Управление водным режимом

Порядок пропуска через гидроузлы высоких половодий вероятностью превышения 0,01-1% регламентируется **специальными правилами**, режим водохранилищ в нормальных эксплуатационных условиях - **диспетчерскими графиками и правилами регулирования стока**.

Диспетчерские правила регулирования стока устанавливаются, в зависимости от наличия запасов воды в водохранилище, прогноза притока и фазы гидрологического цикла, энергоотдачу ГЭС, водоподачу всем пользователям и санитарно-экологические попуски в нижние бьефы гидроузлов. Изменение размеров водо- или энергоотдачи гидроузла осуществляется при переходе уровня воды в водохранилище через границу зон диспетчерского графика.

Диспетчерские правила регулирования стока должны предусматривать порядок ограничения энергоотдачи ГЭС, водоподачи пользователям и попусков в нижние бьефы гидроузлов при наступлении условий, выходящих за пределы расчетной надежности (обеспеченности). Они должны также предусматривать порядок расходования избытков воды при превышении запаса воды в водохранилище над необходимым для обеспечения гарантированной отдачи.

7.4. Гидрометеорологическое обеспечение

Состав и объем гидрологической и метеорологической информации, связанной с функционированием гидроузла, определяются, как правило, в проекте гидроузла и уточняется в процессе его эксплуатации. Гидрологическая и метеорологическая информация, в т.ч. гидрометеорологические прогнозы, представляются Росгидрометом России дирекции гидроузла, МПР России и другим ведомствам, участвующим в использовании водных ресурсов.

Ежедневные гидрологические и метеорологические наблюдения на крупных водохранилищах, обобщение материалов по их фактическому гидрологическому режиму и составление отчетных водных балансов (месяц, сезон, год), учет притока и расходования воды выполняет Росгидромет. Росгидромет также представляет МПР России и другим заинтересованным организациям сведения по водному балансу, качеству воды и экологическому состоянию водохранилищ, сведения о режиме работы водохранилища, гидрометеорологические прогнозы.

Сведения о всех пользователях, деятельность которых связана с использованием водных ресурсов водохранилища, включая данные об объемах забора и сброса воды, представляют МПР России и его бассейновые управления. Система оповещения о произошедших и предстоящих изменениях режимов работы гидроузла определяется специальной инструкцией. Состав и оперативность информации устанавливается по договоренности между эксплуатирующей

**ПРИМЕР РАЗДЕЛА - "РЕЖИМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ"
"ПРАВИЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КУЙБЫШЕВСКОГО,
САРАТОВСКОГО И ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ"**

1. Режимы использования полных ресурсов в период весеннего половодья

1. Водные ресурсы Нижней Волги в период весеннего половодья используются, прежде всего, для пусков в нижний бьеф Волгоградского гидроузла в интересах рыбного и сельского хозяйства Нижней Волги, а также для максимально-возможного наполнения полезных объемов Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ вплоть до НПУ к концу весеннего половодья. При этом полезный объем Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ используется как для организации специальных весенних пусков в нижний бьеф Волгоградского гидроузла, так и для срезки максимальных приточных расходов воды.

Режим использования водных ресурсов Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ, объем и гидрограф специальных весенних пусков в нижний бьеф Волгоградского гидроузла ежегодно определяются МПР в зависимости от прогнозируемого объема весеннего половодья и запасов воды в Волжско-Камских водохранилищах к началу весны и согласовываются с заинтересованными ведомствами.

2. Специальные весенние пуски в нижний бьеф Волгоградского гидроузла рекомендуется осуществлять таким образом, чтобы уровень воды в Куйбышевском водохранилище у плотины гидроузла повышался по возможности непрерывно, без резких снижений.

Для обеспечения планируемого гидрографа специальных весенних пусков в маловодных условиях разрешается:

- приостанавливать весеннее наполнение нижеволжских водохранилищ и даже сбрасывать часть имеющегося запаса воды в Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах до минимально допустимых навигационных уровней воды - соответственно 49,0; 27,5 и 13,0 м;

- производить холостые, помимо турбин, сбросы воды при ненаполненных до НПУ водохранилищах;

- форсировать на короткий срок, при неполном открытии водосбросных отверстий гидроузлов, уровни воды в водохранилищах у плотин гидроузлов:

- Куйбышевского до отметки 53,3 м;
- Саратовского – 28,2 м;
- Волгоградского – 15,2 м.

Все контрольные уровни воды обеспечиваются с точностью ± 10 см.

3. В качестве основы для разработки конкретных правил пропуска высоких половодий при прогнозе объема притока за апрель-июнь более 180 км³ рекомендуется следующая схема. При достижении уровнем воды в Куйбышевском водохранилище у плотины гидроузла отметки 50,0 м начинается увеличение расхода воды, сбрасываемого в нижний бьеф. Сначала ГЭС переводится на круглосуточную работу полной мощностью, а затем по мере увеличения притока постепенно раскрываются водосбросные отверстия гидроузлов таким образом, чтобы расход воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла не превышал 28,0-40,0 тыс. м³/с.

Если уровни воды в верхних бьефах Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского гидроузлов у плотин уже достигли МПУ, а пропускная способность водосбросных фронтов недостаточна для сброса притекающей воды, уровни воды в водохранилищах форсируются до тех пор, пока не будет достигнуто равенство притока и сброса. При достижении уровнем воды в Куйбышевском водохранилище отметки 54,0 м и одновременном стоянии уровней воды в Волгоградском водохранилище выше отметки 15,5 м допускается увеличение сбросного расхода воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла до 34 тыс. м³/с.

При дальнейшем повышении уровней воды у плотины Куйбышевского гидроузла до отметки 54,5 м и у плотины Волгоградского гидроузла до 16,0 м расход воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла может быть увеличен до 40 тыс. м³/с. После достижения уровнем воды в Куйбышевском водохранилище у плотины отметки 55,0 м разрешается раскрытие всех водопропускных отверстий гидроузла. Одновременно соответственно раскрываются водосбросные отверстия Саратовского и Волгоградского гидроузлов.

При этом следует иметь в виду, что современная максимальная пропускная способность Саратовского гидроузла даже при ФПУ меньше максимальной пропускной способности Куйбышевского гидроузла при НПУ.

Контрольные значения уровней воды в Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах у плотин гидроузлов обеспечиваются с точностью ± 10 см, контрольные максимальные расходы воды в нижних бьефах гидроузлов - с точностью ± 500 м³/с.

4. Форсировка уровней воды в водохранилищах над НПУ (у плотин гидроузлов) рекомендуется только после повышения расхода воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла до 30 тыс. м³/с. Форсировкой не считаются кратковременные повышения уровней воды над НПУ вследствие ветрового нагона или сейшевидных колебаний поверхности водохранилища.

Призмы форсировки должны быть сработаны в короткие сроки. Закрытие водосбросных отверстий и переход к пропуску расходов воды только через турбины ГЭС рекомендуется осуществлять лишь после снижения уровней воды в водохранилищах до НПУ.

5. Уровни воды в Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах по всей их акватории определяются, в соответствии с уровнями воды у плотин гидроузлов и расходами притока и сброса воды, кривыми свободной поверхности, координаты которых приведены в приложениях.

6. Попуски воды через водосбросные сооружения гидроузлов должны производиться по возможно большему фронту.

7. При производстве специальных весенних пусков внутрисуточные и внутринедельные колебания расходов воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла не допускаются. Снижение среднесуточных расходов воды, осуществляемое в соответствии с директивным графиком специального весеннего пуска, не рассматривается как суточное и недельное регулирование расходов воды. Суточное регулирование мощности ГЭС на спаде весеннего половодья (расходы воды 11,5-9,0 м³/с) возможно только после согласования с рыбохозяйственными организациями.

Установленные расходы пуска обеспечиваются при наличии холостых, помимо турбин, сбросов воды с точностью ± 300 м³/с, при отсутствии холостых сбросов ± 200 м³/с.

8. В период нереста рыб уровни воды в водохранилищах поддерживаются на постоянных отметках (у плотин), если это не приводит к нарушению графика специального весеннего пуска в нижний бьеф Волгоградского гидроузла.

2. Режимы использования водных ресурсов в период межени

А. Летне-осенняя межень

9. Режим работы Куйбышевского водохранилища в летне-осеннюю межень, обычно с конца июня до третьей декады ноября, определяется, в основном, необходимостью обеспечения в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла гарантированных навигационных расходов воды, а также удовлетворения нужд водоснабжения, энергетики, сельского и рыбного хозяйства в зонах Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского гидроузлов и минимальных санитарных пусков.

При этом сработка Куйбышевского водохранилища производится, как правило, лишь для обеспечения гарантированных навигационных расходов воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла. При наличии избыточных запасов воды в Куйбышевском водохранилище разрешается его сработка и в интересах энергосистемы.

10. Расходы воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла в летне-осеннюю межень устанавливаются в соответствии с диспетчерскими уровнями воды в Куйбышевском водохранилище, приводимыми для разных календарных дат в табл. 1.

Таблица 1

Дата	Диспетчерские уровни воды в Куйбышевском водохранилище у плотины гидроузла, м			
	верхняя граница зоны II - избытков	нижняя граница зоны II и верхняя граница зоны III - нормального навигационного расходы воды в н/б Волгоградского г/у 4000 м ³ /с	нижняя граница зоны III и верхняя граница зоны IV - сниженную гарантированного навигационного расхода воды в н/б Волгоградского г/у 3400 м ³ /с	нижняя граница зоны IV
1.VII	53,0	52,3	50,4	45,5
1.VIII	53,0	52,4	50,7	45,5
1.IX	53,0	52,3	50,7	45,5
1.X	53,0	52,0	50,7	45,5

1.XI	53,0	51,7	50,4	45,5
21.XI	53,0	51,5	50,0	45,5

При стоянии уровней воды в Куйбышевском водохранилище:

- в пределах зоны II диспетчерского графика, в том числе и на нижней границе зоны II, запасы воды в Куйбышевском водохранилище используются по усмотрению энергосистемы на Волжской, Саратовской и Волгоградской ГЭС; при этом средненедельный расход воды в нижнем бьефе Куйбышевского гидроузла должен быть не меньше, чем это необходимо для поддержания повышенного навигационного расхода воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла (5000 м³/с в среднем за сутки в створе выхода в реку нижнего подходного шлюзового канала) и нормального водообеспечения всех потребителей на участке Куйбышевский гидроузел - Волгоградский гидроузел;

- в пределах зоны III диспетчерского графика средненедельный попуск в нижний бьеф Куйбышевского гидроузла должен быть не меньше, чем это необходимо для поддержания нормального гарантированного навигационного расхода воды (4000 м³/с) и нормального водообеспечения всех потребителей;

- в пределах зоны IV диспетчерского графика средненедельный попуск в нижний бьеф Куйбышевского гидроузла должен быть не меньше, чем это необходимо для поддержания гарантированного сниженного навигационного расхода воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла (3400 м³/с) и нормального водообеспечения всех потребителей.

Примечание. В зоне IV подача воды на орошение на Нижней Волге должна снижаться на 20%.

В крайне маловодных условиях для обеспечения среднесуточного расхода воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла 3400 м³/с разрешается сработка Куйбышевского водохранилища ниже отметки минимальной навигационной сработки 49,0 м.

11. Уровни воды в Саратовском водохранилище у плотины гидроузла в летне-осеннюю межень в нормальных эксплуатационных условиях рекомендуется поддерживать вблизи НПУ 28,0 м. Колебания уровней воды в Саратовском водохранилище не должны, как правило, превышать пределов, необходимых для суточного и недельного регулирования мощности Волжской и Саратовской ГЭС и, соответственно, расходов воды через Куйбышевский и Саратовский гидроузлы. При этом уровень воды в Саратовском водохранилище у плотины гидроузла не должен быть ниже отметки 27,5 м.

12. На Саратовском водохранилище допускаются кратковременные повышения уровня воды у плотины гидроузла до 0,2 м над НПУ (при отсутствии ветрового нагона).

При сильных ветровых сгонах возможны кратковременные понижения подпорного уровня ниже отметки 27,5 м. В этих случаях допускается ограничение масштабов суточного и недельного регулирования мощности Саратовской ГЭС.

13. Режим работы Волгоградского водохранилища в летне-осеннюю межень определяется в основном необходимостью обеспечения в нижнем бьефе гидроузла гарантированных навигационных попусков воды, а также удовлетворения нужд водоснабжения, энергетики, сельского и рыбного хозяйства в зоне Волгоградского водохранилища и в бассейне р. Волги ниже Волгоградского гидроузла. При этом допускается сработка Волгоградского водохранилища до отметки 13,5 м (у плотины гидроузла).

Допускаются кратковременные повышения уровней воды в Волгоградском водохранилище у плотины гидроузла до 0,2 м над НПУ (при отсутствии ветрового нагона).

14. Сработка Волгоградского водохранилища в период навигации до отметки 13,0 м производится в том случае, если для поддержания сниженного гарантированного навигационного попуска в нижний бьеф Волгоградского гидроузла 3400 м³/с и водообеспечения потребителей необходима сработка Куйбышевского водохранилища до отметок, находящихся в пределах зоны IV диспетчерского графика.

15. Суточное и недельное регулирование мощности Волжской, Саратовской и Волгоградской ГЭС подчиняется требованиям энергосистемы и может производиться только при соблюдении ограничений по расходам и уровням воды в нижних бьефах гидроузлов, связанных с обеспечением обязательных минимальных расходов воды, бесперебойного удовлетворения нужд водоснабжения и нормируемых глубин для водного транспорта, а также минимальных мощностей ГЭС. Характеристика минимально-допустимых расходов и уровней воды, а также суточной амплитуды колебаний уровней воды в нижних бьефах гидроузлов в летне-осеннюю межень приведена в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Значения показателя для гидроузла		
	Куйбышевского	Саратовского	Волгоградского
Минимальный расход воды в нижнем бьефе гидроузла в течение суток, м ³ /с	1000	200	2000
Минимальный уровень воды в нижнем бьефе гидроузла при среднесуточных расходах воды, м			
- более 5500 м ³ /с	не регл.	не регл.	-10,5
- 5500-5000 м ³ /с	"	"	-10,8
- 4900-4000 м ³ /с	"	"	-11,0
- менее 4000 м ³ /с	"	"	-11,3
Максимальная суточная амплитуда колебаний уровня воды в нижнем бьефе гидроузла, м	не регл.	не регл.	2,5

Примечание. Контрольные значения расходов и уровней воды должны обеспечиваться с точностью:

- расходы воды ± 150 м³/с;
- уровни воды ± 10 см;
- амплитуда колебаний уровней воды ± 20 м.

16. Интенсивность изменения расходов воды через турбины Волжской, Саратовской и Волгоградской ГЭС не регламентируется; предупреждения об изменении расходов воды не даются.

Б. Зимняя межень

17. Режим использования водных ресурсов Куйбышевского водохранилища зимой определяется, в основном, нуждами энергетической системы, при этом суммарная среднемесячная мощность Волжской, Саратовской и Волгоградской ГЭС устанавливается в соответствии с диспетчерскими уровнями воды в Куйбышевском водохранилище, приводимыми для разных календарных дат в табл. 3.

Таблица 3

Дата	Диспетчерские уровни воды в Куйбышевском водохранилище у плотины гидроузла, м			
	верхняя граница зоны V - избытков	нижняя граница зоны V и верхняя граница зоны VI - нормальной гарантированной мощности 3-х нижеволжских ГЭС	нижняя граница зоны VI и верхняя граница зоны VII - сниженной гарантированной мощности 3-х нижеволжских ГЭС	нижняя граница зоны VII
1.XII	53,0	51,3	49,7	45,5
1.I	53,0	51,0	49,1	45,5
1.II	53,0	50,7	48,5	45,5
1.III	53,0	50,3	47,5	45,5
1.IV	53,0	50,0	46,2	45,5

При стоянии уровней воды в Куйбышевском водохранилище:

- в пределах зоны V диспетчерского графика, включая нижнюю границу зоны V, запасы воды в Куйбышевском водохранилище используются по усмотрению энергосистемы таким образом, чтобы Куйбышевское водохранилище к 1.IV по возможности было сработано до отметки 50,0 м;
- в пределах зоны VI - нижеволжские ГЭС работают со средней месячной мощностью не более нормальной гарантированной;
- в пределах зоны VII - нижеволжские ГЭС работают со средней месячной мощностью не более сниженной на 20% гарантированной.

18. Обязательная отметка ежегодной сработки Куйбышевского водохранилища к 1.IV составляет 50,0 м*. Сработка Куйбышевского водохранилища вплоть до УМО 45,5 м разрешается лишь для обеспечения суммарной гарантированной мощности Волжской,

Саратовской и Волгоградской ГЭС. Сработка Куйбышевского водохранилища после 1 апреля допускается, если к этой дате оно оказалось не сработанным до отметки 50,0 м.

* Один из возможных вариантов. Современная отметка ежегодной сработки Куйбышевского водохранилища у плотины на I.IV – 48,0 м.

19. Уровни воды в Саратовском и Волгоградском водохранилищах у плотины гидроузла зимой рекомендуется поддерживать в нормальных эксплуатационных условиях вблизи НПУ соответственно 28,0 и 15,0 м. Колебания уровней воды не должны, как правило, превышать пределов, необходимых для суточного и недельного регулирования мощности Саратовской и Волгоградской ГЭС.

20. Зимняя сработка Саратовского и Волгоградского водохранилищ сверх пределов, необходимых для суточного и недельного регулирования мощности ГЭС, но не ниже УМО соответственно 27,0 и 12,0 м, допускается в следующих случаях:

- при авариях в энергетической системе;
- в конце зимы при прогнозе половодья объемом более 180 км³;
- в крайне-маловодные годы, находящиеся за пределами расчетной обеспеченности.

Длительность стояния уровней воды в Волгоградском водохранилище на УМО 12,0 м при ледяном покрове не должна превышать одного месяца.

21. Суточное и недельное регулирование мощности Волжской, Саратовской и Волгоградской ГЭС подчиняется требованиям энергосистемы и может производиться только при соблюдении ограничений по расходам и уровням воды в нижних бьефах гидроузлов, связанным с обеспечением обязательных минимальных расходов воды и бесперебойного удовлетворения нужд водоснабжения, а также минимальных мощностей ГЭС, и недопустимостью затопления сельскохозяйственных угодий, расположенных в Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги. Характеристика максимального и минимально-допустимых расходов и уровней воды в нижних бьефах гидроузлов, а также суточной амплитуды колебаний уровней воды приведена в табл. 4.

Таблица 4

Показатель	Значения показателя для гидроузла		
	Куйбышевского	Саратовского	Волгоградского
Минимальный расход воды в нижнем бьефе гидроузла в течение суток, м ³ /с	1000	200	1000
Максимальный расход воды в нижнем бьефе гидроузла (в период с декабря по март, а при раннем ледоставе - с ноября), тыс. м ³ /с			
- среднесуточный	10,0	10,0	9,0
- среднедекадный (среднедекадный)	8,0	8,0	8,0
- среднемесячный	7,0	7,0	7,0
Минимальный уровень воды в нижнем бьефе гидроузла, м	не рeгл.	не рeгл.	-11,3
Максимальная суточная амплитуда колебаний уровня воды в нижнем бьефе гидроузла, м	не рeгл.	не рeгл.	2,5

Примечание. Контрольные значения расходов и уровней воды должны обеспечиваться с точностью:

- расходы воды ± 150 м³/с;
- уровни воды ± 10 см;
- амплитуда колебаний уровней воды ± 20 м.

22. На Волжской, Саратовской и Волгоградской ГЭС интенсивность изменения расходов воды через турбины не регламентируется; предупреждения об изменении расходов воды не даются.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. Общая характеристика действующих правил использования водных ресурсов водохранилищ
 2. Интересы водопользователей и их учет в Правилах использования водных ресурсов водохранилищ
 - 2.1 Общие указания
 - 2.2. Гидроэнергетика
 - 2.3. Тепловая и атомная энергетика
 - 2.4. Водный транспорт и лесосплав
 - 2.5. Рыбное хозяйство
 - 2.6. Сельское хозяйство
 - 2.7. Водоснабжение
 - 2.8. Рекреация
 3. Требования экологии и их учет в Правилах использования водных ресурсов водохранилищ
 - 3.1. Водохранилище
 - 3.2. Нижний бьеф
 4. Исходные данные для разработки Правил использования водных ресурсов водохранилищ
 - 4.1. Общая характеристика
 - 4.2. Гидрологические данные
 - 4.3. Потери и затраты стока
 - 4.4. Морфометрические данные
 - 4.5. Регулирующие сооружения
 - 4.6. Потери напора и эксплуатационные характеристики гидроагрегатов ГЭС
 - 4.7. Русло и долина реки в бьефах гидроузла
 5. Диспетчерские правила регулирования стока водохранилищами
 - 5.1. Общие положения
 - 5.2. Построение границ зон диспетчерских графиков
 - 5.3. Порядок использования диспетчерских правил и графиков
 6. Гидравлические расчеты
 - 6.1. Общая часть
 - 6.2. Противопаводковые функции водохранилищ и расчеты пропуска высоких паводков и паводков
 - 6.3. Кривые свободной поверхности водохранилища
 - 6.4. Неустановившийся режим уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидроузла при суточном и недельном регулировании мощности ГЭС
 7. Структура Правил использования полных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций
 - 7.1. Общая часть
 - 7.2. Гидротехнические сооружения, естественные водные ресурсы, требования водопользователем, нормативные уровни и расходы воды
 - 7.3. Управление водным режимом
 - 7.4. Гидрометеорологическое обеспечение
 8. Порядок согласования Правил использования водных ресурсов водохранилищ
- Приложение 1. Диспетчерский график режима работы водохранилища энергетического назначения
- Приложение 2. Пример раздела "Режимы использования водных ресурсов" "Правил использования водных ресурсов Кубышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ"