

V.I. Zorkalietsev. – Novosibirsk: Izd-vo "Geo", 2017. – 179 s.

18. Rozhdestvenskii, A.V. Otsenka tochnosti krivyykh raspredeleniia gidrologicheskikh kharakteristik / A.V. Rozhdestvenskii. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. – 270 s.

19. Chetyrkin, E.M. Statisticheskie metody prognozirovaniia / E.M. Chetyrkin. – Moskva: Statistika, 1977. – 160 s.

20. Buzin A.E. Regressionnye modeli izmenchivosti bioproduktivnosti kultur s uchetom veroiatnostnykh i intervalnykh znachenii klimaticheskikh parametrov [Elektronnyi resurs] / A.E. Buzin, T.S. Buzina, M.N. Polkovskaia. – Tekst: elektronnyi // Aktualnye voprosy agrarnoi nauki. – 2017. – No. 22. – S. 67-74. – URL: http://agronauka.igsha.ru/vypuski_zhurnala/v22.php.



УДК 620.97

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-09-98-108

О.А. Герасимова, С.В. Соловьев,
Е.А. Тихонов, Т.Н. Карасева
O.A. Gerasimova, S.V. Solovyev,
Ye.A. Tikhonov, T.N. Karaseva

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПАСТБИЩНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

PROSPECTS FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN GRASSLAND ANIMAL FARMING

Ключевые слова: животноводство, нетрадиционные источники энергии, энергия солнца, энергия ветра, биоэнергетика, энергия малых рек, пастбищный комплекс.

Формирование перспективной технологии содержания КРС в условиях пастбища при отсутствии стационарного электроснабжения является актуальной задачей. Животноводческие объекты являются неотъемлемой частью в обеспечении населения бесценными продуктами питания. В то же время это сопряжено с необходимостью значительных затрат на обеспечение материально-техническими ресурсами. В первую очередь это относится к затратам на электроэнергию, поскольку все наиболее важные средства механизации функционируют благодаря поставкам электроэнергии. В процессе содержания животных, особенно в условиях пастбищ, негативное влияние на производственные процессы оказывает неустойчивое состояние топливно-энергетического комплекса, заключающееся в нарушениях и перебоях в снабжении хозяйств электрической и тепловой энергией. Поэтому направление развития пастбищного животноводства – это перевод всех технологий обеспечения энергетической безопасности на нетрадиционные и возобновляемые источники. Планируется одновременно использовать энергию солнца, ветра, биоэнергию и энергию малых рек, то есть источников, для которых в основном характерны пастбища. Максимальная энергетическая нагрузка возлагается на биоэнергетику. Известно, что биоустановка имеет уникальную возможность в рамках животноводческого предприятия обеспечить его определенным необходимым комплексом энергетических средств, а

также качественными удобрениями. В пастбищном животноводстве безусловным положительным свойством ветра является его возобновляемость и экологичность, в частности, наша страна обладает самым высоким ветроэнергетическим потенциалом в мире. Определены и обоснованы нетрадиционные источники энергии для условий пастбищного животноводства. Источники рассчитаны на энергообеспечение всего комплекса технологического оборудования при его максимальной загруженности.

Keywords: animal farming, nonconventional power sources, solar power, wind power, biopower, minor river power, pasture animal production unit.

The formation of a promising technology of cattle management under pasture conditions in the absence of stationary power supply is an urgent task. Livestock facilities are an integral part in providing the population with essential food products. At the same time, it is associated with the need for significant expenditures on providing material and technical resources. This applies primarily to electricity costs, since all the most important means of mechanization are electric driven. In the process of keeping animals, especially under pasture conditions, the unstable state of the fuel and energy complex which consists in supply failures of electric and thermal energy to farms, has a negative impact on production processes. Therefore, the direction of development of grassland animal farming is the transfer of all energy supply technologies to non-traditional and renewable sources. It is planned to simultaneously use the power of the sun, wind, biopower and power of small rivers, that is, sources that are mainly typical of pastures. The

maximum energy load is assigned to biopower. It is known that a bioplant has a unique opportunity within the framework of an animal production unit to provide it with a certain necessary set of energy resources as well as high-quality fertilizers. In grassland animal farming, the absolute positive property of wind is its renewability and environmental

friendliness; in particular, our country has the highest wind energy potential in the world. Non-traditional energy sources for grassland animal farming conditions are identified and substantiated. The sources are designed for power supply of the entire complex of technological equipment at its maximum load.

Герасимова Ольга Александровна, д.т.н., доцент, Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, г. Великие Луки, Псковская обл., Российская Федерация, e-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

Соловьев Сергей Викторович, к.т.н., доцент, Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, г. Великие Луки, Псковская обл., Российская Федерация, e-mail: mavrsol@yandex.ru.

Тихонов Евгений Андриянович, к.т.н., доцент, Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Российская Федерация, e-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

Карасева Татьяна Николаевна, к.с.-х.н., доцент, Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, г. Великие Луки, Псковская обл., Российская Федерация, e-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

Gerasimova Olga Aleksandrovna, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Pskov Region, Russian Federation, e-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

Solovyev Sergey Viktorovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Pskov Region, Russian Federation, e-mail: mavrsol@yandex.ru.

Tikhonov Yevgeniy Andriyanovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation, e-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

Karaseva Tatyana Nikolayevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Pskov Region, Russian Federation, e-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

Введение

Реальная поддержка для мелких производителей может быть получена за счет использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) [1].

Появление в Российской Федерации законодательной базы применения НВИЭ стало ключевым фактором. Закон «Об электроэнергетике» (2007 г.) определил охрану использования установок, генерирующих электрическую энергию на основе нетрадиционных источников. Закон, принятый законодательными органами РФ «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии», считается правовым актом для определения экономических и организационных основ при современных условиях развития отрасли.

Позже, в 2013 и 2015 гг. были приняты еще ряд ключевых распоряжений и постановлений Правительства РФ [2], определяющих и регулирующих формирование альтернативной энергетики и приоритетные направления политики государства в сфере повышения энергоэффективности.

Цель исследования – формирование перспективной технологии содержания КРС в условиях пастбища при отсутствии стационарного энергообеспечения.

Задачи исследования – выполнить анализ и обосновать комплекс нетрадиционных средств

энергообеспечения технологических процессов в пастбищном животноводстве, безусловными положительными свойствами которых являются его возобновляемость и экологичность.

Объекты и методы

Основной направленностью является перевод всей технологии по энергообеспеченности на нетрадиционные и возобновляемые источники. Планируется при этом использовать энергию солнца, ветра, биоэнергию и энергию малых рек, то есть источники, которые в основном характерны для пастбища. Максимальная энергозагрузка возлагается на биоэнергию. Как известно, биоустановка обладает уникальной возможностью в пределах животноводческого предприятия обеспечить его определённым необходимым комплексом энергетических средств, а также качественным удобрением.

Результаты и их обсуждение

Из всего богатого в нашей стране набора средств энергообеспечения от нетрадиционных источников реальное использование в условиях Северо-Западного региона получают направления, связанные с солнечной энергией, энергией ветра, биоэнергией и энергией малых водных источников. Биоэнергию необходимо выделить в особый ряд с той точки зрения, что в пределах отдельной животноводческой фермы и привлекающих жилых объектов технически и техноло-

гически возможно в локальном объеме осуществить одновременно получение электроэнергии, теплоносителя, удобрений – и все это при полном соблюдении экологичности.

Относительно Северо-Западного региона необходимо добавить, что развитие малой энергетики, в том числе малой гидроэнергетики, является одним из перспективных, с точки зрения экономической и технической, решений [3, 4].

Считаются наиболее перспективными ветроили солнечно-энергетические системы, сочетающиеся с другими нетрадиционными источниками, в том числе с гидроэнергетическими.

Использование энергии солнца. Псковская область находится в умеренном климатическом поясе между 55 и 59° северной широты. Климат умеренно-континентальный, влажный. Средняя температура июля от 17 до 17,5°C, января – от -7 до -8°C. Количество осадков в летнем и осеннем периоде 550-650 мм в год.

Для условий пастбищ наиболее оптимально прямое использование, а именно тепловое и фото-термоэлектрическое преобразование солнечной энергии [5].

По полученным данным [4] длительность солнечного сияния в Псковской области составляет 4506 ч за год, а фактическая – в разы меньше – 1738 ч. В течение 115 дней в году на протяжении дня сияние солнца практически полностью не наблюдается.

Число дней солнечного сияния в зоне пастбищного доильного центра насчитывается 2000 ч, что гораздо больше, чем период содержания КРС (150-155 дней). КПД солнечного коллектора определяется 95%. При этом наибольшее значение приобретает теплоизоляция теплообменника, которая должна составлять 75 мм. Такой коллектор обладает высокой энергоэффективностью и производительностью в условиях низкой солнечной инсоляции.

Солнечные электростанции (СЭ). Солнечная электростанция – это инженерное сооружение, сооружаемое для преобразования солнечной радиации [5]. Главный показатель – солнечные батареи, которые включают тонкие слои из полупроводниковых материалов, преобразовывающие энергию солнца в постоянный электрический ток [5].

Основные преимущества – незначительная масса, неприхотливость в обслуживании, модульный тип, при всем этом можно производить устройства любой требуемой мощности.

Но при использовании солнечных электростанций имеются следующие недостатки: постоянное изменение угла падения лучей, высокая стоимость, низкий КПД.

Сооружение гелиотепловых электростанций – один из путей получения электрической энергии из солнечной (рис. 1).

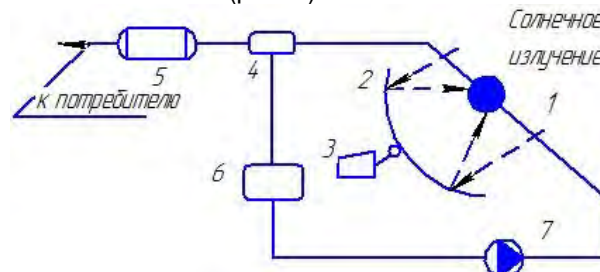


Рис. 1. Гелиотепловая (термодинамическая) солнечная электростанция:

- 1 – солнечный котел;
- 2 – коллектор концентрирующий;
- 3 – система ориентации; 4 – турбина паровая;
- 5 – электрогенератор;
- 6 – конденсатор; 7 – насос

Использование ветроэнергетики. В настоящее время доля производимой ветроэнергетической электрической энергии в общем объеме очень мала [6]. Однако в ближайшие годы ситуация изменится в лучшую сторону. Наша страна обладает наибольшим (порядка 40 млрд кВт·ч электроэнергии в год) в мире ветроэнергетическим потенциалом. Таким образом, широкое использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) и в особенности малых ветроустановок для пастбищного животноводства перспективно.

В Псковской области наблюдается в основном за год ветры южного и юго-западного направлений.

Среднемесячная скорость ветра в течение года изменяется мало – от 3 до 5 м/с.

Проанализировав, можно с уверенностью отметить, что климат Псковской области вполне располагает для использования энергии солнца и ветра как нетрадиционных источников. Данные установки могут производить горячую воду, электрическую энергию, механическую энергию в местах, где есть востребованность в этих видах энергии. Преимущество данных в их автономности, легкости в обслуживании и экологической чистоте.

При этом с экономической точки зрения использование установок на НВИЭ должно быть оправданным.

В основе использования ветроэнергетики и исполнения расчетов должны быть положены данные о скорости ветра и его направлении в рассматриваемой зоне пастбищного животноводства. Эти данные могут быть получены в результате многолетних значений скорости ветров в зависимости от положения точки земной поверхности, для которой выполняется расчет.

При монтаже ветродвигателя генераторной энергосистемы необходима рационально составленная функционально-технологическая схема управления (рис. 2).

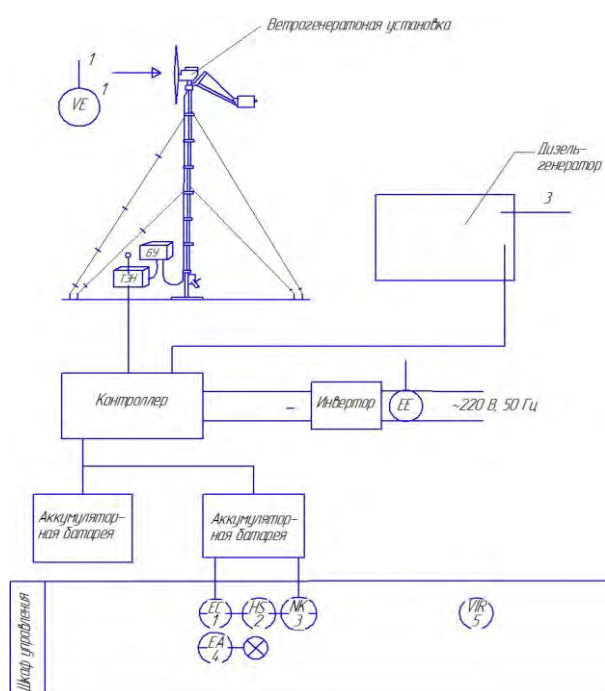


Рис. 2. Функционально-технологическая схема управления ветроэнергетической установкой

В настоящее время наибольшее распространение получили ветроэнергетические установки двух основных типов: двухлопастные и трехлопастные с горизонтально-осевой турбиной (ротором).

При выборе наилучшего участка для расположения ветроустановки необходимо выбирать участок с наименьшей затеняемостью от ветра. При этом ветроустановка должна быть выше ближайших строений на 3-5 м [6].

Влияние на экологию. Ученые-экологи предъявляют немало претензий к ветроэнергетике. Использование ветроэнергетических станций приводит к увеличению шума, инфразвуковых колебаний и вибрации. Еще одна проблема получается при необходимости утилизации изношенных лопастей. При этом ущерб экологии от ветроэнергетики несравненно ниже с тради-

ционными способами генерации энергии. Исключение составляет проблема утилизации лопастей ветроагрегатов, выполненных из композитных материалов. Однако применительно к условиям пастбищного животноводства вышеизложенные проблемы не являются преобладающими.

Использование биоэнергетических установок. Проблема использования биоэнергии приобретает все большую актуальность в последние годы как за рубежом, так и в странах СНГ как способ переработки биомассы анаэробным сбраживанием.

При этом, что особо значимо для малых животноводческих хозяйств пастбищного направления, крайне необходима совместная выработка электрической и тепловой энергии. Если иметь в виду животноводческие отрасли, как непосредственно связанные с пищевым и кормовым растениеводством, то актуальны более совершенные формы утилизации отходов жизнедеятельности животных как первоисточника производства экологических органических удобрений.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что безусловной необходимостью для пастбищного животноводства является производство различных видов энергии совместно. Это позволит существенно снизить затраты на потребляемую энергию и решить важную проблему снижения пика нагрузки и недостатков централизованных систем электроснабжения.

В целом когенерационные установки имеют значительный ресурсный потенциал, а также преимущества в надежности, диапазоне мощностных ресурсов.

Использование малой гидроэнергетики. Технический потенциал малой гидроэнергетики в мире составляет более 360 млрд кВт·ч в год, а его использование в России не превышает 1%. Что касается состояния по Псковской области, то эта цифра приближается к сотой доли процента. В то же время МГЭС – строение на маленьких реках и речушках, микроГЭС наиболее экономичное направление развития возобновляемой энергетики. Потенциал малой гидроэнергетики складывается из неиспользованных возможностей малых и средних рек. Термин «МикроГЭС» обычно используется для гидроагрегатов мощностью от 3 до 100 кВт (рис. 3), «Мини-ГЭС» – до 5000 кВт.

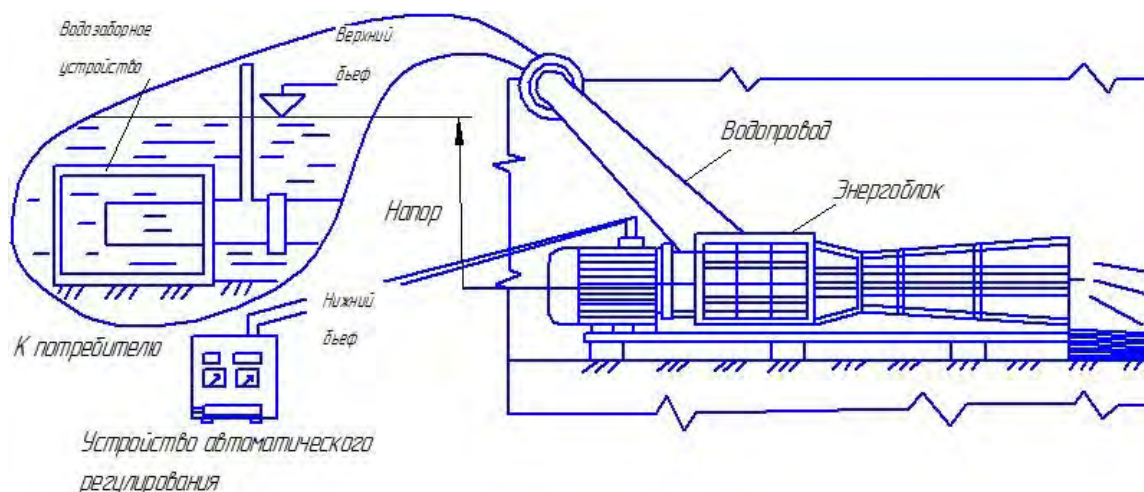


Рис. 3. Схема установки микроГЭС

Таблица 1

Гидроагрегаты для микро- и мини-ГЭС с пропеллерным рабочим колесом

Предприятие-изготовитель	Марка изделия	Номинальная мощность кВт, (напор, м)
г. Санкт-Петербург, МНТО ИНСЭТ	МГЭС-10Пр	4,5 (10,0) при расходе 0,1-0,21 м³/с
г. Санкт-Петербург, МНТО ИНСЭТ	МГЭС-10Пр	До 5,0 (2-4,5) при расходе 0,07-0,14 м³/с

Примечание. СПб, МНТО ИНСЭТ. Производство турбин для микро- и миниэлектростанций.

Малые реки длиной до 100 км составляют в России около 99% всех рек страны, а их сток составляет более 30% суммарного стока всех рек.

Произведенные расчеты показали, что 1 кВт·ч электрической энергии, получаемой в результате работы микроГЭС, менее в 5,5 раз, чем производимой дизель-генератором сравнимой мощности.

На сегодняшний день выпускаются гидроагрегаты различных типоразмеров и мощности, которые были разработаны на основе выполненного анализа современных требований к энергетическому оборудованию малых ГЭС (табл. 1).

В России и за рубежом осуществлены разработки безнапорных микро- гидроэлектростанций установленной мощностью 0,3 кВт от минимально установленной скорости течения воды от 1 м/с, а также наплавная микроГЭС, производительностью 15 кВт в ТОО «НИСТЕН» (г. Новосибирск).

Тихоходные модельные турбины применяются с положительной и лишь в редких случаях с небольшой отрицательной высотой отсасывания и устанавливаются на малые турбины.

Указанные особенности малых ГЭС могут обеспечить максимальную степень унификации и стандартизации малых турбин, а также

уменьшить затраты на выполнение строительных работ данных объектов.

При выборе турбин пользуются в основном напорами от 1,5 м, что охватывает практически все малые ГЭС в нашей стране и соответствуют пастбищным условиям.

При этом малые ГЭС и микроГЭС бывают как плотинными, так и бесплотинными.

Определение нагрузки в системе пастбищного животноводства. Нагрузка в системе пастбищного животноводства состоит из нагрузки технологического оборудования (из расчёта 200 голов КРС) и нагрузки бытового сектора обслуживающего персонала [8].

Нагрузка технологического оборудования:
доильная установка (с вакуум-насосом) – 4,5 кВт;

охладитель молока – 4 кВт;

светильники общей мощность – 0,15 кВт.

Электродвигатели:

электродвигатель № 1 системы циркуляции солнечного коллектора – 0,5 кВт;

электродвигатель вакуум-насоса № 2 доильной установки;

электродвигатель № 3 подачи теплоносителя когенерационного блока – 1 кВт.

Одновременно включённая мощность нагрузки ~ 10,15 кВт.

Инвентар с номинальной мощностью до 3 кВт. Ограничитель мощности.

Суммарная включённая мощность – 12,19 кВт.

Автономные источники электроэнергии:
 электродвигатель ветроэнергетической установки 3 кВт;
 генератор когенерационного блока 5,5 кВт;
 генератор микроГЭС ~ 3 кВт;
 фотоэлектрический преобразователь ~ 2 кВт.

Максимальная суммарная выработка электрической энергии ~ 13,5 кВт.

Автономные источники тепловой энергии:
 когенерационный блок ~ 50 кВт·ч;
 вакуумный солнечный коллектор ~ 1500 Вт.
 Функционально-технологическая схема ВЭУ показана на рисунке 2, а принципиальная схема включает следующие элементы (табл. 2).

Таблица 2

Данные предполагаемого оборудования

Аппаратура	Мощность, Вт	Штук	Общая мощность, кВт
Солнечные панели, ФЭП	100	20	2,0
Ветро-энергетич. установка (ВЭУ)	3000	1	3,0
Аккумуля. батареи гелевые АКБ (Ач)	100	2	200
Контроллер	2000	1	2,0
Инвертор	3000	1	3,0
Дизель-генератор (аварийно-резервный)	4000	1	4,0
МикроГЭС с турбиной «Бианко»	2500	1	2,5
Биогазовая установка V=8 м³		1	2 м³/сут.
Когенерационный блок	5500	1	5,5

В комплекс принятого оборудования НВИЭ включён наиболее важный – элемент-ветроэнергетическая установка (ВЭУ). Для её успешного функционирования необходима соответствующая скорость ветра. Известно, что в условиях в Псковской области среднемесячная скорость ветра равна 3,26 м/с, а в среднем за год – 3,14 м/с.

Для выбора по каталогу ветрогенератора необходимо определить электропотребление в месяц, кВт·ч, а также пиковую суммарную всего оборудования. Согласно расчётам, потребление в сутки составляет 324 кВт·ч или в месяц 9720 кВт·ч, для чего необходим ветрогенератор производства ТЕРАТЕК марки «Дом-3» номинальной мощностью 3 кВт, максимальной мощностью 3,5 кВт при месячной отдаче от 200 до 400 кВт·ч, диаметре винта 4,6 м и стартовой скорости ветра 3 м/с.

Ветроэнергетическая установка включает:

- лопасти ВЭУ и вал от лопастей, коробку передач (редуктор) с тормозом;
- вал генератора и генератор с высокочастотным валом;
- поворотный механизм установки; датчик ветра (анемометр); флюгер; гондолу.

Мощность ВЭУ определяется по формуле [7]

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p \cdot \eta_m \cdot \eta_{\text{м}},$$

где $\rho=1,22$ – плотность воздуха, кг/м³;

$\eta_m, \eta_{\text{м}}$ – КПД генератора и механической передачи между ветроколесом и генератором;

C_p – коэффициент использования энергии ветра: 0,593 – предельное его значение, 0,4-0,45 – эксплуатационное;

A – площадь ветротурбины (пропеллера),

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2, \text{ м}^2.$$

Для начального определения в выборе генератора требуется выполнить построение нагрузочной диаграммы рассматриваемого механизма, определив средний момент статической нагрузки

$$M_{\text{с.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n M_{\text{с.и}} t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = 3 \text{ Нм},$$

где $M_{\text{с}}$ – момент статической нагрузки на интервале;

t_i – интервал;

n – количество интервалов.

Определяем номинальный момент требуемого генератора с учётом динамической нагрузки:

$$M_{\text{н}} = (1,1 \dots 1,3) M_{\text{с.ср}} = 3,6 \text{ Нм}.$$

В качестве номинальной скорости следует принять ω_{max} и по величинам $M_{\text{н}}$ и $\omega_{\text{н}}$ можно выбрать генератор по каталогу.

После выбора генератора переходим к выполнению построения диаграммы нагрузки механизма в целом и генератора, получаем зависимость $M(t)$. Это построение сводится к решению уравнения движения

$$M = M_{\text{с}} + J \sum d\omega/dt.$$

Нагрузка в системе пастбищного животноводства распределена в пределах суток. С учётом всех составляющих, обеспечивающих элек-

троэнергетическую потребность для функционирования системы (ВЭУ, энергию фотоэлектрического преобразователя, когенерационного блока, генератора микроГЭС) и распорядка работы животноводческого комплекса составлен график расхода мощности (рис. 3).

Как правило, в условиях пастбищного животноводства отсутствует централизованное электрообеспечение. В случае использования системы энергоисточников наиболее сложным остаётся вопрос выбора ветроэнергетической установки, основным звеном в которой принимается ветрогенератор.

Выбор ветрогенератора производится в зависимости от нагрузки, выраженной в кВт·ч в месяц. При этом ветрогенераторная установка незаменима при любых ветровых обстоятельствах, поскольку, если используется альтернативный вариант, связанный с какими-либо видами топлива, то при длительном использовании существенно возрастают затраты на производство электроэнергии, затраты труда и средств на техническое обслуживание, а, к примеру, использование только фотоэлектрических панелей экономически будет оправданно только в весенне-летне-осенние периоды.

Более полная характеристика использования электроэнергетических возможностей комплексной системы, включающей наиболее важную составляющую, каковой является ВЭУ, может быть получена при построении нагрузочной диаграммы генератора, в результате чего может быть осуществлён его выбор.

Нагрузочные диаграммы могут иметь любой вид, однако всегда цикл ($t_{ц}$) имеет важное значение, если характер работы ВЭУ таков, когда построение ведётся для более вероятного или наиболее тяжёлого цикла [9].

На основе физических данных по ВЭУ производим построение нагрузочной диаграммы на рисунке 4, где приведен вариант, когда механизм $M_c = \text{const}$ работает в режиме изменяющейся скорости.

Эффективность энергокомплекса. В качестве критерия эффективности энергокомплекса принимаем критерий минимальной стоимости 1 кВт·ч, отпускаемой комплексной системой (КС) ВЭУ при заданном простом сроке окупаемости (рис. 5) [9].

Принимаем, что $n + 1$ заданный источник энергии. \ Работу дизель-генератора принимаем

независимой от случайных величин. Тогда он будет безрисковым.

Работа других n -источников ВИЭ подвергается случайным возмущениям – рисковым источником, зависящим от случайных (стохастических) величин (ветер, солнце и т.д.).

Для получения результата необходимы следующие данные:

a – электрическая энергия, вырабатываемая КС ВИЭ в единицу времени; $a=13,5$ кВт·ч;

r_0 – затраты на эксплуатацию безрискового источника за единицу времени (в том числе стоимость оборудования и обслуживания); $r_0=62,5$ руб/ч;

r_k – затраты на часовую эксплуатацию k -типа оборудования из рисковых источников ВИЭ; $r_k=20$ руб/ч;

x_0 – доля (от a), получаемая безрисковым источником (дизель-генератор и др.); $x_0=0,41$;

x_k – доля (от a), получаемая рисковым источником ВИЭ, $x_0=0,59$.

Получаемые в ходе эксперимента случайные величины:

z_k – электрическая энергия, вырабатываемая за единицу времени k -рисковым источником; $z_k=8,0$ кВт·ч.

Предположим, что для каждой из случайных величин z_k имеется выборка из N экспериментальных данных.

Рассчитываемые случайные величины (по выборке для z_k):

$Y_k = r_k / z_k$ – стоимость энергии, произведённой k -рисковым источником за единицу времени, $Y_k=2,35$ руб/ч.

$Y/a = x_0 r_0 + x_1 Y_1 + x_2 Y_2 + \dots + x_n Y_n$ – цена энергии, вырабатываемой КС ВИЭ за единицу времени; $Y_k=34$ руб/ч.

для Y_k :

m_k – средняя стоимость энергии, производимой k -источником за единицу времени (выборочное среднее по Y_k); $m_k=17$ руб·ч;

m_2 – средняя стоимость 1 кВт·ч электрической энергии, производимой солнцем (выборочное среднее по Y_k); $m_2=6$;

$m = M(Y/a) = x_0 r_0 + x_1 r_1 + x_2 r_2$ – средняя стоимость энергии, производимой КС ВИЭ за единицу времени; $m=46,9$ руб·ч;

A – допустимый уровень средней стоимости 1 кВт·ч электрической энергии, производимой кластером ($A < x_0$); $A=6,2$ руб.

Экономическая эффективность, тыс. ден. ед/год:

$S = (P_{\text{норм}}K + n) - (pK + I_3) = \min$,
 где $P_{\text{норм}} = 0,12$ – нормативный коэффициент
 эффективности капиталовложений;

K – единовременное капиталовложение,
 1500,0 тыс. ден. ед/год;

n – текущие затраты при нормальной экс-
 плуатации, 722,7 тыс. ден. ед/год;

p – коэффициент отчисления на текущий
 ремонт и амортизацию; $p=9\%$ от K ;

I_3 – потери электрической энергии, 15,0
 тыс. ден. ед/год;

p_k – коэффициент суммарных отчислений
 от капиталовложений; $p_k=4\%$.

$S = (0,12 \cdot 1500000 + 722700) - (135000 +$
 $15000) = 902700 - 150000 = 752,7$ тыс. ден.
 ед/год;

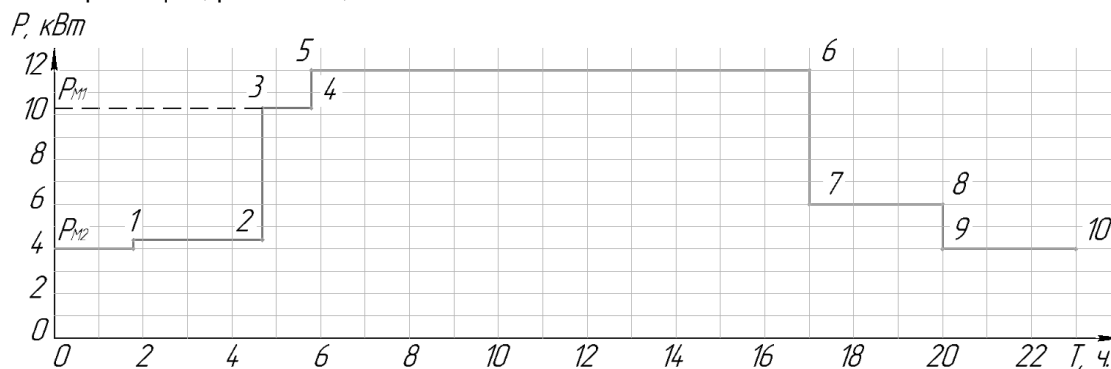


Рис. 3. График работы животноводческого комплекса

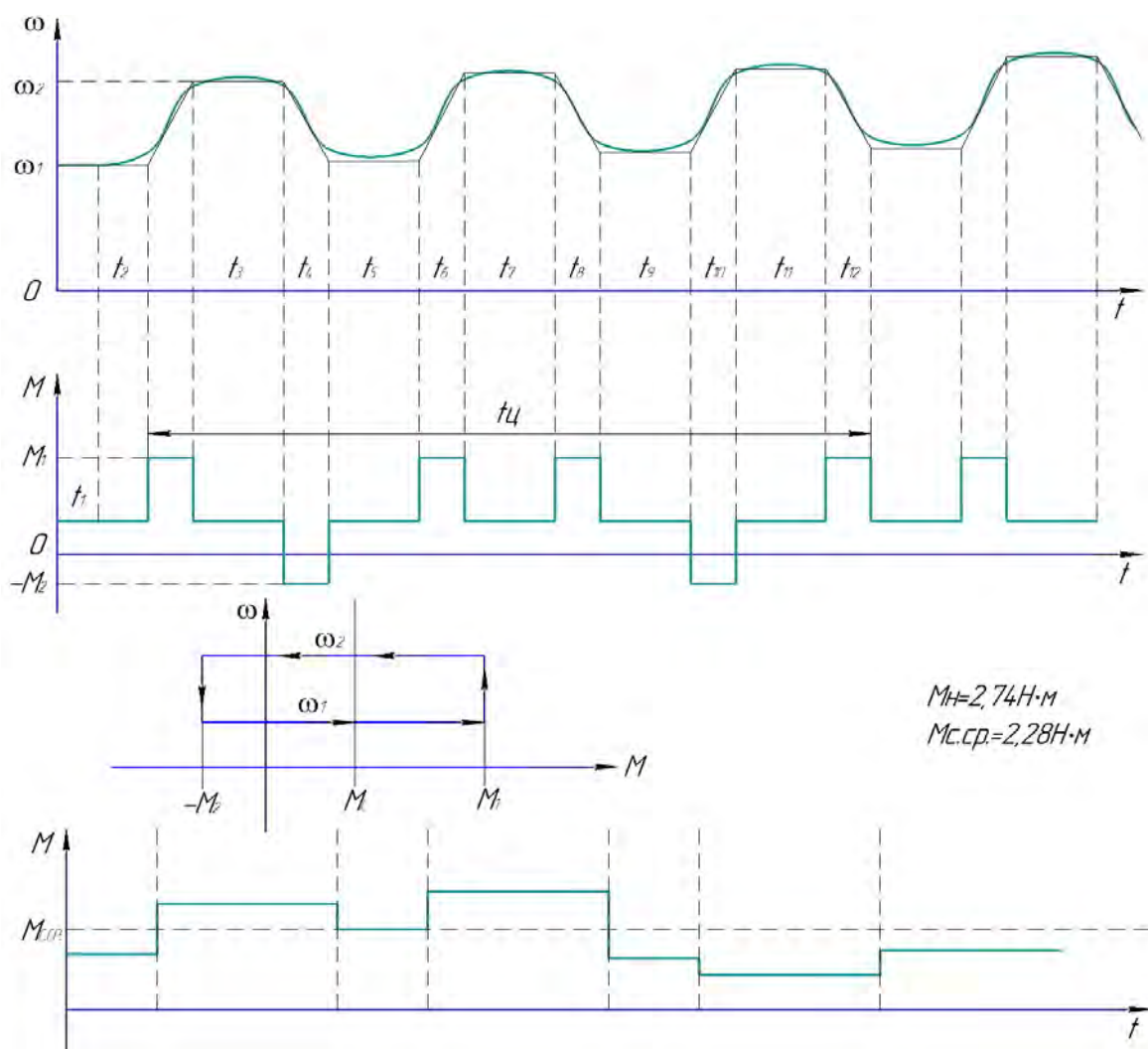
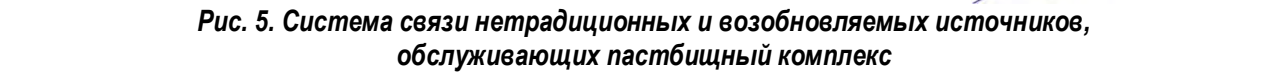


Рис. 4. Нагрузочная диаграмма при $M_c = \text{const}$



C_T – стоимость энергии традиционного источника, руб/кВт·ч; $C_T=12,0-14,0$;

$I_{э\text{к}}$ – издержки эксплуатации, руб/кВт·ч;
 $I_{э\text{к}}=95000$ руб/кВт·ч;
 $T = 8760$ ч/год.
 $T_{\text{ок}} = 1500000 / (48180 \cdot 14 - 95000) = 2,59$ года.

Выводы

Определены и обоснованы нетрадиционные источники энергии для условий пастбищного животноводства. Источники рассчитаны на энергообеспечение всего комплекса технологического оборудования при его максимальной загруженности. Кроме того, планируется к учёту нагрузка бытового сектора обслуживающего персонала.

При использовании средств нетрадиционной энергетики в условиях пастбищ возникает необходимость аккумулирования (накопления) энергии. Для выбора аккумулятора энергии (или комплектования из составляющих) необходимо знать, какого характера должно быть устройство с учетом условий его использования.

Приведена схема генерального плана пастбищного комплекса, разработанного для хозяйств Псковской области и апробированного в двух хозяйствах Великолукского района [8]. На модернизированном варианте схемы приведены объекты нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, планируемых к использованию в перспективном варианте комплекса.

Согласно расчётам, максимальное использование энергии ветрового потока не может превышать 59,3%, а реальное его использование составляет от 10%. В состав принятого оборудования НВИЭ включён наиболее важный элемент-ветроэнергетическая установка. Для её успешного функционирования необходима соответствующая скорость ветра. Известно, что в условиях Псковской области среднемесячная скорость ветра равна 3,26 м/с, а в среднем за год – 3,14 м/с.

Библиографический список

1. Амерханов, Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р. А. Амерханов. – Москва: КолосС, 2003. – 532 с.: ил. – Текст: непосредственный.
2. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 «О механизации стимулирования использования возобновляемых источников энергии». – Текст: непосредственный.

3. Кирюшатов, А. И. Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии в сельскохозяйственном производстве / А.И. Кирюшатов. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 96 с.: ил. – Текст: непосредственный.

4. Шевельков, В. В. Анализ климатических условий Псковской области для возможности использования НВИЭ / В. В. Шевельков. – Псков: Изд-во ППИ, 2011. – № 14.3. – Текст: непосредственный.

5. Андреев, С. В. Солнечные электростанции. – Москва: Наука, 2002. – Текст: непосредственный.

6. Baikov, A.I., Darenkov, A.B. Sosnina, E.N. (2018). Simulation Modeling of a Wind-Diesel Power Plant. *Russ. Electr. Engin.* 89, 161-167. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068371218030033>.

7. Методы расчёта ресурсов возобновляемых источников энергии: учебное пособие / А. А. Бурмистров, В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина [и др.]; под редакцией В. И. Виссарионова. – Москва: ИД МЭИ, 2009. – 144 с.: ил. – Текст: непосредственный.

8. Герасимова, О. А. Ресурсосберегающие технологии пастбищного содержания коров: монография / Б. И. Вагин, В. А. Шилин, О. А. Герасимова. – Великие Луки: РИО ВГСХА, 2014. – 200 с. – Текст: непосредственный.

9. Велькин, В. И. Энергоснабжение удалённого объекта на основе оптимизации кластера ВИЭ: монография / В. И. Велькин. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 100 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Amerkhanov R.A. Optimizatsiia selskokhoziaistvennykh energeticheskikh ustanovok s ispolzovaniem vozobnovliaemykh vidov energii / R.A. Amerkhanov. – Moskva: KolosS, 2003. – 532 s.: il.
2. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 28.05.2013 No. 449 «O mekhanizatsii stimulirovaniia ispolzovaniia vozobnovliaemykh istochnikov energii».
3. Kiriushatov A.I. Ispolzovanie netraditsionnykh vozobnovliaemykh istochnikov energii v selskokhoziaistvennom proizvodstve / A.I. Kiriushatov. – Moskva: Agropromizdat, 1991. – 96 s.: il.
4. Shevelkov V.V. Analiz klimaticheskikh uslovii Pskovskoi oblasti dlia vozmozhnosti ispolzovaniia NVIE // V.V. Shevelkov. – Pskov: Izdatelstvo PPI, 2011. – No. 14.3.
5. Andreev S.V. Solnechnye elektrostantsii. – Moskva: Nauka, 2002.

6. Baikov, A.I., Darenkov, A.B. Sosnina, E.N. (2018). Simulation Modeling of a Wind-Diesel Power Plant. *Russ. Electr. Engin.* 89, 161-167. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068371218030033>.

7. Metody rascheta resursov vozobnovliaemykh istochnikov energii: ucheb. posobie / A.A. Burmistrov, V.I. Vissarionov, G.V. Deriugina i dr.; pod red. V.I. Vissarionova. – Moskva: ID MEI, 2009. – 144 s.: il.

8. Gerasimova O.A. Resursosberegaiushchie tekhnologii pastbishchnogo soderzhaniia korov / B.I. Vagin, V.A. Shilin, O.A. Gerasimova: monografiia. – Velikie Luki: RIO VGSKhA, 2014. – 200 s.

9. Velkin V.I. Energosnabzhenie udalennogo obiekta na osnove optimizatsii klastera VIE: monografiia. – Ekaterinburg: Ur FU, 2013. – 100 s.



УДК 338.28

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-09-108-114

**Р.А. Касымбеков, Б.С. Султаналиев,
Б.Ш. Айтуганов, Ы.Д. Осмонов, С.Ж. Акматова**
**R.A. Kasymbekov, B.S. Sultanaliev,
B.Sh. Aytuganov, Y.D. Osmonov, S.Zh. Akmatova**

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АГРАРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА

CONCEPTUAL MODEL OF THE AGRICULTURAL TECHNOLOGY PARK

Ключевые слова: агротехнопарк, инновация, технология, наука, производство, сельское хозяйство, внедрение, разработка, продукт.

Технологические парки сыграли ведущую роль в развитии экономики многих стран. Система технопарков с дееспособным механизмом внедрения инноваций и технологий позволила этим странам на порядок опередить других. С развитием таких промышленных технопарков все актуальнее становится вопрос создания аграрных технологических парков – агротехнопарков. Как показывает мировая практика, агротехнопарки создаются при университетах, но большинство проектов, проделываемых в них, мало востребованы из-за слабой ориентации на рынок. Предлагаемая в статье концептуальная модель агротехнопарка дает четко разработанную схему, создает упорядоченный и систематизированный механизм коммерциализации технологий и инноваций, представляет возможность разработки востребованного рынком продукта, благодаря предварительному анализу и изучению спроса на продукт. Концептуальная модель охватывает все аспекты, сферы и направления деятельности сельского хозяйства и

предлагает эффективный механизм внедрения инноваций и новых технологий в аграрное производство. В модели агротехнопарка показан порядок оказания поддержки резидентам и механизм содействия их стабильному росту. Благодаря наличию отделов рекламы, маркетинга и продаж создается мощная воронка потенциальных клиентов, оказывающих влияние на стабильное развитие фирм-резидентов агротехнопарка. Четкое взаимодействие различных структурных подразделений, их операционная и функциональная взаимосвязь обеспечивают эффективность агротехнопарка. Оказание финансовой, юридической и логистической помощи, обеспечение необходимыми офисными и производственными участками, а также переложение функций бухгалтерского учета, рекламы продукта на опытных специалистов соответствующих отделов агротехнопарка дают возможность быстрого и гарантированного развития фирм-резидентов. Предложенную бизнес-модель можно применить для всех направлений аграрных технологий, что позволяет обеспечивать финансовую стабильность и ускоренное развитие самого агротехнопарка.