



ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ АВТОНОМНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МАЛЫХ ГЭС

О. С. ПТАШКИНА-ГИРИНА,
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой,
О. А. ГУСЕВА,
аспирант, ассистент,
Челябинская государственная агроинженерная академия

454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 75;
тел.: (351) 265-56-01;
e-mail: girina2002@mail.ru

Положительная рецензия представлена Р. С. Рахимовым, доктором технических наук, деканом Челябинской государственной агроинженерной академии.

Первое десятилетие XXI в. характеризуется увеличением частоты кризисных явлений в глобальной экономике. За короткий период человечество столкнулось с резким и продолжительным ростом цен на сырую нефть, основные продукты питания, а во второй половине 2008 г. — с мощнейшим финансовым кризисом. В такие периоды актуальность проблемы эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) во всех отраслях экономики повышается как никогда.

В аграрном секторе России удельные расходы энергии на производство единицы продукции, идентичной зарубежной, всегда были выше, чем в развитых странах. Однако до начала 90-х гг. это компенсировалось устойчивыми поставками ТЭР по низким ценам.

Серьезной проблемой остаются уровень обеспеченности и качественное состояние энергетических коммуникаций, объектов энергоснабжения. Например, автономными источниками электроснабжения располагают лишь 5 % сельхозорганизаций, теплоснабжения — 16 %. Доступ к сетям газоснабжения имеют всего 29 % агропредприятий (в том числе 17 % малых), а теплоснабжения — 16 % (10 %). В еще худшем положении находится энергетическая инфраструктура в фермерских хозяйствах и хозяйствах индивидуальных сельских предпринимателей.

В сфере диверсификации используемых в сельском хозяйстве энергоносителей большие резервы для развития имеют природный газ, а также возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Необходимость дальнейшего развития нетрадиционной энергетики в России, помимо экономии невозобновляемых углеводородных ресурсов, определяется комплексом факторов, среди которых можно выделить экологические (их актуальность возросла после присоединения страны к Киотскому протоколу), инновационные (многие направления освоения ВИЭ требуют использования инновационных технологий), социальные (увеличение числа рабочих мест и требуемых специальностей), диверсификация экспорта (например, за счет поставок установок, использующих ВИЭ, и запасных частей к ним в развивающиеся страны) [1].

Цель и методика исследований.

Целью исследования является оценка возможности использования существующих напорных гидроузлов в гидроэнергетике и выявление экономической целесообразности использования малых ГЭС в качестве источника электроснабжения автономного сельскохозяйственного потребителя.

При определении гидроэнергетического потенциала гидроузлов использовались методы статистического анализа гидрологического материала о режимах работы напорных гидроузлов и методы математического моделирования транзитного стока водохранилищ в случае отсутствия или недостатка гидрологической информации.

Результаты исследований.

Одним из перспективных направлений использования ВИЭ, является использование гидроэнергетического потенциала, в том числе и потенциала готовых напорных гидроузлов.

По результатам исследований в Челябинской области находится 412 напорных гидроузлов, большинство водохранилищ малые и созданы для целей водоснабжения на реках казахстанского типа, основной сток которых (80 %) проходит в весенний паводок. Большинство водохранилищ области (82 %) используются для целей сельского хозяйства (орошение, водопой, рыбозаведение и т. д.), использовать эти водохранилища можно и в энергетических целях, пристроив к ним малую гидроэлектростанцию, работающую на гарантированном расходе, который сбрасывается вхолостую. Пристрой МГЭС к уже готовым напорным гидроузлам позволит снизить первоначальные затраты благодаря отсутствию капиталовложений на создание напорного фронта.

Исследования водохранилищ Челябинской области позволили определить их гидроэнергетический потенциал, который составил около 200 млн кВт × ч в год, из которых 77,5 млн кВт × ч в год — это потенциал, определенный по сработке полезного объема водохранилищ, и 157,7 млн кВт × ч в год — потенциал естественного транзитного стока [2].

Для небольших водохранилищ, мощность водотока которых не превышает 10 кВт, оптимальным станет установка мобильных микроГЭС сифонного типа, конструкция которых предложена авторами. МикроГЭС позволяет использовать гидроэнергетический потенциал водохранилища без вмешательства в конструкцию плотины [3].

Принцип работы установки состоит в следующем: питание электростанции осуществляется по сифонному трубопроводу, проложенному поверх плотины. В верхнем бьефе конец трубопровода погружается в воду, а в нижнем на конце трубопровода смонтирована задвижка, после которой устанавливается гидроэнергетический блок, состоящий из гидротурбины и генератора. В трубопровод на теле плотины вмонтирована заливочная горловина. В собранном виде перед началом работы задвижка закрыта. Через за-

Таблица 1

Типоряд мобильной приплотинной микроГЭС сифонного типа

Диаметр трубопровода, м	Расход, м ³ /с	Напор, м	Тип генератора (двигателя)	Диаметр турбины, м	Длина турбины, м	Выходная мощность микроГЭС, кВт	Масса энергоблока, кг	Стоимость, тыс. руб.
0,153	0,038	3	АИР71В6	0,2	0,288	0,38	19	61
0,153	0,044	4	АИР80В6	0,2	0,289	0,81	25	63
0,153	0,049	5	АИР90Л6	0,2	0,288	1,14	22	63
0,153	0,054	6	АИР90Л6	0,2	0,290	1,14	22	63
0,153	0,058	7	АИР100Л6	0,2	0,288	1,78	45	68
0,153	0,062	8	АИР100Л6	0,2	0,288	1,78	45	68
0,153	0,066	9	АИР112МА6	0,2	0,289	2,43	69	72
0,153	0,07	10	АИР112МА6	0,2	0,291	2,43	69	72
0,153	0,073	11	АИР112МВ6	0,2	0,289	3,28	76	73
0,153	0,076	12	АИР112МВ6	0,2	0,288	3,28	76	73
0,153	0,08	13	АИР132S6	0,2	0,291	4,68	107	79
0,203	0,074	3	АИР80В6	0,2	0,561	0,81	29	80
0,203	0,086	4	АИР90Л6	0,2	0,565	1,14	27	81
0,203	0,096	5	АИР100Л6	0,2	0,564	1,78	49	85
0,203	0,105	6	АИР112МА6	0,2	0,563	2,43	73	90
0,203	0,113	7	АИР112МВ6	0,2	0,561	3,28	80	90
0,203	0,121	8	АИР112МВ6	0,2	0,562	3,28	81	91
0,203	0,128	9	АИР132S6	0,2	0,560	4,68	111	97
0,203	0,135	10	АИР132S6	0,2	0,561	4,68	111	97
0,203	0,142	11	АИР132М6	0,2	0,562	6,41	131	101
0,203	0,148	12	АИР132М6	0,2	0,561	6,41	131	101
0,203	0,154	13	АИР160S6	0,2	0,561	9,57	196	114
0,355	0,56	13	5А225М6	0,4	1,020	33,67	519	272
0,45	0,95	13	5АМ250М6	0,5	1,384	50,88	776	378

ливочную горловину только нисходящую ветвь трубопровода заполняют водой. Заливочную горловину герметично закрывают заглушкой. Гидроэлектростанция вводится в работу путем открытия задвижки, за счет чего залитая вода, падая вниз, создает разряжение (по принципу сифона) и подтягивает за собой воду из водоема, тем самым образуя водный поток. Водный поток попадает в гидроэнергетический блок, где и происходит выработка электроэнергии. Мобильной гидроэлектростанцию делает небольшое количество составных элементов, которые легко монтируются [4].

Разработан типоряд мобильной приплотинной микрогидроэлектростанции сифонного типа, в качестве генератора подобран асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, который имеет преимущество в массе относительно синхронного генератора, что немаловажно для мобильной установки. В качестве турбины предлагается использовать двукратную турбину Банки, простую по конструкции, не требующую сложного технологического оборудования при изготовлении, имеющую сравнительно высокий КПД и малую массу, благодаря чему выигрывает у турбины Пельтона, к тому же турбина Банки не так чувствительна к параметрам потока в отличие от пропеллерных турбин. Учитывая расчетную мощность генератора и тихоходность турбины Банки, выбран тип двигателя. Для транспортировки предусмотрена тележка.

Для определения целесообразности реконструкции МГЭС и пристроя МГЭС к готовым напорным гидроузлам были определены экономические показатели.

Для адекватности сопоставления варианта электроснабжения от централизованного источника (ЦЭС) и от МГЭС принят срок окупаемости капиталовложений.

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta\phi} \text{ лет,} \quad (1)$$

где K — капиталовложения, тыс. руб.;

$\Delta\phi$ — эффективность использования МГЭС (экономика за счет использования МГЭС), тыс. руб./год.

Возможны три варианта расположения потребителя относительно централизованного источника электроснабжения и децентрализованного источника электроснабжения. Считаем, что мощность, вырабатываемая на МГЭС равна мощности потребителя. Первый вариант: централизованный и децентрализованный источники электроснабжения равноудалены от потребителя. Второй вариант: централизованный источник электроснабжения находится ближе к потребителю, чем МГЭС. Третий вариант: МГЭС находится ближе к потребителю, чем источник централизованного электроснабжения.

На практике МГЭС мощностью 1,5 и 10 кВт обычно используются как автономные мобильные, не требующие строительства ЛЭП, однако для адекватности расчета будем учитывать и их.

При определении срока окупаемости МГЭС принято 6000 часов работы ее в году, а стоимость электроэнергии от централизованного источника электроснабжения 1,97 руб./кВт × ч.

В табл. 2 минус в графе 2 свидетельствует о превышении первоначальных затрат на МГЭС, в связи с чем и появляется минус в графе 3, говоря об от-



Таблица 2
Определение срока окупаемости МГЭС в зависимости от удаленности потребителя от ЦЭС и МГЭС при напряжении сети 0,4 кВ

Мощность МГЭС, кВт	МГЭС находится дальше от потреби- теля, чем ЦЭС на L км				ЦЭС и МГЭС равноу- далены от потребителя		МГЭС находится ближе к потреби- телю, чем ЦЭС на L км			
	Расстояние L , км									
	20		1		0		1		20	
	Эф.	Ток	Эф.	Ток	Эф.	Ток	Эф.	Ток	Эф.	Ток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	−72,2	−31,5	1,9	142,2	5,8	27,9	9,7	5,8	83,8	−23,3
5	−41,8	−65,2	32,5	22,0	36,4	16,7	40,3	12,5	114,5	−13,2
10	−2,7	−1192,7	71,9	17,3	75,8	15,0	79,7	12,9	154,3	−6,4
50	111,0	47,1	201,9	15,2	206,7	14,3	211,5	13,4	302,5	2,3
100	211,7	43,8	368,3	19,0	376,6	18,3	384,8	17,6	541,4	8,4

Таблица 3
Определение срока окупаемости МГЭС в зависимости от удаленности потребителя от ЦЭС и МГЭС при напряжении сети 10 кВ

Мощность МГЭС, кВт	МГЭС находится дальше от потреби- теля, чем ЦЭС на L км				ЦЭС и МГЭС равноу- далены от потребителя		МГЭС находится ближе к потреби- телю, чем ЦЭС на L км			
	Расстояние L , км									
	20		1		0		1		20	
	Эф.	Ток	Эф.	Ток	Эф.	Ток	Эф.	Ток	Эф.	Ток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50	143,5	32,6	203,6	14,9	206,7	14,3	209,9	13,7	269,9	4,5
100	313,1	27,5	373,4	18,7	376,6	18,3	379,7	17,9	440,0	11,7
500	4392	5,9	4468	5,3	4472	5,3	4476,4	5,3	4552,4	4,8
1000	9059	5,6	9161	5,4	9166	5,3	9171	5,2	9273	5,1
5000	52924	2,4	53594	2,3	53630	2,3	53665	2,3	54335	2,2

сутствии срока окупаемости. Минус же в графе 11, наоборот свидетельствует о превышении затрат на электроснабжение от ЦЭС, и говорит об изначальном преимуществе МГЭС.

Анализируя табл. 2 и 3, можно сделать вывод о целесообразности строительства МГЭС мощностью от 1 до 100 кВт, если та находится ближе к потребителю, чем ЦЭС на 20 км, при условии строительства линии 0,4 кВ. Если мощность потребителя выше и требует строительства линии 10 кВ — строительство МГЭС целесообразно при мощности потребителя 500 кВт и выше, даже если та находится дальше централизованного источника электроснабжения на 20 км. При мощности потребителя менее 100 кВт питание от МГЭС целесообразно только при преимуществе МГЭС на 20 км относительно ЦЭС.

Выводы. Рекомендации.

При рассмотрении возобновляемых источников энергии для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей стоит уделить особое внимание гидроэнергетическому потенциалу уже существующих гидроузлов неэнергетического назначения, пристрой МГЭС к которым обеспечит более комплексное их использование. На небольших водохранилищах использовать гидроэнергетический потенциал позволит предложенная авторами мобильная приплотинная гидроэлектростанция сифонного типа. Экономический расчет показал: чем больше мощность малой ГЭС, тем эффективнее ее использование в качестве источника электроснабжения, однако при увеличении стоимости электроэнергии от центральных сетей эффективность МГЭС возрастет.

Литература

1. Магомедов А. Н. Эффективность использования энергии в сельском хозяйстве России : проблемы и возможности // АПК : экономика, управление. 2009. № 6. С. 55–62.
2. Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А. Гидроэнергетический потенциал напорных гидроузлов Челябинской области // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 66–68.
3. Пташкина-Гирина О. С., Гусева О. А., Гусев С. В., Щирий В. Д. Патент на полезную модель № 100775. Гидроэлектростанция. Заявка № 2010128195. Приоритет полезной модели 07 июля 2010 г. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 27 декабря 2010 г.
4. Саплин Л. А., Гусева О. А. Электроснабжение автономных сельскохозяйственных потребителей с помощью микро-ГЭС сифонного типа // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (20). С. 60–63.