

АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Аспирант А. З. ЗАХИДОВ

ПРИМЕНЕНИЕ НАСОСНО-  
АККУМУЛИРУЮЩИХ ГЭС  
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЗОННОЙ  
ЭНЕРГИИ ВОДОТОКОВ В РАЙОНАХ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТ—1954

A-2

72450

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
А. Н. Мргизской ССР

Технический редактор З. П. Горьковая

Р0 2959 Подписано к печати 21/IV-54 г. Бумага 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>=0,5 бум. л  
Изд. л. 1,0 печ. л. 1,0 Тираж 125.

Типография Из-ва АН УзССР, Ташкент, 1954 г., Заказ 426.

При комплексном ирригационно-энергетическом использовании водных ресурсов в районах орошаемого земледелия наблюдаются противоречия в требованиях, предъявляемых к водотоку со стороны ирригации и энергетики. Ирригация заинтересована в высоких расходах воды в летний (вегетационный) период для сельскохозяйственного орошения. Интересы энергетики требуют, наоборот, увеличения зимних расходов воды за счет аккумуляции части летнего стока.

Сопоставление потребностей ирригации и энергетики в воде с естественным режимом рек Средней Азии и Южного Казахстана показывает, что режим большинства рек благоприятен для удовлетворения потребностей ирригации в воде.

Уже в настоящее время многие оросительные системы рек Средней Азии и Южного Казахстана характеризуются достаточно полным использованием их оросительной способности в естественном режиме. Известно также, что возможные для орошения площади земель в этих районах значительно превышают оросительную способность имеющихся водных источников.

XIX съезд КПСС, сентябрьский и февральско-мартовский Пленумы ЦК КПСС в своих решениях предусматривают проведение огромных работ по дальнейшему развитию орошения и освоению целинных и залежных земель.

Так, по Узбекской ССР, в постановлении Совета Министров СССР и ЦК КПСС „О дальнейшем развитии хлопководства в Узбекской ССР в 1954—1958 годах“ предусмотрено осуществление крупных водохозяйственных работ, обеспечивающих увеличение площади орошаемых земель в республике на 600 тыс. гектаров.

Дальнейшее развитие орошения в республиках Средней Азии и Казахстана и наиболее полное использование имеющихся водных ресурсов для этой цели требует осуществления регулирования стока рек водохранилищами. При регулировании стока расхождение интересов ирригации и энергетики проявляется в наиболее резкой форме.

Одновременное полное удовлетворение этих противоречивых требований в большинстве случаев невозможно. Поэтому при составлении комплексных схем использования водных ресурсов в районах орошаемого земледелия, исходя из экономических и естественно-исторических условий, чаще всего на первый план ставятся интересы ирригации. Энергетическое использование водотоков, особенно в их равнинной части, где наиболее развито орошение, носит при этом подчиненный характер.

Такое решение, естественно, приводит либо к резкому ограничению энергетического использования водотоков в их легко доступной к освоению равнинной и предгорной части, либо к созданию значительной летней сезонной мощности.

XIX съезд КПСС поставил перед энергетиками Советского Союза задачу — „...увеличить за пятилетие общую мощность электростанций примерно вдвое, гидроэлектростанций — втрое...“

В свете этих задач, наряду с высокими темпами строительства новых ГЭС, существенно важное значение приобретает повышение степени использования энергии водотоков на существующих и вновь строящихся ГЭС.

При комплексном ирригационно-энергетическом использовании водотока повышение степени использования энергии водотока в зоне орошения может быть достигнуто путем увеличения установленной мощности ГЭС сверх круглогодичной обеспеченной мощности по водотоку, что естественно приводит к созданию в энергетической системе летней сезонной мощности ГЭС.

Следует отметить, что сезонность выработки ГЭС, расположенных в зоне орошения, носит постоянный характер даже при регулировании стока реки, т. к. режим расходов этих ГЭС устанавливается в соответствии с требованиями ирригации. Более того, с ростом орошаемых площадей и с возрастанием ирригационного использования стока на участках, подкомандных водохранилищам, доля стока, используемая ирригацией, будет увеличиваться за счет аккумуляции не только паводкового, но и зимнего стока реки. Вследствие этого роль таких водохранилищ для ирригации будет возрастать, сезонность же выработки ГЭС будет иметь тенденцию к усилению.

Рациональное использование сезонной мощности ГЭС в энергетической системе возможно путем включения сезонных ГЭС в параллельную работу с другими объектами, могущими зарегулировать работу этих станций.

В качестве одного из таких объектов могут быть рекомендованы насосно-аккумулирующие установки с сезонным циклом регулирования.

Вопрос использования сезонной энергии ГЭС в энергосистемах путем применения насосного аккумулярования не получил достаточного освещения в современной технической литературе. Имеющиеся исследования по применению насосно-аккумулирующих ГЭС (НАГЭС) в энергосистемах СССР относятся главным образом к проблеме компенсации суточной неравномерности потребления энергии. Некоторые авторы указывают на возможность применения НАГЭС для использования сезонной энергии, однако в этих работах не дается достаточно полного анализа этого вопроса.

Между тем, возможность получения сравнительно дешевой сезонной энергии ГЭС в больших количествах в условиях комплексного ирригационно-энергетического использования водных ресурсов и наличие благоприятных природных условий для сооружения НАГЭС делают применение НАГЭС для использования сезонной энергии ГЭС весьма рациональным.

В реферируемой работе рассматриваются вопросы, связанные с применением НАГЭС с сезонным циклом регулирования. Основным назначением таких станций будет являться выравнивание годового графика выработки ГЭС или каскадов ГЭС, работающих либо на естественном стоке рек, либо на водотоках, зарегулированных по ирригационному или смешанному ирригационно-энергетическому графику водопотребления.

Соответственно этому связь с энергетической системой будет выражаться в совместном участии ГЭС и НАГЭС в покрытии базисной части годового графика энергопотребления.

С учетом изложенного в работе рассмотрены следующие вопросы:

а) выявление условий рациональности сооружения НАГЭС с сезонным циклом регулирования;

б) методика и технические приемы расчета выравнивания годового графика выработки ГЭС вместе с НАГЭС;

в) методика определения оптимальных параметров ГЭС и НАГЭС при их совместной работе на энергосистему;

г) технико-экономическое сравнение вариантов совместной работы ГЭС с НАГЭС, ГЭС с дублирующей тепловой электростанцией и работы ГЭС на потребителя—регулятора.

#### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РАСЧЕТЫ НАГЭС

В качестве источника энергии для заряда НАГЭС рассматриваются ГЭС, работающие на естественном стоке рек

ли на водотоках, зарегулированных по ирригационному либо смешанному ирригационно-энергетическому графику водопотребления.

Особенностью этих ГЭС является то, что режим их работы целиком и полностью зависит от режима расходов и напоров, которые, как правило, в этих случаях являются переменным во времени. В отличие от ГЭС, обладающих энергетически регулирующим водохранилищем, водно-энергетический режим рассматриваемых ГЭС не может быть изменен согласно требованиям энергосистемы.

Возможная мощность ГЭС по водотоку определяется кривой продолжительности —  $N_z = f(t)$ .

Выработка ГЭС по водотоку при данной мощности  $N_z$  представляется в виде интегральной кривой —  $\mathcal{E}_z = \int_0^{N_z} t dN_z$ .

Степень использования энергии водотока определяется, как отношение выработки ГЭС по водотоку ( $\mathcal{E}_y$ ) при данной установленной мощности  $N_y$  к максимально возможной выработке  $\mathcal{E}_{\text{макс}}$ , т. е.

$$\gamma = \frac{\mathcal{E}_y}{\mathcal{E}_{\text{макс}}}$$

При этом под  $\mathcal{E}_y$  подразумевается выработка ГЭС, используемая в системе. В тех случаях, когда  $\mathcal{E}_y$  представляет собой сезонную энергию, то, говоря об использовании этой энергии в системе, имеется в виду либо наличие соответствующих дублирующих мощностей, либо наличие специальных сезонных потребителей энергии.

Значение  $\gamma$  при данной мощности  $N_y$  определяется графическим путем из интегральной кривой выработки ГЭС по водотоку.

Мощность и выработка НАГЭС, основным назначением которой является выравнивание годового графика выработки сезонной ГЭС, должны определяться исходя из расчетной кривой продолжительности мощности данной ГЭС по водотоку. Если НАГЭС выравнивает график суммарной выработки нескольких ГЭС, то мощность и выработку НАГЭС необходимо определять, исходя из кривой продолжительности суммарной мощности всех этих ГЭС.

Введем следующие обозначения (см. рис. 1):

$N_{0. \text{ мин.}}$  — минимально-обеспеченная мощность ГЭС по водотоку.

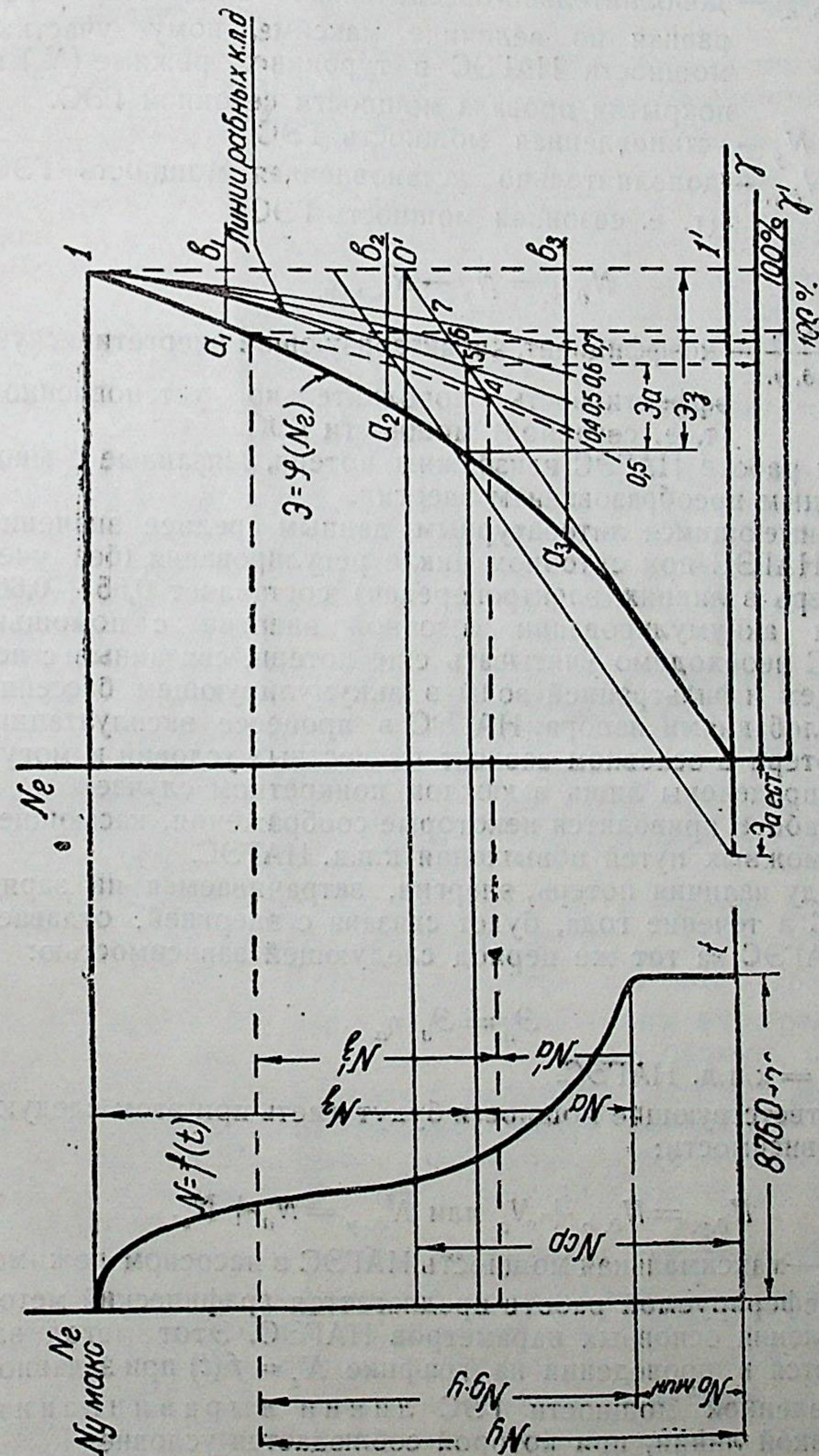


Рис. 1.

$N_{д. о.}$  — дополнительно-обеспеченная мощность ГЭС, равная по величине максимальному участию мощности НАГЭС в турбинном режиме ( $N_a$ ) в покрытии провала мощности сезонной ГЭС.

$N_y$  — установленная мощность ГЭС

$N_{д. у.}$  — дополнительно установленная мощность ГЭС (т. е. сезонная мощность ГЭС)

$$N_{д. у.} = N_y - N_{о. мин.}$$

$\alpha = \frac{N_{д. о.}}{N_{д. у.}}$  — коэффициент, характеризующий энергетическую эффективность дополнительно установленной (т. е. сезонной) мощности ГЭС.

При работе НАГЭС неизбежны потери, связанные с многократным преобразованием энергии.

По имеющимся литературным данным среднее значение к.п.д. НАГЭС при суточном цикле регулирования (без учета потерь в линиях электропередач) составляет  $0,55 + 0,66$ .

При аккумулировании сезонной энергии с помощью НАГЭС необходимо учитывать еще потери, связанные с испарением и фильтрацией воды в аккумулирующем бассейне и с колебаниями напора НАГЭС в процессе эксплуатации. Эти потери в основном зависят от местных условий и могут быть определены лишь в каждом конкретном случае.

В работе приводятся некоторые соображения, касающиеся возможных путей повышения к.п.д. НАГЭС.

Ввиду наличия потерь, энергия, затрачиваемая на заряд НАГЭС в течение года, будет связана с энергией, отдаваемой НАГЭС за тот же период следующей зависимостью:

$$\mathcal{E}_a = \mathcal{E}_z \cdot \eta_a$$

где:  $\eta_a$  — к.п.д. НАГЭС.

Соответствующие мощности будут иметь при этом следующие зависимости:

$$N_{д. у.} = N_{д. о.} + N_z \text{ или } N_{д. у.} = N_a + N_z,$$

где  $N_z$  — максимальная мощность НАГЭС в насосном режиме.

В реферируемой работе предлагается графический метод определения основных параметров НАГЭС. Этот метод заключается в проведении на графике  $N_z = f(t)$  при заданной установленной мощности ГЭС линии выравнивания; т. е. такой линии, при которой соблюдается условие:

$$\mathcal{E}_a = \mathcal{E}_z \cdot \eta_a$$

Положения линии выравнивания при разных значениях к.п.д. НАГЭС находим следующим образом:

Исходя из заданной кривой продолжительности мощности ГЭС —  $N_z = f(t)$  построим интегральную кривую выработки энергии по водотоку —  $\mathcal{E}_z = \varphi(N_z)$  (рис. 1). Из той точки на интегральной кривой, которая соответствует заданному значению установленной мощности ГЭС (в данном случае  $N_y = N_{z \text{ макс.}}$ ), опустим перпендикуляр на ось абсцисс. Проводим несколько горизонтальных линий. Отрезки  $a_1 b_1$ ,  $a_2 b_2$ ,  $a_3 b_3$  и т. д. представляют из себя выработку ГЭС, идущую на заряд НАГЭС. Каждый из этих отрезков разбиваем на 10 равных частей и соответствующие точки на отрезках соединим между собой. Полученные таким образом линии будут линиями равных к.п.д.

Точки пересечения линий равных к.п.д. с прямой теоретической выработки определяют положения линий выравнивания с соответствующими значениями к.п.д.

После проведения линий выравнивания значения основных искомых параметров НАГЭС —  $N_a$ ,  $N_z$ ,  $\mathcal{E}_a$ ,  $\mathcal{E}_z$  легко определяются непосредственно из графика.

Если принять максимально-возможную выработку ГЭС по водотоку за 100%, то значение коэффициента  $\gamma$  так же можно определить в % непосредственно из графика. На рис. 1 стрелками показаны значения  $\gamma$  при  $\eta_a = 0,5$  и  $\eta_a = 0,6$ .

Если НАГЭС имеет естественный приток воды в верхний аккумулирующий резервуар, то расчет ведется следующим образом:

Предположим, что выработка НАГЭС в течение года за счет естественного притока составляет  $\mathcal{E}_{а. ест.}$  квтч. На графике  $\mathcal{E}_z = \varphi(N_z)$  в масштабе, принятом для этого графика, отложим по оси абсцисс от начальной точки интегральной кривой влево значение  $\mathcal{E}_{а. ест.}$  и проведем прямую, параллельную прямой теоретической выработки. Точка пересечения этой прямой с интегральной кривой определяет положение линии выравнивания для случая, когда НАГЭС работает, как обычная ГЭС только за счет естественного притока воды.

Последующий ход расчета по определению  $N_a$  и  $\mathcal{E}_a$  остается аналогичным вышеизложенному с той лишь разницей, что в качестве прямой теоретической выработки при этом принимается новая прямая, проведенная с учетом  $\mathcal{E}_{а. ест.}$

Как показывают расчеты, наличие естественного притока воды в верхний аккумулирующий бассейн НАГЭС приводит к существенному повышению величины дополнительно обес-

печенной мощности сезонной ГЭС в системе и к улучшению экономических показателей НАГЭС.

В диссертации разработана также методика определения энергетической ёмкости НАГЭС.

Энергетическая ёмкость НАГЭС в квтч будет равна в количественном отношении суммарной выработке НАГЭС в режиме разряда только в частном случае, когда НАГЭС в течение расчётного периода (т. е. в течение года) заряжается и разряжается однократно. Во всех других случаях энергетическая ёмкость НАГЭС будет меньше, чем суммарная выработка НАГЭС в режиме разряда.

Для заданной кривой продолжительности мощности ГЭС по водотоку при различных значениях к.п.д. НАГЭС можно определить изложенным выше методом соответствующие значения  $N_a$  при изменении дополнительно установленной мощности ГЭС от 0 до  $N_{д.у. макс.}$ . Эти данные могут быть представлены в виде кривой зависимости  $N_a = f(N_{д.у.})$ .

#### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАГЭС И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЭС И НАГЭС

Для капиталовложений в НАГЭС нами принята зависимость —

$$K_a = K_0 + a'N_a + a''N_3 + bA,$$

где  $K_0$  — часть капиталовложений, независимая от величины мощностей  $N_a$  и  $N_3$  и от ёмкости НАГЭС,

$a'$  — удельные капиталовложения на единицу дополнительной турбинной мощности НАГЭС,

$a''$  — удельные капиталовложения на единицу дополнительной насосной мощности НАГЭС,

$b$  — удельные капиталовложения на единицу энергетической ёмкости НАГЭС.

К затратам, связанным с энергетической ёмкостью НАГЭС, относятся затраты по сооружению верхнего и нижнего аккумулярующих бассейнов. Эти затраты при аккумуляции сезонной энергии могут достигать значительных размеров, если верхний и нижний бассейны создаются искусственным путем. При использовании в качестве аккумуляющих бассейнов для НАГЭС естественных водоёмов или водохранилищ, создаваемых для других целей, эти затраты могут быть невелики.

Ежегодные эксплуатационные издержки по НАГЭС представлены в виде:

$$I_a = p_a K_a + I_3,$$

где  $I_3$  — издержки по заряду НАГЭС.

Издержки по заряду НАГЭС могут быть представлены двояко:

1. Как стоимость энергии, получаемой НАГЭС в режиме заряда от основных станций системы:

$$I_3 = \partial_3 s_3 = \partial_a \frac{s_3}{\eta_a}$$

где  $s_3$  — стоимость 1 квтч — энергии, отпускаемой для заряда НАГЭС.

2. Как ежегодные издержки по источнику сезонной энергии, необходимой для заряда НАГЭС:

$$I_3 = p_2 a N_3 = p_2 a (N_{д.у.} - N_{д.о.}),$$

где  $N_3$  — максимальная величина дополнительно установленной на ГЭС мощности, необходимой для обеспечения работы НАГЭС в режиме заряда.

Итак:

$$I_a = p_a K_a + \partial_a \frac{s_3}{\eta_a}$$

$$I_a = p_a K_a + p_2 a N_3$$

Первое выражение применимо в тех случаях, когда НАГЭС строится для использования уже имеющейся в энергетической системе сезонной энергии. При этом отпускная стоимость сезонной энергии предполагается известной (или заданной).

Второе выражение, принимаемое нами в расчетах, применимо в тех случаях, когда необходимо определить экономически целесообразные пределы развития сезонной мощности ГЭС.

За расчетные издержки по НАГЭС, как и по ГЭС, приняты издержки с учетом отчислений на расширенное воспроизводство (с учетом срока окупаемости капвложений), т. е.

$$I_a^0 = \left( p_a + \frac{1}{T_0} \right) K_a + \left( p_2 + \frac{1}{T_0} \right) a N_3$$

Расчет по определению оптимальных параметров ГЭС и НАГЭС основан на сопоставлении расчетных издержек по комбинату ГЭС + НАГЭС и заменяющих их конденсационных электростанций (К.Э.С.) при условии минимума издержек в энергосистеме, т. е.

$$I_a^0 + I_2^0 + I_T^0 = \text{мин.}$$

Как известно это условие достигается при:

$$\frac{dN_a^0}{dN_a} + \frac{dN_2^0}{dN_a} + \frac{dN_T^0}{dN_a} = 0.$$

Решив это уравнение, получим следующую зависимость

$$\beta = \frac{dN_a}{dN_{\partial.у.}} = \frac{p_2^0 a}{p_T^0 k_T + 8760 \text{ в.ц.} - p_a^0 k_a}$$

По найденному значению  $\beta$  определяется оптимальное значение  $N_a$ . Для этого, исходя из заданной кривой продолжительности мощности ГЭС по водотоку, строится для заданного к.п.д. НАГЭС кривая зависимости мощности НАГЭС от величины дополнительно установленной мощности ГЭС —  $N_a = f(N_{\partial.у.})$ . Затем, путем графического дифференцирования кривой  $N_a = f(N_{\partial.у.})$  строится кривая

$$\beta = \frac{dN_a}{dN_{\partial.у.}} = \varphi(N_{\partial.у.}).$$

По кривой  $\beta = \varphi(N_{\partial.у.})$  для данного значения  $\beta$  определяется соответствующее значение  $N_{\partial.у.}$  и по найденному значению  $N_{\partial.у.}$  с помощью кривой зависимости  $N_a = f(N_{\partial.у.})$  находится искомое значение  $N_a$ .

На основании вышеприведенной формулы, представив её в виде —

$$\mu = \frac{a}{\beta} = \frac{p_T^0 k_T + 8760 \text{ в.ц.} - p_a^0 k_a}{p_2^0},$$

составлен расчётный график (рис. 2).

При построении расчетного графика приняты следующие численные значения величин, входящих в формулу:

$$k_T = 1320 \div 3500 \text{ руб/квт,}$$

$$a = 400 \div 1500 \text{ руб/квт,}$$

$$k_a = 2000 \div 8000 \text{ руб/квт,}$$

$$T_o = 20 \text{ лет,}$$

$$p_T^0 = 0,12 + 0,05 = 0,17$$

$$p_a^0 = p_2^0 = 0,04 + 0,05 = 0,09,$$

$$b = 0,5 \text{ кгр/квтч,}$$

$$c = 140 \text{ руб/тонна} = 0,14 \text{ руб/кгр.}$$

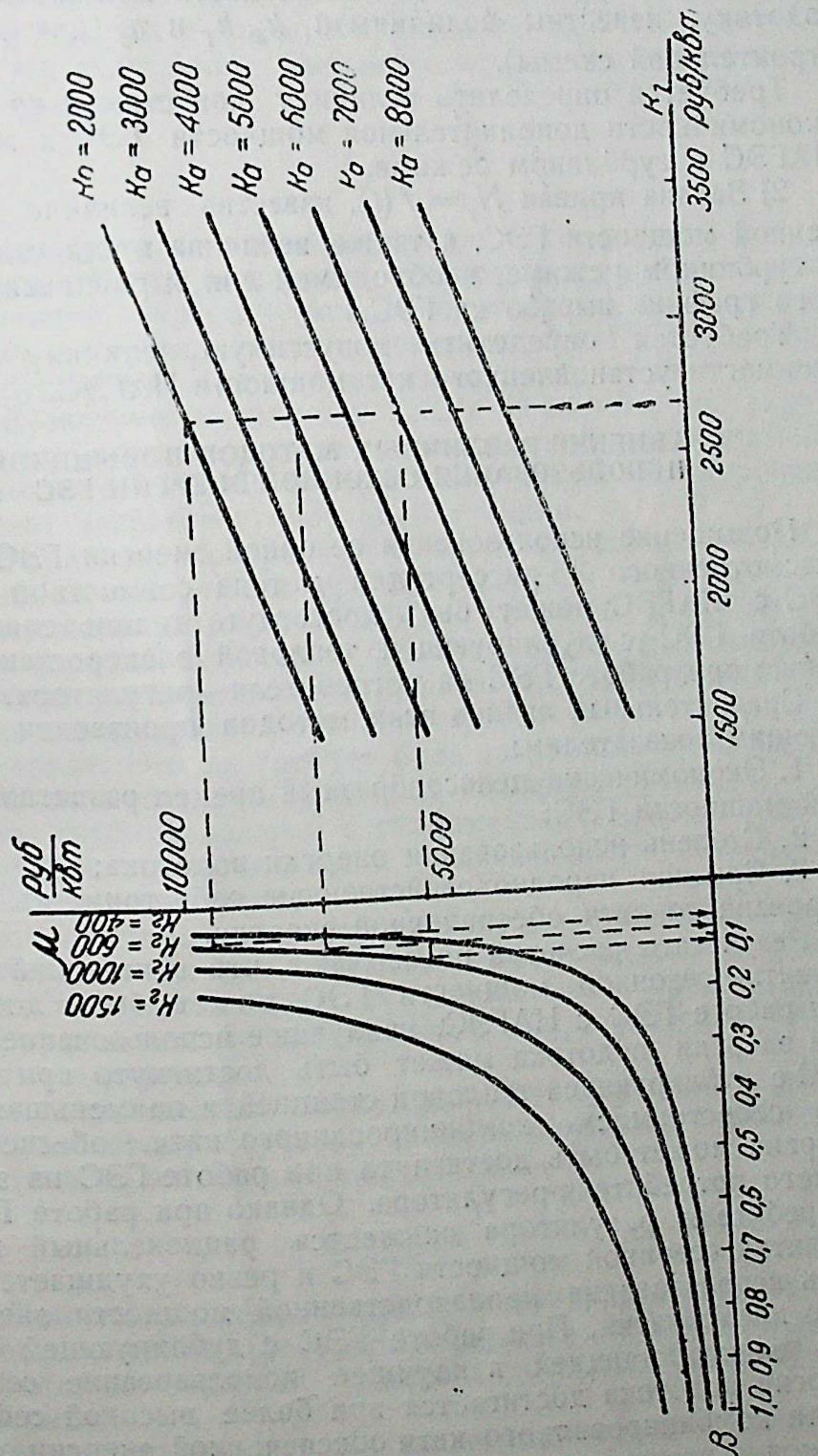


Рис. 2.

Предлагаемый расчетный график дает возможность решить следующие задачи:

1) Задана кривая продолжительности мощности ГЭС по водотоку, известны величины  $a$ ,  $k_a$ ,  $k_T$  и  $\eta_a$  (для принятой строительной схемы).

Требуется определить величину допустимой из условия экономичности дополнительной мощности ГЭС и мощности НАГЭС в турбинном режиме.

2) Задана кривая  $N_s = f(t)$ , известна величина установленной мощности ГЭС, а также величина мощности НАГЭС в турбинном режиме, необходимой для выравнивания годового графика выработки ГЭС.

Требуется определить допустимую величину средней стоимости установленного квт мощности НАГЭС.

#### СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЗОННОЙ ЭНЕРГИИ ГЭС

Повышение использования сезонной энергии ГЭС, кроме рассмотренного в диссертации метода совместной работы ГЭС с НАГЭС может быть достигнуто и при совместной работе ГЭС с дублирующей тепловой электростанцией, а также при работе ГЭС на потребителя—регулятора.

Сравнительный анализ этих методов произведен по следующим показателям:

1. Экономически целесообразный предел развития сезонной мощности ГЭС;
2. Степень использования энергии водотока;
3. Средняя народнохозяйственная себестоимость комбинированного квтч обеспеченной энергии.

Результаты расчетов показывают, что наивысший предел развития сезонной мощности ГЭС может быть достигнут при работе ГЭС с НАГЭС, наилучшее использование сезонной энергии водотока может быть достигнуто при работе ГЭС с дублирующей тепловой станцией и наименьшая средняя себестоимость комбинированного квтч. обеспеченной энергии может быть достигнута при работе ГЭС на энергоёмкого потребителя-регулятора. Однако при работе ГЭС на потребителя регулятора снижается рациональный предел развития сезонной мощности ГЭС и резко ухудшается степень использования производственной мощности энергоёмкого предприятия. При работе ГЭС с дублирующей тепловой электростанцией наилучшее использование сезонной энергии водотока достигается при более высокой себестоимости комбинированного квтч обеспеченной энергии за счет снижения степени использования и ухудшения условий экс-

плуатации оборудования тепловых станций. При работе ГЭС с НАГЭС увеличение баланса энергии и повышение обеспеченной мощности системы достигается при сравнительно низкой себестоимости комбинированного квтч обеспеченной энергии за счет более высокого использования сезонной энергии водотока.

\* \* \*

В заключение по работе отмечено, что насосно-аккумулирующие станции с сезонным циклом регулирования обладают крупной энергетической ёмкостью и всеми эксплуатационными преимуществами, свойственными ГЭС в энергетической системе. Поэтому в тех случаях, когда в энергетической системе не имеются ГЭС с хорошими регулирующими способностями, может оказаться вполне рациональным использование НАГЭС с сезонным циклом регулирования в качестве частоторегулирующей станции.

Большой интерес представляет также участие НАГЭС в покрытии пиковой части графика нагрузки системы и возможность использования НАГЭС в качестве горячего аварийного резерва в системе. Для этих целей целесообразно увеличение установленной мощности НАГЭС в режиме разряда до максимального значения мощности установки в режиме заряда. Это не требует больших капитальных затрат, т. к. основные затраты, связанные со зданием станции, с напорными трубопроводами, с гидромеханическим и электротехническим оборудованием, определяются мощностью НАГЭС в режиме заряда.

Такое всестороннее использование насосно-аккумулирующей станции в системе повышает эффективность установки и может послужить одним из рациональных средств повышения эффективности эксплуатации энергетических систем орошаемых районов.

Для установления наиболее выгодного режима работы НАГЭС в системе с учетом вышеизложенного необходимо провести дополнительные исследования.

#### ВЫВОДЫ

1. При комплексном ирригационно-энергетическом использовании водных ресурсов в районах орошаемого земельного участка наличие сезонной мощности водотоков является закономерным.

Наиболее полное использование мощности и энергии этих водотоков в зоне орошения связано с созданием и исполь-



зованием в энергетической системе крупной летней сезонной мощности.

2. Одним из эффективных методов использования сезонной мощности и сезонной энергии ГЭС в энергетических системах при благоприятных природных условиях является применение насосно-аккумулирующих ГЭС.

3. Применение НАГЭС с сезонным циклом регулирования для выравнивания годового графика выработки сезонных ГЭС позволяет значительно увеличить обеспеченную мощность ГЭС в системе за счет более высокого использования сезонной энергии водотока. Предлагаемые в работе технические приемы расчетов выравнивания годового графика выработки ГЭС или каскадов ГЭС при их совместной работе с насосно-аккумулирующей станцией с сезонным циклом регулирования могут быть применены при конкретном проектировании.

4. В работе дается методика определения оптимальных параметров ГЭС при их совместной работе с насосно-аккумулирующей станцией в базисной части графика нагрузки системы. Эта методика дает возможность определить рациональные пределы развития сезонной мощности ГЭС и соответственно степень использования энергии водотока.

5. Энергетическая и экономическая эффективность насосно-аккумулирующей станции существенно повышается при использовании в турбинном режиме естественного водотока или искусственного водосбора в верхний аккумуляторный бассейн. Поэтому при проектировании НАГЭС необходимо использовать все возможные способы увеличения в общей выработке НАГЭС в турбинном режиме доли выработки за счет естественного притока и искусственного водосбора.

6. С точки зрения удешевления строительства НАГЭС представляет большой интерес выявление возможности использования в качестве аккумуляторных бассейнов для НАГЭС естественных водоёмов или водохранилищ, создаваемых для других целей.

Этот вопрос очевидно может быть решён при конкретном проектировании НАГЭС. В частности, предварительный анализ показывает на возможность использования Кайрак-Кумского, Чардарьинского (на реке Сыр-Дарья) и Минг-Тухумского (на реке Чаткал) водохранилищ без ущерба для ирригации и без дополнительного увеличения их объема в качестве нижнего аккумуляторного бассейна соответственно Наукатской, Чардарьинской и Кок-Суской насосно-аккумулирующих станций.