

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ ГЭС С УЧЕТОМ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

ДОКЛАДЧИК:
МАГИСТРАНТ ГР. 0-5KM91
СЕМЕНОВ А.А.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:
ДОЦЕНТ ОЭЭ ИШЭ, К.Т.Н. ВАСИЛЬЕВ А.С.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ ГЭС С УЧЕТОМ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

ЗАДАЧИ:

- Анализ существующих методик водно-энергетических расчетов и фактического резерва мощности ГЭС
- Изучение особенностей ангарского каскада ГЭС, выявление основных водохозяйственных ограничений ГЭС
- Разработка алгоритма расчета резерва мощности ГЭС с учетом водохозяйственных ограничений
- Апробирование алгоритма на математической модели ангарского каскада ГЭС с использованием фактических данных по уровням и расходам воды, на вероятных схемно-режимных и режимно-балансовых ситуациях
- Анализ полученных результатов расчетов

ГЭС АНГАРСКОГО КАСКАДА



Богучанская ГЭС
Контррегулятор
Установленная мощность: 2997 МВт
ОЗ: Красноярское РДУ
ФПУ: 209,5 м
НПУ: 208 м
УМО: 207 м
Полезный объем водохранилища:
2,3 км³

Усть-Илимская ГЭС
Контррегулятор
Установленная мощность: 3840 МВт
ОЗ: Иркутское РДУ
ФПУ: 296,6 м
НПУ: 296 м
УМО: 294,5 м
Полезный объем водохранилища:
2,7 км³

Иркутская ГЭС
Многолетнее регулирование
Установленная мощность: 687,1 МВт
ОЗ: Иркутское РДУ
ФПУ: 457,86 м
НПУ: 457 м
УМО: 455,54 м
Полезный объем водохранилища:
45,8 км³

Братская ГЭС
Многолетнее регулирование
Установленная мощность: 4500 МВт
ОЗ: Иркутское РДУ
ФПУ: 402,5 м
НПУ: 402,08 м
УМО: 392,08 м
Полезный объем водохранилища:
48,4 км³

ИРКУТСКАЯ ГЭС

Период действия ограничения	Параметр	Тип ограничения	Значение
с 01.01 по 30.04	$Q_{нб}$, м ³ /с	<=	2600
с 01.01 по 30.04	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	1300
с 01.05 по 31.10	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	1500
с 01.11 по 31.12	$Q_{нб}$, м ³ /с	<=	2600
с 01.11 по 31.12	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	1300

УСТЬ-ИЛИМСКАЯ ГЭС

Период действия ограничения	Параметр	Тип ограничения	Значение
с 01.01 по 31.01	$Z_{вб}$, м	>=	295,5
с 01.06 по 31.12	$Z_{вб}$, м	>=	295,5
с 01.01 по 31.12	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	2000

БРАТСКАЯ ГЭС

Период действия ограничения	Параметр	Тип ограничения	Значение
с 01.01 по 31.12	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	1000
с 01.01 по 31.12	$P_{ср}$, МВт	>=	850

БОГУЧАНСКАЯ ГЭС

Период действия ограничения	Параметр	Тип ограничения	Значение
с 01.06 по 30.11	$Z_{вб}$, м	>=	207.5
с 01.01 по 30.04	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	2000.0
с 01.05 по 31.10	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	2600.0
с 01.11 по 31.12	$Q_{нб}$, м ³ /с	>=	2000.0

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СВОБОДНЫХ ОБЪЕМОВ И ВРЕМЕНИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗЕРВА ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СВОБОДНОГО ОБЪЁМА

$$W_{св.НПУ} = W_{НПУ} - W_0,$$

или

$$W_{св.ПИБР} = W_{ПИБР} - W_0,$$

где $W_{св.НПУ}$ – свободный объем в сторону НПУ; W_0 – фактический объём на момент расчета;
 $W_{св.ПИБР}$ – свободный объем в сторону ПИБР; $W_{ПИБР}$ – объём по водохозяйственному ограничению.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СОЗДАНИЯ ИЛИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ

$$t_{рез.i} = \frac{W_{св} \cdot 10^9}{\Delta Q_{ср.i} \cdot 86400}$$

где $t_{рез.i}$ – время создания или реализации объёма резерва мощности;
 $\Delta Q_{ср.i}$ – расход, принятый из таблицы расходов.

ТАБЛИЦА ОБРАБОТКИ ОБЪЁМОВ

ГЭС	$Z_{ВБ0}$, м	W_0 , км ³	$Z_{НПУ}$, м	$W_{НПУ}$, км ³	$Z_{огр.ПИБР}$, м	$W_{ПИБР}$, км ³	$W_{св.НПУ}$, км ³	$W_{св.ПИБР}$, км ³

ТАБЛИЦА ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ВРЕМЕН РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЁМОВ В СТОРОНУ НПУ ИЛИ ОГРАНИЧЕНИЙ ПИБР

ГЭС	$t_{рез}$ при Q_1 , сут	$t_{рез}$ при Q_2 , сут	$t_{рез}$ при Q_3 , сут	$t_{рез}$ при Q_4 , сут	$t_{рез}$ при Q_5 , сут	$t_{рез}$ при Q_6 , сут	$t_{рез}$ при Q_7 , сут	$t_{рез}$ при Q_8 , сут

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СВОБОДНЫХ ОБЪЕМОВ И ВРЕМЕНИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗЕРВА ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС

ПРОВЕРКА НА ОГРАНИЧЕНИЕ ПО РАСХОДАМ ВОДЫ

$$\Delta Q_{\text{макс.огр.}}(i) = \min \{ \Delta Q_{\text{ПИВР}}(i), \Delta Q_{\text{ВЭР}}(i), \Delta Q_{\text{МДП}}(i) \}$$

$\Delta Q_{\text{ПИВР}}(i) = Q_{\text{огр.ПИВР}}(i) - Q_{\text{НБ}}(i)$ - дельта расхода относительно ограничения ПИВР

$\Delta Q_{\text{ВЭР}}(i) = Q_{\text{раз.ВЭР}}(i) - Q_{\text{НБ}}(i)$ - дельта расхода относительно разрешенного БВУ расхода в нижний бьеф

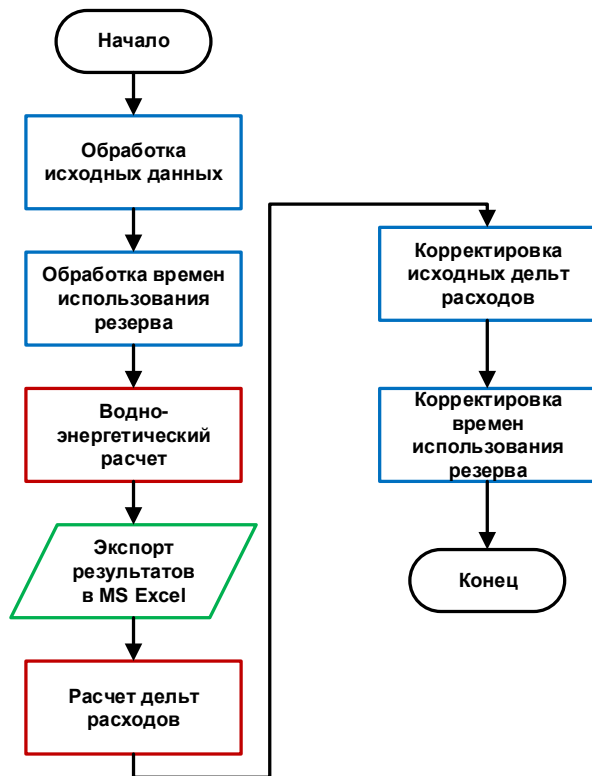
$\Delta Q_{\text{МДП}}(i) = Q_{\text{МДП}}(i) - Q_{\text{НБ}}(i)$ - дельта расхода относительно расхода, соответствующего МДП в схеме выдачи ГЭС

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРЕКТИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТА

$\Delta Q_{\text{ср.}i} \text{ М}^3/\text{с}$	
$\Delta Q_{\text{ср.кор.}i} \text{ М}^3/\text{с}$	
$t_{\text{рез}} \text{ при } \Delta Q_{\text{ср.}i} \text{ сут}$	
$t_{\text{рез}} \text{ при } \Delta Q_{\text{ср.кор.}i} \text{ сут}$	

i - интервал водно-энергетического расчета (часы, сутки); $\Delta Q_{\text{ср.}i}(i)$ - исходный расход;

$\Delta Q_{\text{макс.огр.}}(i)$ - максимальная дельта расхода относительно ограничений; $\Delta Q_{\text{ср.кор.}i}(i)$ - скорректированное значение исходного расхода.



ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Технологический сайт «ORION»

- ПО «ВЭР ГЭС Ангаро-Енисейского каскада»
- ПК «Фактический резерв мощности ГЭС»
- Microsoft Excel

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- База фактических режимов для ПО ВЭР
- Правила использования водных ресурсов
- Положение по управлению режимами

РАСЧЕТ ПО ЗАДАЧЕ КОМПЕНСАЦИИ РАЗГРУЗКИ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

Фактические исходные данные за период: с 01.05.2015 по 31.05.2015

Задача: Оценка возможности компенсации разгрузки Березовской ГРЭС (450 МВт) за счет ГЭС Ангарского каскада в первой декаде месяца в течение 3 дней с сохранением фактических отметок по уровню ВБ Усть-Илимской ГЭС к концу месяца

ТАБЛИЦА ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПЕРИОД РАСЧЕТА

ГЭС	Дата	$Q_{\text{разр. БВУ}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{\text{огр. ПИВР}}, \text{ м}^3/\text{с}$
ИргЭС	01.05 - 03.06	<u>1300</u>	1500
БргЭС	-	-	≥ 1000
УИГЭС	01.05 - 03.06	2100 - <u>2700</u>	≥ 2000
БогЭС	01.05 - 19.05	2500 - <u>2600</u>	≥ 2600
	20.05 - 03.06	2900 - <u>3100</u>	

РАСЧЕТ ПО ЗАДАЧЕ КОМПЕНСАЦИИ РАЗГРУЗКИ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

ТАБЛИЦА ОБРАБОТКИ ОБЪЕМОВ

ГЭС	$Z_{ВБ0}$, м	W_0 , км ³	$Z_{НПУ}$, м	$W_{НПУ}$, км ³	$Z_{огр.ПИВР}$, м	$W_{ПИВР}$, км ³	$W_{св. НПУ}$, км ³	$W_{св.ПИВР}$, км ³
БргЭС	396,12	140,69	402,5	175,2	-	-	34,51	-
УМГЭС	295,08	57,21	296,6	58,93	-	-	1,72	-
БоГЭС	206,99	55,89	209,5	58,22	-	-	2,319	-

ТАБЛИЦА РАСХОДОВ

Q_1 , м ³ /с	Q_2 , м ³ /с	Q_3 , м ³ /с	Q_4 , м ³ /с	Q_5 , м ³ /с	Q_6 , м ³ /с	Q_7 , м ³ /с	Q_8 , м ³ /с
50	100	150	200	250	500	600	700

ТАБЛИЦА ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ВРЕМЕН РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМОВ В СТОРОНУ НПУ ИЛИ ОГРАНИЧЕНИЙ ПИВР

ГЭС	Отметка	$t_{рез}$ при Q_1 , сут	$t_{рез}$ при Q_2 , сут	$t_{рез}$ при Q_3 , сут	$t_{рез}$ при Q_4 , сут	$t_{рез}$ при Q_5 , сут	$t_{рез}$ при Q_6 , сут	$t_{рез}$ при Q_7 , сут	$t_{рез}$ при Q_8 , сут
БргЭС	к НПУ	7988	3994	2663	1997	1598	799	666	571
	к ПИВР	0	0	0	0	0	0	0	0
УИГЭС	к НПУ	398	199	133	100	80	40	33	28
	к ПИВР	0	0	0	0	0	0	0	0
БоГЭС	к НПУ	537	268	179	134	107	54	45	38
	к ПИВР	0	0	0	0	0	0	0	0

РАСЧЕТ ПО ЗАДАЧЕ КОМПЕНСАЦИИ РАЗГРУЗКИ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

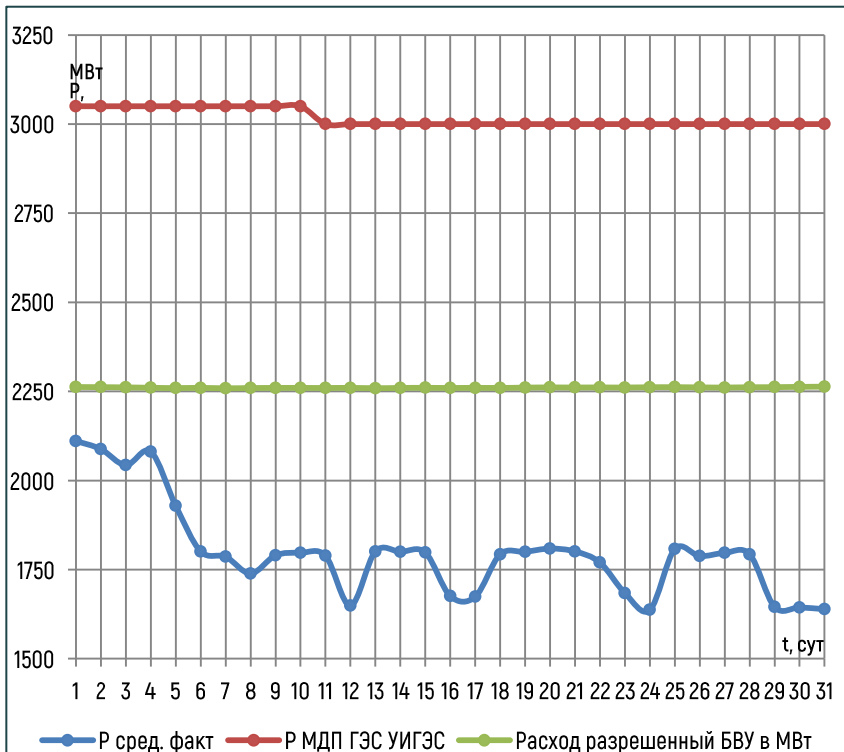


График среднесуточной мощности Усть-Илимской ГЭС

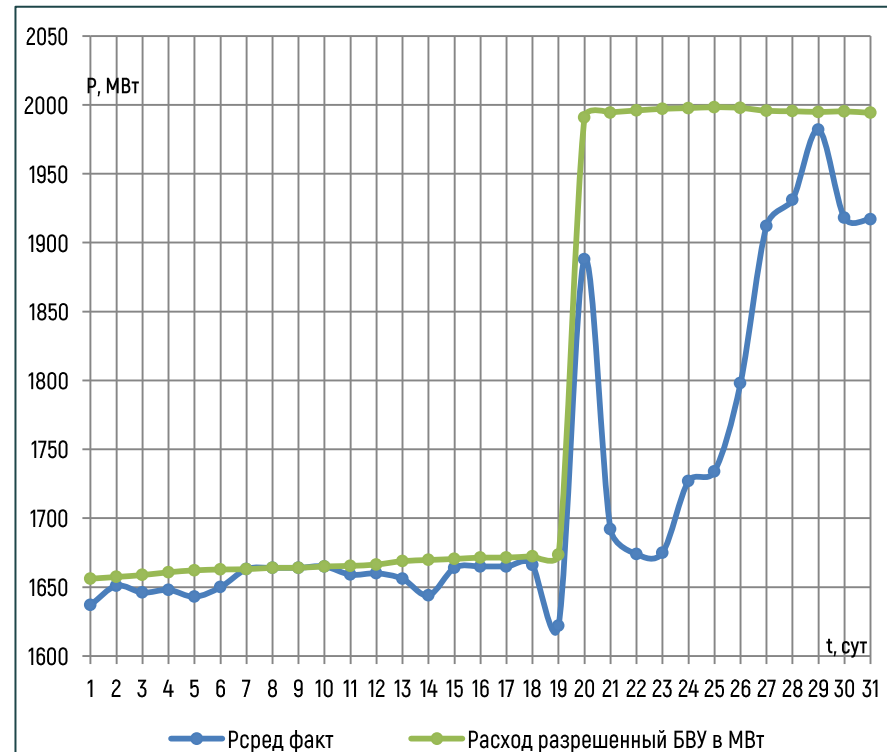


График среднесуточной мощности Богучанской ГЭС

РАСЧЕТ ПО ЗАДАЧЕ КОМПЕНСАЦИИ РАЗГРУЗКИ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

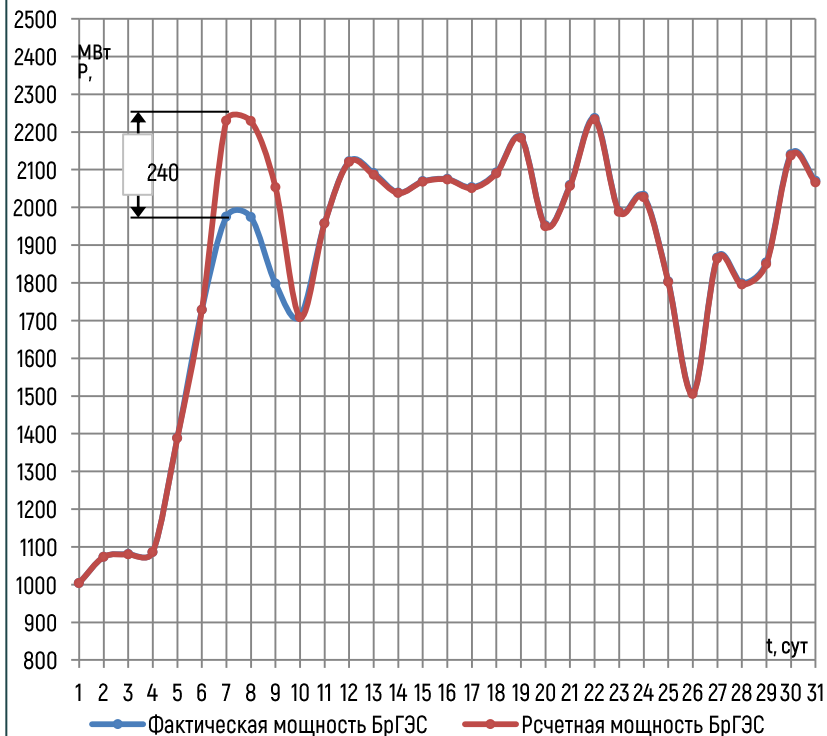


График сравнения фактической и расчетной среднесуточной мощности Братской ГЭС

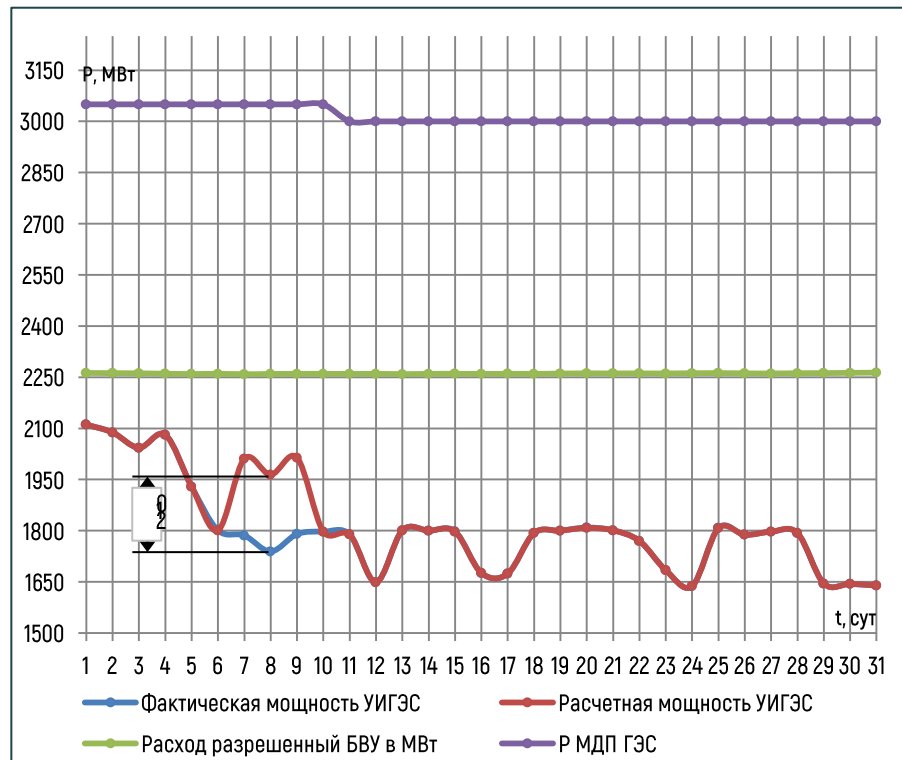


График сравнения фактической и расчетной среднесуточной мощности Усть-Илимской ГЭС

РАСЧЕТ ПО ЗАДАЧЕ КОМПЕНСАЦИИ РАЗГРУЗКИ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

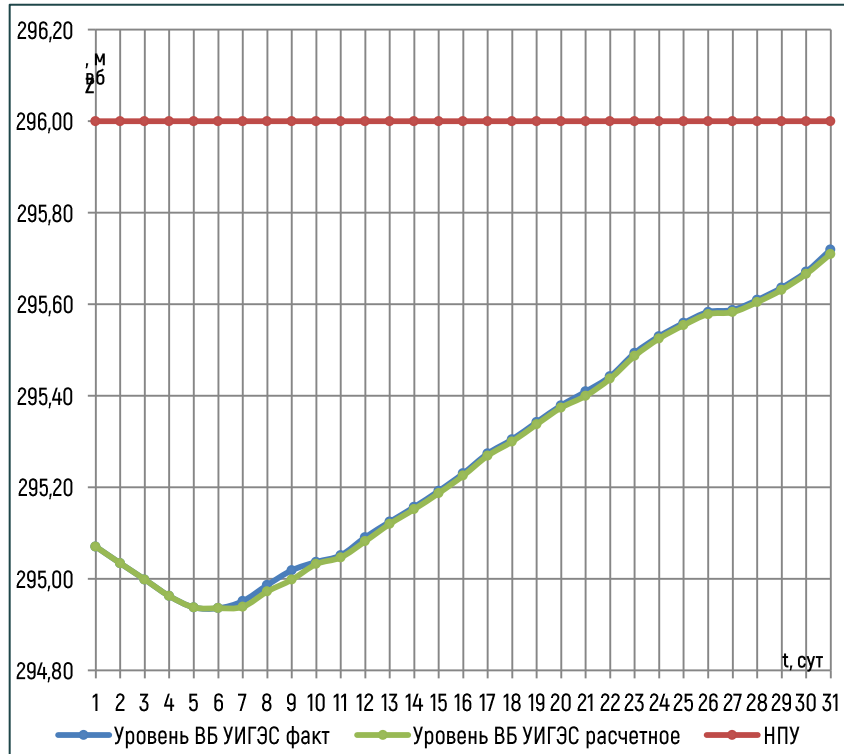


График изменения уровня верхнего бьефа Усть-Илимской ГЭС

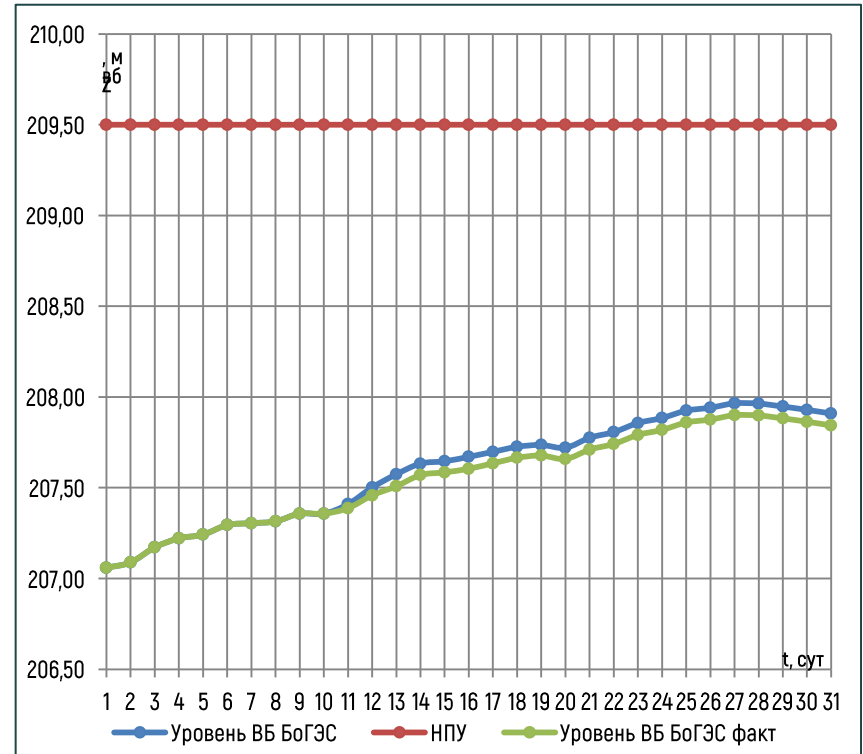


График изменения уровня верхнего бьефа Богучанской ГЭС

- Существующие методики обладают особенностями, которые ограничивают их применение. Так методика водно-энергетического расчета не учитывает сетевые ограничения ГЭС и ограничения по расходам, накладываемые постановлениями Бассейнового водного управления. В свою очередь, методика определения фактического резерва мощности ГЭС не учитывает ограничения Правил использования водных ресурсов и в настоящий момент используется для сбора ретроспективных данных.
- Предложенный алгоритм отличается тем, что позволяет учитывать на заданный горизонт прогнозирования, как сетевые ограничения и ограничения по расходам согласно постановлениям Бассейнового водного управления, так и ограничения, накладываемые Правилами использования водных ресурсов.
- Рассмотренные примеры подтверждают, что разработанный алгоритм применим для решения задачи расчета резерва мощности с учетом водохозяйственных ограничений.
- По результатам расчетов можно заключить, что разработанный алгоритм позволит при планировании режимов ГЭС, за счет оценки свободных объемов водохранилищ каскада относительно ограничений и расчета времен использования этих объемов, оценивать возможные изменения водно-энергетического режима, с целью выработки дополнительной мощности или наоборот разгрузки ГЭС каскада, без выхода за водохозяйственные ограничения ГЭС.



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ДОКЛАДЧИК:
МАГИСТРАНТ ГР. 5АМ9Р
СЕМЕНОВ А.А.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:
ДОЦЕНТ ОЗЭ ИШЭ, К.Т.Н. ВАСИЛЬЕВ А.С.