

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ, И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ

Саидов К.А.

Международный университет инновационных технологий, институт энергетики и транспорта, магистрант, kanatsaidovvv@gmail.com

Аннотация. Ознакомление положением о сущности потерь электроэнергии в целом и о потерях электроэнергии в электрических сетях Кыргызской Республики. Проблема расчета потерь электроэнергии уже очень долго волнует энергетиков. В связи с этим, по данной теме в настоящее время выпускается очень мало книг. В связи со сложностью расчета потерь и наличием существенных погрешностей, в последнее время особое внимание уделяется разработке методик нормирования потерь электроэнергии. Поэтому тема «анализ потерь электроэнергии в распределительных сетях, и разработка мероприятий по их снижению» является актуальной.

Ключевые слова. энергоэффективность, электрические сети, виды потери электроэнергии

ANALYSIS OF LOSS OF ELECTRICITY IN ELECTRIC NETWORKS, AND DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE THEM

Saidov K. U.

graduate student, INUIT, Bishkek, st. Ankara 1/17, kanatsaidovvv@gmail.com

Annotation. Familiarization with the regulation on the nature of electricity losses in general and on electricity losses in the electric networks of the Kyrgyz Republic. The problem of calculating electricity losses has been worrying power engineers for a very long time. In this regard, very few books are currently being published on this topic. Due to the complexity of calculating losses and the presence of significant errors, lately, special attention has been paid to the development of methods for normalizing electricity losses. Therefore, the topic “analysis of electricity losses in distribution networks, and the development of measures to reduce them” is relevant.

Keywords. energy efficiency, electric networks, types of electricity loss

В настоящее время актуальными являются вопросы экономичности работы электрических сетей. Это связано с потерь электроэнергии в электрических сетях, который является одним из важнейших показателей эффективности работы электросетевых компаний.

При передаче электрической энергии в каждом элементе электрической сети возникает потери. Уровень потерь электроэнергии в электрических сетях, в нашей стране существенно превышает соответствующий уровень. Возникает очень серьезная проблема энергосбережения, которую необходимо решать как можно быстрее и эффективнее. Стоимость потерь – это часть затрат на передачу и распределение электроэнергии по электрическим сетям. Чем больше потери, тем выше эти затраты и, соответственно, тарифы на электроэнергию для конечных потребителей. Потери, обусловленные неоптимальными режимами работы электрической сети, погрешностями системы учета электроэнергии, недостатками в энергосбытовой деятельности, являются прямыми убытками энергоснабжающих организаций и, безусловно, должны снижаться. И поскольку потери электроэнергии в электрических

сетях неизбежны, то становится актуальной задача их снижения до рационального или экономически обоснованного уровня.

Проблема расчета потерь электроэнергии уже очень долго волнует энергетиков. В связи с этим, по данной теме в настоящее время выпускается очень мало книг. В связи со сложностью расчета потерь и наличием существенных погрешностей, в последнее время особое внимание уделяется разработке методик нормирования потерь электроэнергии. Поэтому тема «анализ потерь электроэнергии в распределительных сетях, и разработка мероприятий по их снижению» является актуальной.

Увеличение потерь электроэнергии в электрических сетях сверх рационального уровня – это прямые финансовые убытки электросетевых компаний. Сэкономленные средства от снижения потерь можно было бы направить на реконструкцию и совершенствование электрических сетей, повышение надежности и качества электроснабжения потребителей, уменьшение тарифов на электроэнергию.

Величина потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям – основной показатель их энергетической эффективности, характеризующий состояние системы учета электроэнергии и организацию оперативного, эксплуатационного и ремонтного обслуживания основного оборудования. В связи с развитием экономики постоянно увеличиваются объемы потребляемой энергии. Соответственно, наращиваются объемы генерируемых мощностей, но при этом увеличиваются и потери активной мощности в распределительных сетях. Удовлетворительной считается величина потерь на уровне 4-5%, максимально допустимые потери определены на уровне 10%. Но фактическая величина потерь в распределительных сетях Республики Кыргызстан в настоящее время существенно превышает даже максимально допустимые значения.

Транспортировка любого товара от мест производства до мест продажи, а затем до мест использования требует затрат каких-либо ресурсов, которые, расходуясь, совершают полезную работу. Например, транспортировка товаров железнодорожным транспортом требует затрат электроэнергии, доставка автотранспортом — затрат бензина и т.д. Электроэнергия же является таким уникальным товаром, для транспортировки которого от электростанций (мест производства) до потребителей по электрическим сетям другие ресурсы не используются, а затрачивается часть самой транспортируемой электроэнергии.

При транспортировке товаров автотранспортом говорят «на доставку товара расход бензина составил столько-то литров». Однако при транспортировке электроэнергии по электрическим сетям говорят «потери электроэнергии составили столько-то киловатт-часов». Получается, что терминология затрат на выполнение одной и той же работы (транспортировки товара) различна, поэтому использование термина «потери электроэнергии» не совсем удачно и вызывает у неспециалистов ассоциации с потерей товара при его транспортировке, т.е. с плохо организованным процессом транспорта электроэнергии. В связи с этим целесообразнее вместо термина «потери электроэнергии» использовать термин «технологический расход электроэнергии на ее транспорт по электрическим сетям». Но в объем технологического расхода ресурса на доставку товара вряд ли целесообразно включать хищения ресурса (например, хищения бензина из бензобака); его нерациональный расход (например, автомашина едет по нерациональному пути, что приводит к увеличению расхода бензина) или его неверный учет за счет большой погрешности измерений (например, фактически машина заправлена 80 л бензина, а счетчик

показывает 100 л). К этим составляющим технологического расхода как раз больше подходит термин «потери ресурса»

Расходы на доставку товара включаются в его цену, а значит, регламентируются и законодательством в сфере экономической деятельности. Так, гл. 25 Налогового кодекса РФ, посвященная налогу на прибыль организаций и регулирующая понятия доходов и расходов организаций, оперирует в текстах статей то термином «расход», то термином «потери». Кроме того, в сфере электроэнергетики термин «потери электроэнергии», как и термины «потери мощности», «потери напряжения», прижился очень давно, поэтому, используя в дальнейшем термин «потери электроэнергии», необходимо осознавать, что не весь объем этих потерь является по своей физической природе потерями, а является ресурсом для выполнения работы по транспорту электроэнергии по электрическим сетям от электростанций к потребителям.

Среди потерь электроэнергии целесообразно выделить четыре составляющие:

1) *Технические потери электроэнергии*, обусловленные потерями холостого хода в трансформаторах, токами утечки через изоляторы линий электропередачи и нагревом проводов и токоведущих частей электрооборудования подстанций при протекании электрического тока;

2) *Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций* необходимый для обеспечения работы приводов выключателей и разъединителей, обогрева ячеек, аварийного и дежурного освещения на подстанциях, а также безопасности обслуживающего персонала;

3) *Потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета*

4) *коммерческие потери ΔW_k* , показывает разницу между фактическими потерями и нормой расхода электроэнергии при ее передаче

$$\Delta W_k = \Delta W_{\text{отч}} - \Delta W_T - \Delta W_{\text{СН}} - \Delta W_{\text{изм}}$$

ΔW_T – Технические потери;

$\Delta W_{\text{СН}}$ – Расход электроэнергии на собственные нужды;

$\Delta W_{\text{изм}}$ – Потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями.

Энергоэффективность энергосистем Кыргызской Республики

В настоящее время проблема энергоэффективности является одной из наиболее актуальных для развития экономики Кыргызской Республики. Повышение энергоэффективности следует рассматривать как одно из основных энергетических направлений будущего экономического роста страны.

Тарифы на электроэнергию в КР один из самых дешевых в мире, хотя они не покрывают себестоимость электроэнергии. Как показывают различные достоверные источники, соотношение себестоимости и тарифов на электроэнергию в других странах мира намного выше, чем в КР. При росте цен на другие энергоносители, цена на электроэнергию сохраняется стабильной на протяжении многих лет, что является искусственной и экономически нецелесообразной мерой.

По уровню потребления электроэнергии на душу населения мы стоим на 120 месте из 133 стран. Основные энергоресурсы газ, бензин, дизтопливо импортируются по рыночным ценам и их потребление из года в год растет.

Основные задачи реализации программ энергосбережения в стране состоят в обеспечении эффективности всех процессов, связанных с производством, передачей и

потреблением энергоносителей за счёт разработки и внедрения механизмов стимулирования энергосбережения, реализации типовых энергосберегающих проектов, активизирующей деятельность хозяйствующих субъектов и населения по реализации потенциала энергосбережения.

Уже несколько десятилетий энергосистема Кыргызстана не является энергоэффективной и за счет собственных энергоресурсов покрывает лишь 51 % потребности, в основном за счет электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС, остальная часть покрывается за счет импорта энергоресурсов из соседних государств.

По словам экспертов в Кыргызской Республике имеется огромный потенциал энергосбережения, который оценивается в 35-40 % объема энергопотребления. Энергоемкость ВВП Кыргызской Республики по данным МЭА (Международное энергетическое агентство) возросла с 0,56 в 2000 г. до 0,96 т.н.э / 1000 долл. США в 2014 г.(в 1,7 раза).

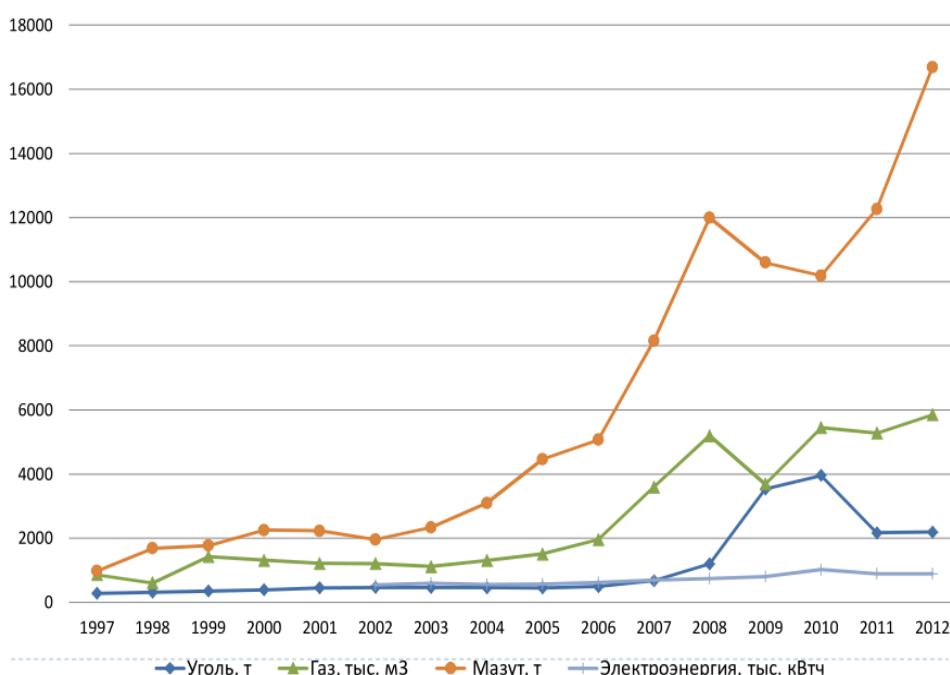


Рис. 2.1 Цены на топливо

Из рис. 2.1. видно что цены на топливо стремительно увеличиваются, в то время как тарифы на электроэнергию для население стоит неизменны. Важно отметить что в Кыргызстане самые низкие тарифы среди стран СНГ.

Из вышесказанных можно сделать вывод что энергоэффективность электроэнергетических систем страны должна рассматриваться на более высоком уровне и не должна оставаться без внимания. Для развития экономики Кыргызской Республики, *Потери электроэнергии* является одним из основных показателей энергоэффективности сети. И как раз в данной работе изучен именно этот показатель энергоэффективности электрических сетей.

1. Потери электроэнергии в РЭК Кыргызстана

Показатели баланса электроэнергии		Поступление эл.энерг. в сети РЭК	Потери эл.энерг. в кВт.ч	Потери электроэнергии			Технические показатели			
				От отпуска в сеть	Техн. потери	Коммерчес. потери	Протяженность ЛЭП 0,4-35 кВ		Количество ТП	
							ВЛ	КЛ	35 кВ	10 кВ
<i>Ед.измерения</i>		<i>млн кВт.ч</i>	<i>млн кВт.ч</i>	%	%	%	тыс.км	тыс. км	шт	шт
ОАО «Северэлектро»	2012	5769	1270	22	17	4,6	20,481	2,086	124	8880
	2013	5722,85	1052	18,4	15,95	2,4				
	2014	6339,7	1014,7	16	15,28	0,73				
	2015			14,8						
	2017			12,5						
	2018			11,7						
ОАО «Жалалабадэлектро»	2012	1551,5	299,9	19,33	18,96	0,37	9,592	0,101	65	
	2013	1487,7	243	16,3	15,85	0,73				
	2014	1523,5	243,76	16						
	2015			14						
	2017			11,7						
	2018			11,0						
ОАО «ОшЭлектро»	2012			19,5			12,998	0,324	87	4875
	2013	2280,23	383,1	16,8						
	2014	2347,04	375,5	16						
	2015			14,6						
	2017			12,1						
	2018			12,2						

ОАО «Востокэл ектро»	201 2			22,6			12,876	0,103	63	4541
	201 3	1560,66	304,4	19,5						
	201 4	1628,8	294,8	17,5						
	201 5			17						
	201 7			14,4						
	201 8			13,8						
Всего по РЭК	201 4	11839,04	1928,8	16,3			55,947	2,513	339	
	201 5			14,9						

В таблице 3.1. приведены данные по динамике потерь электроэнергии в РЭК Кыргызстана за 2012-2018

В таблице 3.1 и представлены фактические потери электроэнергии в сетях (35-0,4 кВ) РЭК: ОАО «Северэлектро», ОАО «Жалалабадэлектро», ОАО «Ошэлектро», ОАО «Востокэлектро».

Как можно заметить, у всех компаний наблюдается положительная динамика (т.е. снижение потерь электроэнергии). Несмотря на положительную динамику, фактические потери в сети 35-0,4 кВ очень высоки. Приведем простой пример: из 100% электроэнергии, передаваемой по сетям, - 50% потребляется в отопительный период (5 месяцев), где технические потери могут достигать 15%, а за остальное время (7 месяцев) - 50% электроэнергии потребляется максимум с 8% потерей в сетях. Из этого следует, что 15% из 50 равен 7,5%, а 8% из 50 – 4%, что в сумме даст 11,5% технических потерь от всего отпущенного в сети электроэнергии за год. Из изложенного следует, что более 11,5% можно отнести к коммерческим потерям электроэнергии.

По мнению международных экспертов, относительные потери электроэнергии в электрических сетях большинства стран можно считать удовлетворительными, если они не превышают уровня 4-5%. Потери электроэнергии на уровне 10% можно считать максимально допустимыми с точки зрения физики транспорта электроэнергии по сетям. Превышение этих значений свидетельствует о наличии коммерческих потерь в составе отчетных потерь. Это подтверждается уровнем потерь электроэнергии в большинстве энергосистем бывшего СССР, который не превышал, как правило, 9,4%.

Структура норматива потерь. Потери электроэнергии в странах СНГ

В основе норматива потерь лежат технические потери электроэнергии в электрических сетях, обусловленные физическими процессами передачи и распределения электроэнергии, определяемые расчетным путем и включающие «нагрузочные» и «условно-постоянные» потери, а также нормативный расход электроэнергии на собственные нужды подстанций. Среднестатистические (по странам

СНГ) составляющие структуры технических потерь электроэнергии в электрических сетях приведены в таблице

Таблица 1

Номинальное Напряжение, Кв	Технические потери, %						
	Всего	нагрузочные		Условно-постоянные			
		ЛЭП	Тр-р	Корона ВЛ	Холостой ход тр-р	Собственные нужды ПС	прочие
550	100	54,7	10,3	10,5	16,5	3,2	4,8
220	100	58,0	9,5	15,0	12,0	4,1	1,4
110	100	57,6	13,8	0,1	21,9	4,4	2,1
35	100	60,4	12,4	-	21,7	2,9	2,6
6-10	100	55,1	15,2	-	24,3	0,9	4,5
0,4	100	97,5	-	-	-	-	2,5
суммарное	100	65	10,2	3,6	16,0	2,9	2,6



Среднестатистические составляющие структуры технических потерь электроэнергии в электрических сетях (страны СНГ).

Соотношение между нагрузочными и условно-постоянными потерями в целом по сетям всех классов напряжения равно примерно 3:1. В сетях различных классов напряжения это соотношение изменяется: в сетях 220 кВ и выше доля условно-постоянных потерь больше за счет присутствия в этих сетях потерь на корону в воздушных линиях. Большая доля потерь холостого хода в трансформаторах по сравнению с долей нагрузочных потерь в них свидетельствует в целом о недогрузке трансформаторов.

Из соотношения между потерями в различных элементах сети следует, что на долю воздушных линий приходится около 2/3 суммарных технических потерь (нагрузочные потери и потери на корону). В то же время чем ниже уровень напряжения, тем выше доля потерь в трансформаторах и ниже в линиях электропередачи, поскольку, чем ниже номинальное напряжение сети, тем на 1 км линий приходится больше подстанций.

Из общей величины технических потерь около 80% приходится на электрические сети 110 кВ и ниже.

Большинство составляющих потерь электроэнергии в той или иной мере зависит от погодных условий. Изменение погоды и, в первую очередь, температуры воздуха влияет на потребление электроэнергии, что приводит к изменению и нагрузочных (в большей степени), и условно-постоянных потерь. Сезонный фактор воздействует на нагрузочные потери в элементах сетей, расход электроэнергии на нужды подстанций, недоучет электроэнергии, обусловленный погрешностями системы учета. Кроме того, очень ощутимо сезонное влияние на величину коммерческих потерь. В осенне-зимний период, когда население несанкционированно и безучетно подключает электронагревательные приборы.

Например, регрессионный анализ выявил значительное влияние среднемесячной температуры на величину электропотребления по г. Бишкек, где электропотребление за месяц в зависимости от среднемесячной температуры можно определить функцией вида $\mathcal{E} = -7,7447t + 311$, графическое изображение которой представлено на рис 4.2.

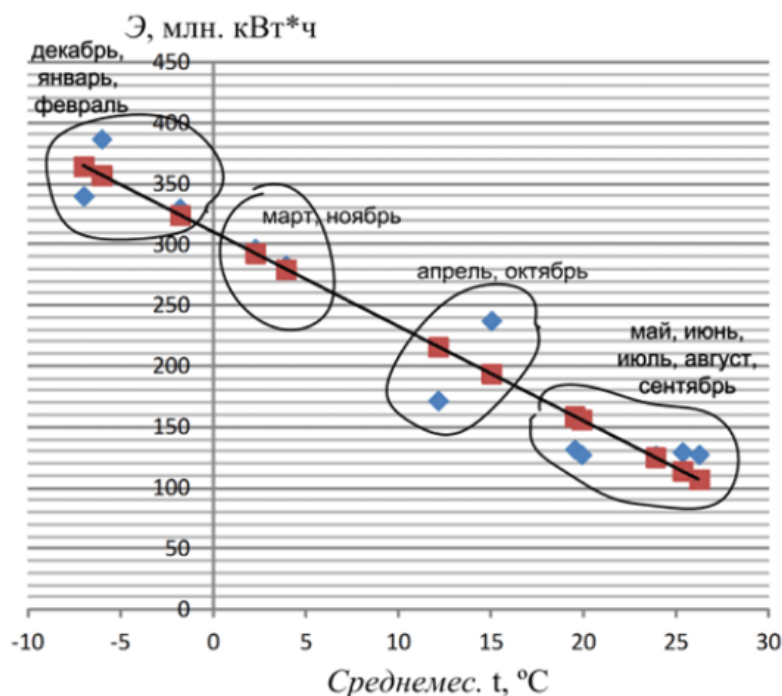


Рис 4.2. Зависимость электропотребления г. Бишкек за 2011 г. от среднемесячной температуры.

Из рис. 4.2. можно сделать выводы: что сверхнормативные потери электроэнергии будут в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль); март и ноябрь влияют на уровень технологических потерь, но они должны лежать в пределах норматива; а во все остальные месяцы технические потери будут минимальны.

Потери электроэнергии в «НЭСК» Кыргызстана (высоковольтные сети 110, 220, 500 кВ)

Для сравнения в таблице 5.1 приведены данные по техническим потерям электроэнергии в высоковольтных электрических сетях России и Кыргызстана (без учета потерь транзита электроэнергии по соседним странам).

Таблица 5.1.

Выработка Электро- энергии, млрд кВт.ч	Номинальное напряжение, кВ	Протяженность ВЛ		Полезный Отпуск к длине линии, млн кВт.ч/км	Технические потери		
		В тыс.км	В %		млн кВт.ч	В %	млн кВт.ч/км
РФ (за 2002 г.)							
888	500	43,8	9,5	1,94	333396	3,76	72,9
	220	111,9	24,6				
	110	302,2	65,9				
КР (за 2014 г.)							
14,316	500	0,541	8,1	2,15	863,6	6,03	129,9
	220	1,748	26,3				
	110	4,353	65,5				

Как видно из таблицы 5.1, отношение полезного отпуска к длине линий составляют для РФ 1,94 млн кВт.ч а для Кыргызской Республики - 2,15 млн кВт.ч на каждый километр линий. При этом потери электроэнергии составили 72,9 (3,76%) и 129,9 (6,03%) млн кВт.ч (соответственно, для РФ и НЭСК Кыргызской Республики) на километр от отпущенной в сети электроэнергии. Это говорит о том, что потери в Кыргызстане завышены в $129,9/72,9 = 1,78$ раза. Прямое сопоставление этих потерь электроэнергии в электрических сетях РФ и Кыргызской Республики может вызвать сомнение, так как технические потери электроэнергии в электрических сетях зависят от структуры самой электрической сети, взаимного расположения источников и потребителей электроэнергии и принципов проектирования электрических сетей. Эти параметры «уникальны» как для каждой страны, так и для каждого региона внутри страны, поэтому одинаковых электрических сетей не существует и нельзя делать выводы о том, большие или маленькие технические потери электроэнергии в электрических сетях России и Кыргызстана. Но все-таки, можно сделать сравнительный анализ, так как наши сети строились в советские времена, где подход к проектированию и строительству был одинаков и, что немаловажно для сравнения – процентные соотношения линий по уровням напряжения почти одинаковые.

Сравнительный анализ. Уровень технических потерь в странах с протяженной территорией как РФ, а следовательно, и с протяженными сетями, с малой плотностью электрических нагрузок по территории страны и с концентрированной генерацией электроэнергии на мощных электростанциях всегда будет более высоким.

Доля промышленного потребителя также влияет на уровень потерь, в России промышленностью потребляется больше, чем в Кыргызстане, соответственно, технические потери в России будут меньше.

По сравнению с Россией, в Кыргызстане сети более загружены (таблица 2: $2,15/1,94=1,1$), соответственно, потери будут больше.

В Кыргызстане некоторые участки линий проходят по высокогорной местности (более разреженный воздух), но и в России более суровые и влажные климатические

условия, из-за чего потери на корону будут больше, но эти потери составляют всего 3-5% (таблица 1) от всей доли потерь в сетях.

Обобщая вышеизложенное и с учетом того, что в анализе не учтены потери за транзит электроэнергии по соседним странам, которые составляют 1-1,5 % (от общей выработки), в высоковольтных сетях Кыргызстана технические потери будут больше по сравнению с сетями России.

Но все-таки здравый смысл подсказывает, что уровень технических потерь в НЭСК завышен, и по-хорошему, они должны были лежать в пределах 4-4,5 %, но не более 5%. А на сегодняшний день, когда введена линия 500кВ «Датка-Кемин», технические потери в НЭСК должны быть на уровне 3-4%.

Список литературы:

1. Шведов Г.В. «Потери электроэнергии при её транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение»
2. Журнал: ЭНЕРГЕТИКА. Амурский государственный университет. 2013. А.Е. РЫБАК, И.Н. МИХАЛЬЧЕНКО «Структурный анализ потерь электроэнергии в распределительных сетях на примере филиала ОАО «ДРСК» «Амурские Электрические сети»
3. Национальный институт стратегических исследований Кыргызской Республики «современная ситуация в энергетике Кыргызской Республики»
4. Энергосейв. «Энергоэффективность для Кыргызстана» Источник: <http://www.energysave.kg/ru/articles/192/>
5. Садыков М.А. Потенциал развития малой гидроэнергетики в Кыргызской Республике. [Известия ВУЗов Кыргызстана](#). 2016. № 6. С. 16-19.
6. Садыков М.А., Байышов Э.Н. Анализ возобновляемых источников электроэнергии. [Наука и инновационные технологии](#). 2016. № 1 (1). С. 91-93.
7. Байышов Э.Н., Бердыбаева М.Т., Садыков М.А. Один из способов повышения энергоэффективности здания за счет использования солнечной энергии. [Наука и инновационные технологии](#). 2017. № 3 (3). С. 72-77.
8. Барпиев Б.Б., Садыков М.А. Анализ возобновляемых источников электроэнергии Кыргызской Республики. [Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова](#). 2016. № 3 (53). С. 98-101.
9. Садыков М.А., Кубаныбекова М.К. Использование ветроустановки в системе электроснабжения. [Наука и инновационные технологии](#). 2018. № 8 (8). С. 113-114.
10. Мамыркулов К.М., Жумаев Р.Д., Садыков М.А. Учет объема потребленной электроэнергии в бытовом секторе как фактор повышения эффективности взаимодействия энергосбытовых компаний и потребителя. [Наука и инновационные технологии](#). 2018. № 8 (8). С. 90-93.