

DOI:

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВЫРАБАТЫВАЕМОЙ ГЭС АНГАРО-ЕНИСЕЙСКОГО КАСКАДА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНЫХ СЕТЕВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Александровский А.Ю., Волков Д.М., Солдаткин А.Ю.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14

ayaleksand@mail.ru

*Аннотация:* рассмотрена возможность передачи "неиспользуемого" объема выработки электроэнергии многоводного года ГЭС Ангаро-Енисейского каскада в ОЭС Европейской части России, а также определен возможный объем передачи электроэнергии и мощности с учетом пропускной способности межсистемных линий электропередач.

Ключевые слова: Ангаро-Енисейский каскад ГЭС, графики нагрузки районных энергетических систем, балансы мощности энергосистем .

### Введение

В данном исследовании рассмотрена возможность передачи "неиспользуемого" объема выработки электроэнергии многоводного года ГЭС Ангаро-Енисейского каскада (АЕК) в ОЭС Европейской части России, а также определен возможный объем передачи электроэнергии и мощности с учетом пропускной способности межсистемных линий электропередач.

В последнее время достаточно остро встает вопрос использования электроэнергии вырабатываемой ГЭС в переменных условиях водности, что существенно для энергосистем с большим удельным весом электростанций на возобновляемых источниках, водный режим работы которых зависит от требований неэнергетических водопользователей.

Длительный, более 50-летний, период эксплуатации ГЭС выявил существенные изменения требования водопользователей к водному режиму и, следовательно, к существенному изменению водноэнергетических показателей ГЭС. Оценка изменений водноэнергетических показателей ГЭС

выполнена на примере Ангаро-Енисейского каскада ГЭС, период эксплуатации ГЭС которого превышает 50 лет. Водно-энергетические расчеты ГЭС АЕК выполнены с использованием программного комплекса «Каскад» с учетом современных условий эксплуатации водохранилищ ГЭС [1]. Показатели выработки ГЭС Ангаро-Енисейского каскада в зависимости от водности года для обеспеченностей 40 и 10 % представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели ГЭС Сибири для различных вариантов обеспеченности

Наименование ГЭС	P=40 %		P=10%		Базовая мощность, МВт
	Установленная мощность, МВт	Среднесуточная мощность, МВт	Установленная мощность, МВт	Среднесуточная мощность, МВт	
Красноярская ГЭС	6000	2794	6000	5055	1500
Усть-Илимская ГЭС	4320	2256	4400	3761	1000
Братская ГЭС	4500	2567	4320	2616	800
Иркутская ГЭС	660	470	4500	3003	200
Богучанская ГЭС	3000	1851	3000	1964	850
Саяно-Шушенская ГЭС	4400	3508	660	3761	380
Майнская ГЭС	321	233	321	236	0
Новосибирская ГЭС *	490	347	490	347	220
Мамаканская ГЭС*	80	27	80	27	0

\* - используются среднесуточные данные, т.к. ГЭС не принадлежат АЕК

## 1 Исходные данные

Для актуализации данных по графикам нагрузки районных энергетических систем (РЭС) входящих в состав объединенной энергетической системы (ОЭС) Сибири были использованы данные, размещенные в открытом доступе на интернет площадках Системного оператора единой энергетической системы [2] и Администратора торговой системы[3].

Информация, размещенная на сайте Системного оператора, была взята за основу при построении суточных графиков ОЭС Сибири июня 2019 года, на основании которых были выбраны дни с наиболее репрезентативной формой графика нагрузки для рабочего дня. Полученная форма графика нагрузки была выражена в относительных единицах и использовалась для построения перспективных графиков нагрузки ОЭС (Рисунок 1)

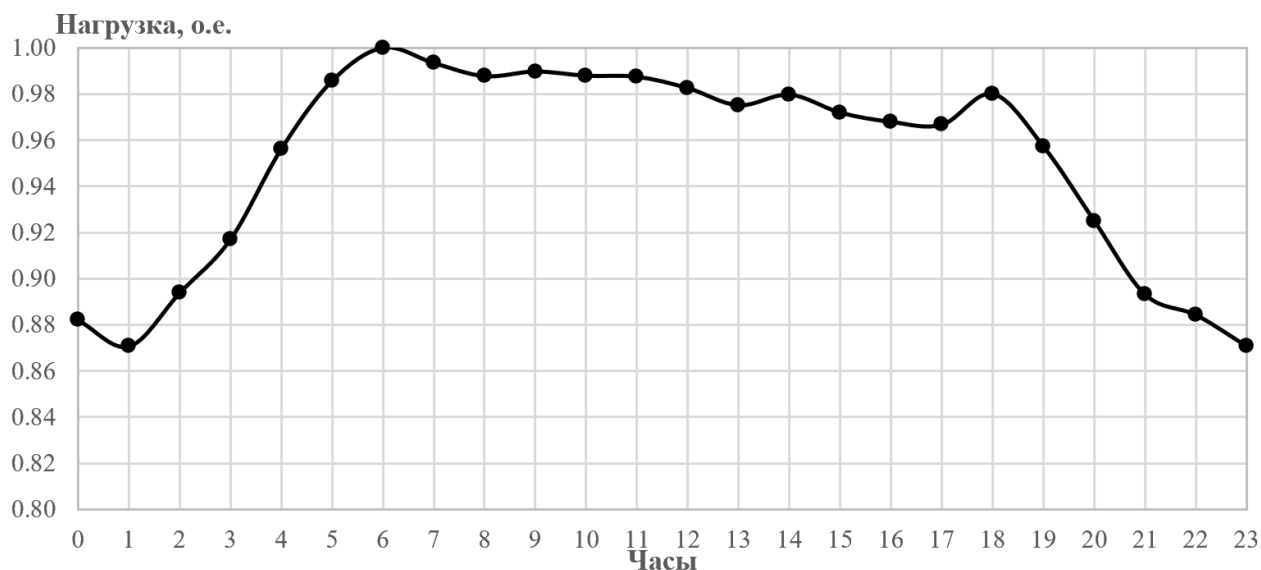


Рисунок 1 - Графики нагрузки ОЭС Сибири для рабочего дня (июнь)<sup>1</sup>

Для построения суточных графиков нагрузки районных энергосистем были использованы данные с сайта администратора торговой системы (Отчёты о торгах по субъектам РФ ЕЭС), субъекты РФ объединены в РЭС, в соответствии с текущим распределением по данным системного оператора единой энергетической системы (Таблица 2).

Таблица 2 - Распределение субъектов РФ по региональным энергосистемам ОЭС Сибири

Региональная энергетическая система	Субъект Российской Федерации
Алтайская РЭС	Алтайский край
	Республика Алтай
Бурятская РЭС	Республика Бурятия
Иркутская РЭС	Иркутская область
Красноярская РЭС	Красноярский край
	Республика Тыва
Кузбасская РЭС	Кемеровская область
Новосибирская РЭС	Новосибирская область
Омская РЭС	Омская область
Томская РЭС	Томская область
Хакасская РЭС	Республика Хакассия
Читинская РЭС	Забайкальский край

<sup>1</sup> Здесь и далее - время московское

Для каждого из субъектов РФ были собраны данные по суточным графикам нагрузки для дат, принятых репрезентативными по результатам построения графиков ОЭС Сибири. По результатам группировки субъектов в РЭС были построены характерные суточные графики нагрузки для рабочих дней (Рисунок 2), использованные впоследствии для построения перспективных графиков нагрузки.

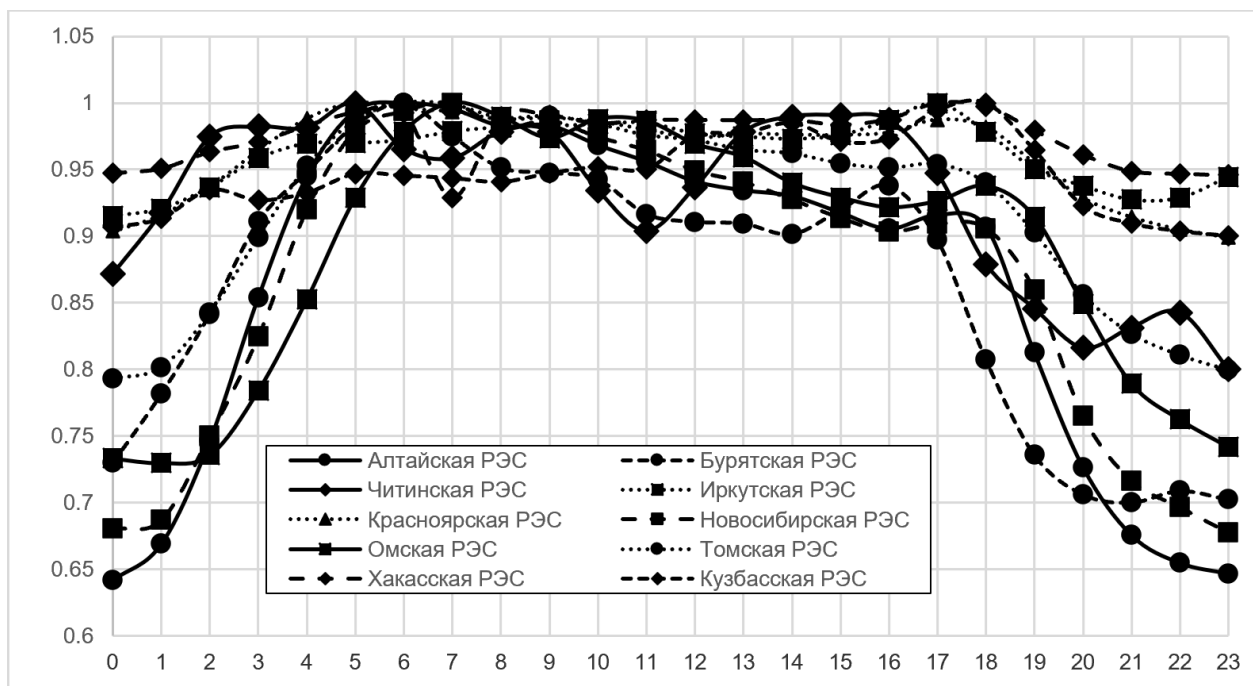


Рисунок 2 - Графики нагрузки районных энергетических систем в составе ОЭС Сибири для рабочего дня (июнь)

Исходя из анализа данных о расположении основных источников генерации и данных о перетоках электрической энергии внутри и вне ОЭС Сибири была сформирована упрощенная схема ОЭС Сибири (Рисунок 3), позволяющая схематически указать основные субъекты взаимодействия и сечения по которым осуществляются основные перетоки электроэнергии.

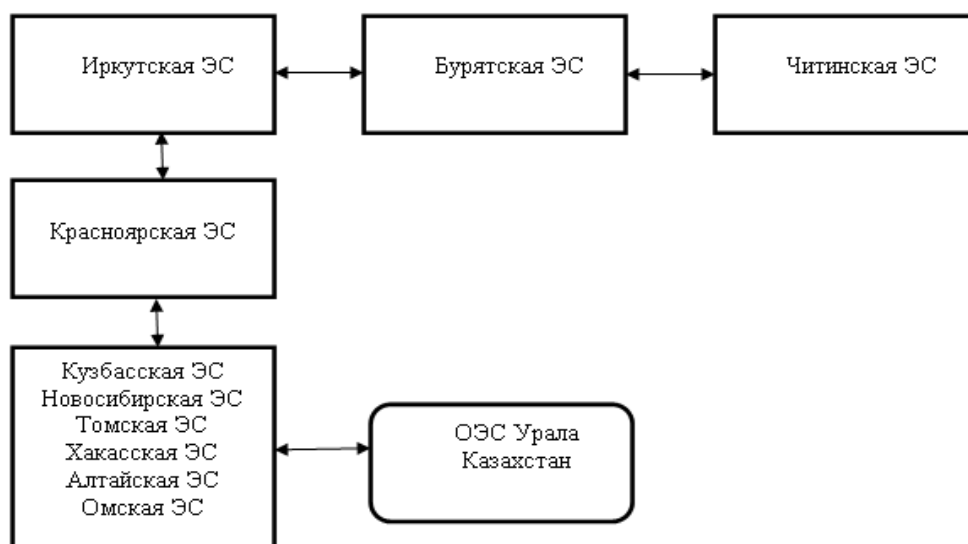


Рисунок 2 - Упрощенная схема ОЭС Сибири

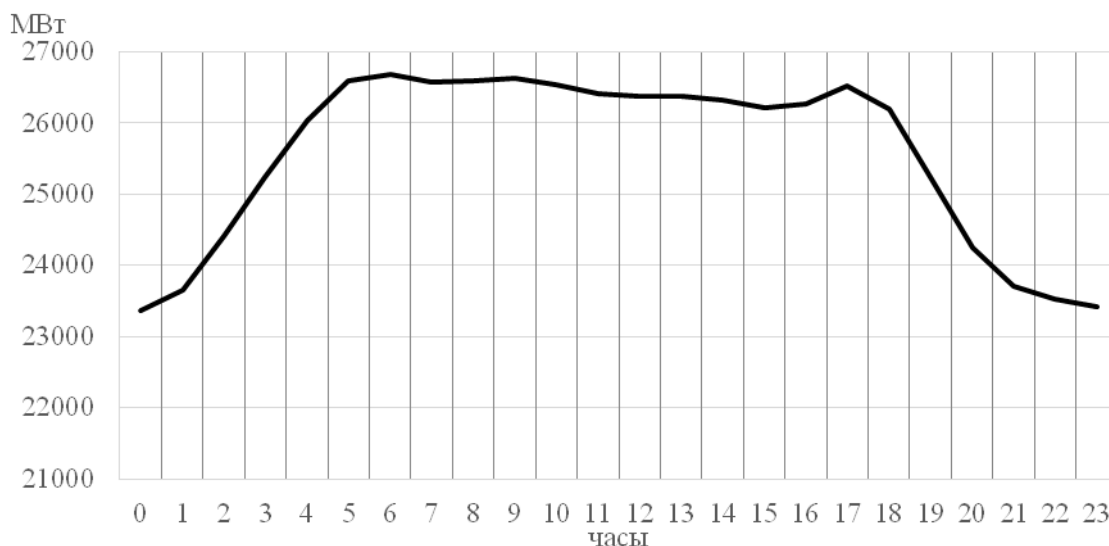
Для вновь выделенных сегментов упрощенной схемы ОЭС Сибири, на базе располагаемой информации по электропотреблению субъектов были сформированы и оцифрованы суточные графики нагрузки.

## 2 Результаты работы

На основании полученных отчетных графиков для территориальных энергосистем и актуальной Схемы и программы развития ОЭС и ЕЭС России (далее – СИПР) [4] получим перспективные графики на конец расчётного – 2025 год.

Согласно СИПР, максимальная нагрузка ОЭС Сибири в 2025 году составляет 33881 МВт. Учитывая отчетную динамику и внутригодовое распределение потребности в мощности и электроэнергии, максимальная нагрузка рабочего дня июня может быть спрогнозирована на уровне 26675 МВт.

Таким образом, суточный график электрической нагрузки на расчетный рабочий день июня 2025 года примет вид, показанный на рисунке 4.



*Рисунок 4 – Суточный график электрической нагрузки ОЭС Сибири расчетного рабочего дня июня*

На основании этого графика, а также отчетного участия территориальных систем в максимуме электрической нагрузки ОЭС Сибири, получим суточные графики территориальных энергосистем (табл. 3).

Таблица 3 - Суточные графики электрической нагрузки ОЭС Сибири и районных энергосистем расчетного рабочего дня июня 2025, МВт

	ОЭС Сибири	Алтайская ЭС	Бурятская ЭС	Читинская ЭС	Иркутская ЭС	Красноярская ЭС	Кузбасская ЭС	Новосибирская ЭС	Омская ЭС	Томская ЭС	Хакасская ЭС
0	23367,3	1043,0	589,3	886,2	6313,6	5465,5	3535,9	1685,4	1165,9	904,1	1778,5
1	23660,7	1122,0	640,9	932,4	6364,7	5428,0	3541,5	1752,7	1181,7	923,9	1772,9
2	24407,6	1214,5	697,3	984,7	6564,1	5540,7	3622,4	1812,4	1206,6	966,6	1798,4
3	25234,6	1377,9	727,5	1014,2	6637,3	5665,4	3695,8	2012,2	1274,4	1025,9	1803,9
4	26034,8	1487,9	778,7	1050,0	6784,3	5761,9	3713,9	2200,8	1365,2	1075,8	1816,4
5	26595,0	1558,2	795,0	1069,0	6800,0	5807,1	3810,1	2364,5	1449,2	1112,3	1829,6
6	26675,0	1568,0	795,0	1068,1	6787,9	5813,0	3812,1	2412,5	1472,7	1120,0	1825,7
7	26568,3	1560,7	787,7	1063,0	6731,2	5785,9	3784,0	2436,7	1486,3	1116,5	1816,3
8	26595,0	1554,1	784,1	1057,4	6735,5	5781,7	3798,0	2450,0	1499,0	1112,4	1822,8
9	26621,7	1556,0	782,0	1054,1	6764,0	5783,9	3805,0	2441,4	1494,7	1113,6	1826,9
10	26541,6	1552,5	779,6	1042,8	6727,2	5770,5	3801,4	2435,7	1496,1	1111,8	1824,1
11	26408,3	1531,8	775,7	1037,7	6685,8	5758,2	3795,0	2418,3	1487,2	1100,4	1818,2
12	26381,6	1520,6	775,0	1034,5	6681,8	5746,7	3806,5	2408,9	1490,6	1096,7	1820,4
13	26381,6	1520,3	776,1	1041,7	6692,4	5741,1	3823,5	2395,0	1480,7	1093,8	1817,1
14	26328,2	1519,9	768,4	1038,7	6677,0	5753,5	3821,5	2376,3	1467,6	1090,0	1815,2
15	26221,5	1509,0	753,7	1043,7	6665,4	5736,1	3810,1	2356,2	1453,4	1087,1	1806,8
16	26274,9	1498,7	781,8	1061,0	6724,5	5708,2	3768,0	2367,4	1466,5	1087,9	1810,8
17	26515,0	1534,2	790,8	1056,1	6757,2	5763,2	3833,4	2386,5	1468,1	1100,8	1824,6
18	26194,9	1492,6	742,3	970,7	6679,1	5760,2	3869,0	2331,9	1431,2	1075,9	1842,0
19	25234,6	1388,2	606,6	875,5	6380,9	5671,8	3809,9	2282,3	1385,0	1022,6	1811,9
20	24247,6	1193,7	583,5	831,0	6316,4	5461,6	3667,2	2069,9	1360,9	974,5	1789,0
21	23714,1	1123,0	570,6	875,7	6275,5	5442,0	3551,5	1890,1	1276,0	940,8	1768,8
22	23527,4	1090,8	585,7	867,7	6312,6	5456,3	3522,8	1775,5	1213,5	929,0	1773,4
23	23420,7	1083,3	597,6	881,7	6274,0	5455,9	3505,9	1758,0	1193,3	914,4	1756,5

Используя данные о перспективных графиках и водностях года, а так же данные о вводах мощностей ТЭС из СИПР и правила работы торговой системы [5], составим балансы мощности территориальных энергосистем ОЭС Сибири на рабочий день июня с указанием зон покрытия от ГЭС, прочих электростанций и зон, снабжаемых за счет экспортно-импортных операций. При этом, в качестве мощности ТЭС используются данные о техническом минимуме ТЭС, а не вся мощность ТЭС, с которой они могут работать в выбранный период. В табличном виде полученные балансы представлены в таблице 4. Следует отметить, что в колонке «Непокрытая часть/ Избыток» в случае отрицательного значения представлены объемы мощности, необходимые для покрытия нагрузки в конкретный час, а в случае положительного значения – объем энергии, который не участвует в балансе мощности и энергии и может быть использован как в данный час, так и перераспределен на другие часы суток.

Для обеспеченности 40 % на перспективу 2025 года графики нагрузки июня не могут быть полностью покрыты только за счет использования ГЭС и ТЭС на уровне технического минимума. При таком использовании электростанций среднечасовой дефицит составляет порядка 4000 МВт, однако запас мощности на ТЭС (разница между техническим минимумом и техническим максимумом) выше и составляет порядка 5000 МВт.

Для обеспеченности 10 % - картина совершенно иная. Покрытие графиков за счет использования ГЭС и ТЭС на уровне технического минимума избыточно и суточный избыток энергии составляет 57000 МВт.ч или порядка 2400 МВт среднесуточной мощности.

Далее будем рассматривать данные для обеспеченности 10 %. Объединим графики с учетом выбранной упрощенной схемы энергосистемы и представим баланс для часа максимума ОЭС Сибири – 6 часов московского времени. Основываясь на данных о перетоках между энергосистемами, представленных на сайте АО АТС в рамках «Отчета о перетоках электроэнергии по контролируемым сечениям ЕЭС, в том числе по сечениям экспортно–импортных операций», составим схему с учетом потокораспределения на час максимума ОЭС (рисунок 5). Из полученной схемы видны величины передаваемой мощности, в том числе избыточная мощность, которая передается в смежные энергосистемы (ОЭС Урала и ЭС Казахстана).

Таким образом, в час максимума ОЭС Сибири в смежные энергосистемы для передачи в Европейскую часть ЕЭС РФ может быть передано 1 686,7 МВт.

Таблица 4 – Балансы мощности территориальных энергосистем ОЭС Сибири при обеспеченности стока ГЭС АЕК - 10 %, МВт

Час	ЭС Республики Алтай и Алтайского края				ЭС Республики Бурятия				ЭС Забайкальского края				ЭС Иркутской области			
	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч
0	0	294,0	0	-749,0	0	445,6	0	-143,7	0	613,8	0	-272,4	2000	545,4	3768,2	3355,2
1	0	294,0	0	-828,0	0	445,6	0	-195,3	0	613,8	0	-318,6	2000	545,4	3819,3	3355,2
2	0	294,0	0	-920,5	0	445,6	0	-251,7	0	613,8	0	-370,9	2000	545,4	4018,7	3355,2
3	0	294,0	0	-1083,9	0	445,6	0	-281,9	0	613,8	0	-400,4	2000	545,4	4091,9	3355,2
4	0	297,0	0	-1190,9	0	445,6	0	-333,1	0	613,8	0	-436,2	2000	545,4	4238,9	3355,2
5	0	302,0	0	-1256,2	0	445,6	0	-349,4	0	613,8	0	-455,2	2000	545,4	4254,6	3355,2
6	0	302,0	0	-1266,0	0	445,6	0	-349,4	0	613,8	0	-454,3	2000	545,4	4242,5	3355,2
7	0	302,0	0	-1258,7	0	445,6	0	-342,1	0	613,8	0	-449,2	2000	545,4	4185,8	3355,2
8	0	294,5	0	-1259,6	0	445,6	0	-338,5	0	613,8	0	-443,6	2000	545,4	4190,1	3355,2
9	0	294,0	0	-1262,0	0	445,6	0	-336,4	0	613,8	0	-440,3	2000	545,4	4218,6	3355,2
10	0	294,0	0	-1258,5	0	445,6	0	-334,0	0	613,8	0	-429,0	2000	545,4	4181,8	3355,2
11	0	294,0	0	-1237,8	0	445,6	0	-330,1	0	613,8	0	-423,9	2000	545,4	4140,4	3355,2
12	0	297,0	0	-1223,6	0	445,6	0	-329,4	0	613,8	0	-420,7	2000	545,4	4136,4	3355,2
13	0	302,0	0	-1218,3	0	445,6	0	-330,5	0	613,8	0	-427,9	2000	545,4	4147,0	3355,2
14	0	302,0	0	-1217,9	0	445,6	0	-322,8	0	613,8	0	-424,9	2000	545,4	4131,6	3355,2
15	0	302,0	0	-1207,0	0	445,6	0	-308,1	0	613,8	0	-429,9	2000	545,4	4120,0	3355,2
16	0	302,0	0	-1196,7	0	445,6	0	-336,2	0	613,8	0	-447,2	2000	545,4	4179,1	3355,2
17	0	294,0	0	-1240,2	0	445,6	0	-345,2	0	613,8	0	-442,3	2000	545,4	4211,8	3355,2
18	0	294,0	0	-1198,6	0	445,6	0	-296,7	0	613,8	0	-356,9	2000	545,4	4133,7	3355,2
19	0	294,0	0	-1094,2	0	445,6	0	-161,0	0	613,8	0	-261,7	2000	545,4	3835,5	3355,2
20	0	294,0	0	-899,7	0	445,6	0	-137,9	0	613,8	0	-217,2	2000	545,4	3771,0	3355,2
21	0	294,0	0	-829,0	0	445,6	0	-125,0	0	613,8	0	-261,9	2000	545,4	3730,1	3355,2
22	0	294,0	0	-796,8	0	445,6	0	-140,1	0	613,8	0	-253,9	2000	545,4	3767,2	3355,2
23	0	294,0	0	-789,3	0	445,6	0	-152,0	0	613,8	0	-267,9	2000	545,4	3728,6	3355,2

Таблица 4- продолжение

Час	ЭС Красноярского края и Республики Тыва				ЭС Кемеровской области				ЭС Новосибирской области				ЭС Омской области			
	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч
0	1500	1517,3	2448,2	931,8	0	1688,8	0	-1847,1	220	652,0	0	-813,4	0	255,2	0	-910,7
1	1500	1521,3	2406,7	931,8	0	1688,8	0	-1852,7	220	652,0	0	-880,7	0	255,2	0	-926,5
2	1500	1525,3	2515,4	931,8	0	1698,8	0	-1923,6	220	652,0	0	-940,4	0	255,2	0	-951,4
3	1500	1529,3	2636,1	931,8	0	1698,8	0	-1997,0	220	652,0	0	-1140,2	0	255,2	0	-1019,2
4	1500	1533,3	2728,6	931,8	0	1708,8	0	-2005,1	220	652,0	11,8	-1317,0	0	255,2	0	-1110,0
5	1500	1537,3	2769,8	931,8	0	1718,8	0	-2091,3	220	652,0	175,5	-1317,0	0	255,2	0	-1194,0
6	1500	1537,3	2775,7	931,8	0	1728,8	0	-2083,3	220	652,0	223,5	-1317,0	0	255,2	0	-1217,5
7	1500	1537,3	2748,6	931,8	0	1738,8	0	-2045,2	220	652,0	247,7	-1317,0	0	255,2	0	-1231,1
8	1500	1537,3	2744,4	931,8	0	1744,3	0	-2053,7	220	652,0	261	-1317,0	0	255,2	0	-1243,8
9	1500	1537,3	2746,6	931,8	0	1744,3	0	-2060,7	220	652,0	252,4	-1317,0	0	255,2	0	-1239,5
10	1500	1537,3	2733,2	931,8	0	1744,3	0	-2057,1	220	652,0	246,7	-1317,0	0	255,2	0	-1240,9
11	1500	1537,3	2720,9	931,8	0	1744,3	0	-2050,7	220	652,0	229,3	-1317,0	0	255,2	0	-1232,0
12	1500	1537,3	2709,4	931,8	0	1744,3	0	-2062,2	220	652,0	219,9	-1317,0	0	255,2	0	-1235,4
13	1500	1537,3	2703,8	931,8	0	1818,8	0	-2004,7	220	652,0	206	-1317,0	0	255,2	0	-1225,5
14	1500	1537,3	2716,2	931,8	0	1818,8	0	-2002,7	220	652,0	187,3	-1317,0	0	255,2	0	-1212,4
15	1500	1537,3	2698,8	931,8	0	1818,8	0	-1991,3	220	652,0	167,2	-1317,0	0	255,2	0	-1198,2
16	1500	1537,3	2670,9	931,8	0	1818,8	0	-1949,2	220	652,0	178,4	-1317,0	0	255,2	0	-1211,3
17	1500	1537,3	2725,9	931,8	0	1818,8	0	-2014,6	220	652,0	197,5	-1317,0	0	255,2	0	-1212,9
18	1500	1537,3	2722,9	931,8	0	1818,8	0	-2050,2	220	652,0	142,9	-1317,0	0	255,2	0	-1176,0
19	1500	1590,5	2581,3	931,8	0	1818,8	0	-1991,1	220	652,0	93,3	-1317,0	0	255,2	0	-1129,8
20	1500	1590,5	2371,1	931,8	0	1818,8	0	-1848,4	220	652,0	0	-1197,9	0	255,2	0	-1105,7
21	1500	1590,5	2351,5	931,8	0	1818,8	0	-1732,7	220	652,0	0	-1018,1	0	255,2	0	-1020,8
22	1500	1590,5	2365,8	931,8	0	1818,8	0	-1704,0	220	652,0	0	-903,5	0	255,2	0	-958,3
23	1500	1590,5	2365,4	931,8	0	1818,8	0	-1687,1	220	652,0	0	-886,0	0	255,2	0	-938,1



Таблица 4 - окончание

Час	ЭС Томской области				ЭС Республики Хакасия			
	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч	База ГЭС	ТЭС	Пик ГЭС	Непокрытая часть/ Избыток. МВт.ч
0	0	201,2	0	-702,9	1230	27	521,5	5030,9
1	0	201,2	0	-722,7	1230	27	515,9	5030,9
2	0	209,2	0	-757,4	1230	27	541,4	5030,9
3	0	209,2	0	-816,7	1230	27	546,9	5030,9
4	0	209,2	0	-866,6	1230	27	559,4	5030,9
5	0	176,2	0	-936,1	1230	27	572,6	5030,9
6	0	176,2	0	-943,8	1230	27	568,7	5030,9
7	0	176,2	0	-940,3	1230	27	559,3	5030,9
8	0	176,2	0	-936,2	1230	27	565,8	5030,9
9	0	176,2	0	-937,4	1230	27	569,9	5030,9
10	0	176,2	0	-935,6	1230	27	567,1	5030,9
11	0	176,2	0	-924,2	1230	27	561,2	5030,9
12	0	176,2	0	-920,5	1230	27	563,4	5030,9
13	0	176,2	0	-917,6	1230	27	560,1	5030,9
14	0	176,2	0	-913,8	1230	27	558,2	5030,9
15	0	176,2	0	-910,9	1230	27	549,8	5030,9
16	0	180,7	0	-907,2	1230	27	553,8	5030,9
17	0	180,7	0	-920,1	1230	27	567,6	5030,9
18	0	180,7	0	-895,2	1230	27	585,0	5030,9
19	0	180,7	0	-841,9	1230	27	554,9	5030,9
20	0	180,7	0	-793,8	1230	27	532,0	5030,9
21	0	180,7	0	-760,1	1230	27	511,8	5030,9
22	0	180,7	0	-748,3	1230	27	516,4	5030,9
23	0	180,7	0	-733,7	1230	27	499,5	5030,9

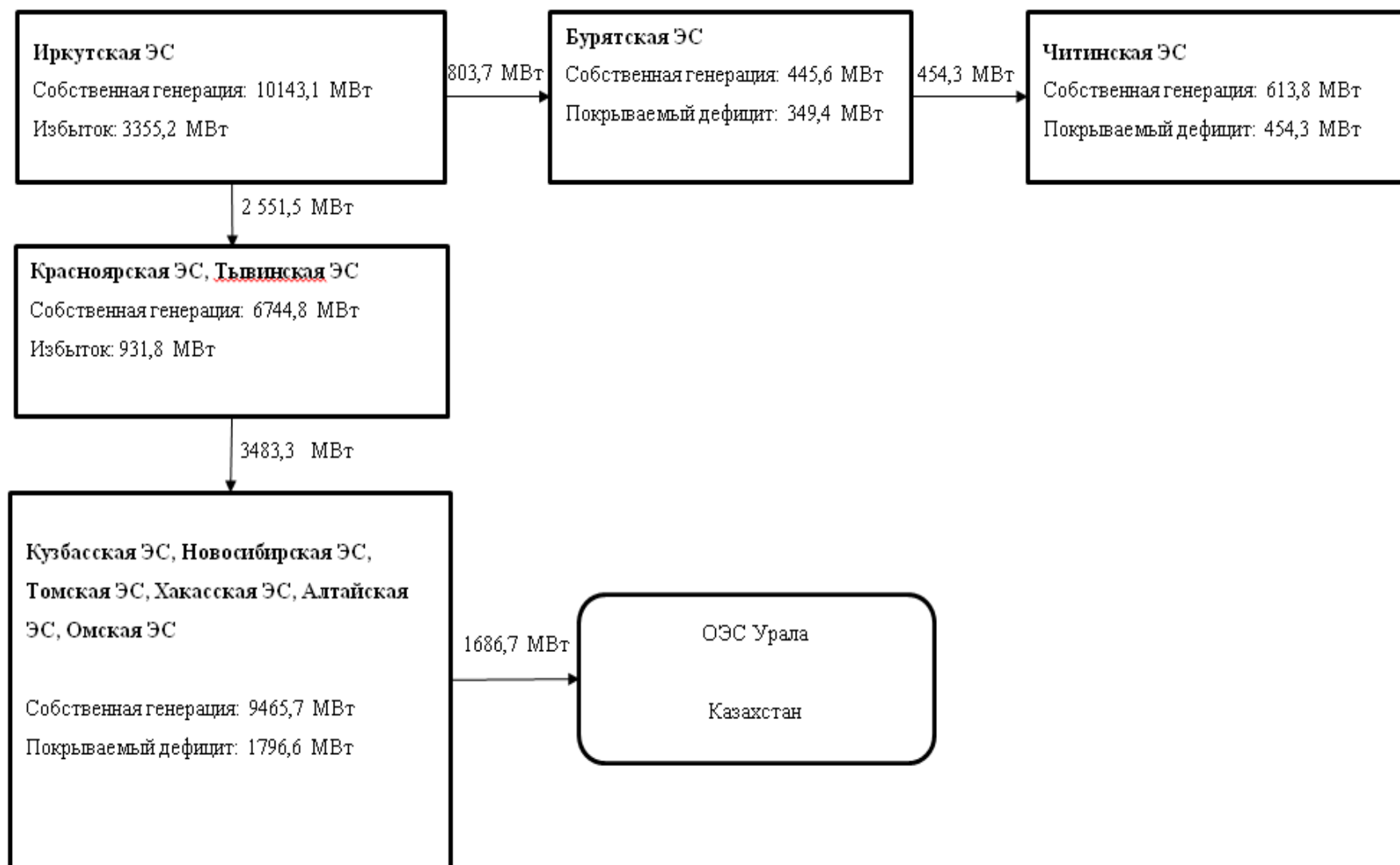


Рисунок 3 - Упрощенная схема потокораспределения ОЭС Сибири на 6 часов расчетного рабочего дня июня 2025 года

## Выводы

1. В перспективных условиях на 2025 год с показателями энергосистем, рассчитанных в актуальном СИПР при обеспеченности водного стока ГЭС АЕК 10 % и работе ТЭС на уровне технического минимума ОЭС Сибири избыточна на 57600 МВт.ч.
2. В час максимума ОЭС Сибири избыточная мощность составит 1870 МВт.
3. Эта энергия может быть в полном объеме передана в европейскую часть России через Казахстан и ОЭС Урала.
4. Переданная мощность может быть использована в европейской части ЕЭС России, например, для компенсации работы ГЭС Волжско-Камского каскада в маловодные периоды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда РФ (грант 18-19-00662)

## Литература

1. Александровский А.Ю., Силаев Б.И., Пугачев Р.В., Якушов А.Н. Программный комплекс для проведения водохозяйственных и водноэнергетических расчетов каскадов ГЭС «Каскад» // Гидротехническое строительство. 2013. №6. С. 9-11
2. Отчет по часовой генерации и потреблении ОЭС Сибири - АО «СО ЕЭС» - Режим доступа: <http://www.so-eps.ru/>
3. Отчеты о работе рынка ЕЭС России на сайте- АО «АТС» - <https://www.atsenergo.ru/>
4. Схема и программа развития Единой энергетической системы России на 2019-2025 гг. - Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/14828>
5. Договор о присоединении к торговой системе оптового рынка - Ассоциация «НП Совет рынка» - Режим доступа: <https://www.np-sr.ru/ru/regulation/joining/index.htm> – (Дата обращения: 19.05.2020)