

СОГЛАСОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

С.К. Шерьязов, А.А. Аверин, М.В. Шелубаев

В статье рассмотрены условия использования возобновляемых источников в энергообеспечении потребителей. Для эффективного энергообеспечения необходимо согласовать режимы поступления и потребления возобновляемой энергии. Для оценки условий использования ВИЭ введены специальные критерии.

В современных условиях в системе энергоснабжения наряду с ее надежностью и качеством энергии, особое значение приобретает ее экономичность. Дальнейшее развитие энергетики требует рационального использования топливно-энергетических ресурсов путем разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Развитие сельского хозяйства тесно связано с условием энергообеспечения и потребует больше энергии. В этих условиях необходимо снижать затраты на потребляемую энергию и поиск условия эффективного энергообеспечения.

Повышение эффективности энергообеспечения становится более актуальной в сельской энергетике, из-за наличия потребителей требующих автономной системы энергоснабжения. В настоящее время для автономного энергоснабжения используются местные электрические станции (МЭС) и теплогенераторные установки (ТГУ), различных типоразмеров и мощности. В качестве МЭС рассматриваются электростанции, работающие на базе различных видов органического топлива (бензин, дизтопливо, газ и т.д.).

Для рационального использования топливно-энергетических ресурсов в системе традиционного энергоснабжения предлагается использовать возобновляемые источники энергии (ВИЭ), позволяющие снизить потребление органического топлива. При этом наиболее перспективным направлением является использование солнечной и ветровой энергии, по признаку распространенности и повсеместности для потребителя [1].

В настоящее время в мировой и отечественной практике накоплен достаточный опыт по использованию солнечной и ветровой энергии. В мире для энергоснабжения действует огромный парк гелиоэнергетических (ГЭУ) и ветроэнергетических установок (ВЭУ). Солнечная энергия в основном используется для выработки тепловой энергии, а энергия ветрового потока для выработки электрической энергии.

Возобновляемая энергия в традиционной системе энергоснабжения рассматривается как дополнительный источник. ВИЭ используется совместно с традиционным источником. В такой, комбинированной установке МЭС и ТГУ рассматриваются как основные источники энергии, обеспечивающие надежность энергоснабжения и качество энергии, а ГЭУ и ВЭУ – как дополнительный источник энергии. Это объясняется особенностью поступления возобновляемой энергии, характеризующиеся непостоянством, случайным режимом и неуправляемостью.

Использование возобновляемой энергии, требует не мало затрат, в частности на приобретение энергетической установки. Однако за счет экономии органического топлива эти затраты должны самоокупиться и в целом повысить эффективность работы всей системы энергоснабжения. Тогда в первую очередь, само использование возобновляемых источников энергии должно быть наиболее эффективным.

Эффективное использование солнечной и ветровой энергии требует разработки системы энергоснабжения с оптимальными параметрами ГЭУ и ВЭУ. При этом выбор этих параметров должен основываться на определенных принципах, главным из которых является системный подход [2].

Эффективность использования ВИЭ зависит от многих факторов и основным энергетическим показателем является доля потребной энергии замещаемой ВИЭ, которая определяется коэффициентом замещения [1]

$$f = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{п}}},$$

где $Q_{\text{в}}$ и $Q_{\text{п}}$ – соответственно вырабатываемая энергия от ВИЭ и потребная энергия для потребителя.

Для оценки сравнительной эффективности ВИЭ коэффициент замещения, как интегральный показатель должен быть определен за расчетный период (сезон, год). Однако по приведенной формуле сложно оценить коэффициент замещения за расчетный период,

т.к. он складывается из данных за более короткий срок, например за месяц. Внутри расчетного периода показатели в числителе и знаменателе изменяются в широких пределах. Причем изменчивость вырабатываемой и потребной энергии носит случайный характер. Это еще раз доказывает на не допустимость использования некоторых осредненных данных, как предлагается в известных методиках, без учета случайного характера поступающей возобновляемой энергии.

Для решения поставленной задачи необходимо в отдельности исследовать режимы поступления возобновляемой энергии и энергопотребления потребителем. Когда известны эти режимы, то следует продолжить исследование системно, т.е. совместно учитывая условия поступления и потребления преобразованной возобновляемой энергии.

Решение задач связанных с нестационарными процессами, как правило, сводится к поиску повторяющихся циклов и приведения их к стационарным условиям. Реальные процессы изменения поступающей и потребляемой энергии в общем случае рассматриваются как нестационарные случайные процессы, в которых можно выделить повторяющиеся циклы. При этом изменение рассматриваемых процессов внутри цикла также может иметь случайный нестационарный характер и в отдельные периоды можно представить их как стационарный.

Для двух рассматриваемых режимов приведение их к стационарным условиям должен быть подчинен к выбору одного общего периода времени. Эти условия должны учитывать объективно сложившиеся режимы поступления солнечной и ветровой энергии и соответственно режимы потребления преобразованной возобновляемой энергии.

Анализ режимов поступающих солнечной и ветровой энергии показывает, что они имеют явно выраженный суточный и годовой ход. При этом суммарная энергия за сутки, внутри конкретного месяца или за год, носит более стабильный характер и можно выделить повторяющиеся суточные и годовые циклы.

Внутри суток или года изменение солнечной и ветровой энергии также носит нестационарный случайный процесс, в которой можно выделить повторяющиеся процессы и рассматривать их как стационарный процесс. В отдельные часовые интервалы или месяцы можно установить максимальные или минимальные значения поступающей возобновляемой энергии, которые повторяются из года в год.

При использовании солнечной и ветро-

вой энергии лучше определять суммарную энергию за определенные сроки, например за сутки или за неделю. Это объясняется наличием аккумуляторов энергии в составе ГЭУ и ВЭУ на различные сроки по длительности.

Анализ режимов потребления электрической и тепловой энергии в сельском хозяйстве показывает, что изменение нагрузки также носит случайный характер. Случайный характер наиболее ярко наблюдается внутри суток и года. В режиме потребления энергии можно различать повторяющиеся суточные и годовые циклы и обнаружить более устойчивые показатели как суточная сумма и годовая сумма потребной энергии. Суточная сумма потребной энергии может быть устойчивой только внутри конкретного месяца.

Зная характер потребителя можно определить суточную потребность в тепловой энергии или расчетную электрическую нагрузку и количество потребляемой энергии за сутки и за год. В специальных технических справочниках или нормативных документах приводятся необходимые данные по потреблению энергии, например суточная норма расхода горячей воды или расчетная электрическая нагрузка на вводе потребителя.

Сравнительный анализ режимов поступающей и потребляемой энергии показывает, что для них наиболее характерной является суточные показатели. При этом суточные показатели следует определять для каждого месяца, т.к. они меняются из месяца в месяц, и в дальнейшем необходимо учитывать динамику изменения и их случайный характер.

Внутри месяца из двух рассматриваемых показателей наиболее стабильной является суточная потребная энергия и можно ее считать постоянной в течение месяца. Поступающая за сутки возобновляемая энергия более изменчива, и в течение месяца ее можно ожидать с определенной вероятностью.

Таким образом, принимая за основные энергетические характеристики возобновляемой и потребляемой энергии их суточные показатели можно определить основной параметр энергетической установки: площадь солнечных коллекторов (СК) ГЭУ или ометаемую площадь ветроколеса (ВК) ВЭУ. Необходимая площадь СК или ВК, как сказано выше, определяется для каждого месяца [3]

$$\dot{A}_i = \frac{Q_{i, \text{нóòi}}}{Q_{\text{á.óä.нóò.i}}},$$

где $Q_{\text{в.уд.сут.i}}$ – вырабатываемая энергия с удельной площади СК или ВК за сутки в i -ом месяце.

В виду изменчивости вырабатываемой

СОГЛАСОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

энергии для каждого месяца потребуется своя площадь. В течение года она изменяется в широких пределах и из их числа можно выделить минимальную (A_0) и максимальную площадь (A_m) СК или ВК. Тогда условия энергоснабжения потребителя за сутки, в i -ом месяце, при заданной площади (A) можно оценить коэффициентом энергообеспечения [3]

$$\hat{E}_{iA,i} = \frac{Q_{a,\text{н}00,i}}{Q_{i,\text{н}00,i}} = \frac{Q_{a,\text{0}0\text{0},i}}{Q_{i,\text{н}00,i}} \hat{A} \leq 1$$

Превышение ожидаемой выработки от потребной приводит к излишкам энергии, которые не используются и теряются в окружающей среде. Тогда коэффициент энергообеспечения принимает значение равной или меньше единицы исходя из условий

$$\hat{E}_{iA,i} = \begin{cases} \frac{Q_a}{Q_i} & \text{если } Q_i \geq Q_a \\ 1 & \text{если } Q_i \leq Q_a \end{cases}$$

На рис. 1 показаны условия энергообеспечения потребителя в зависимости от площади СК или ВК. По оси ординат отложена энергия в относительных единицах, которая, по сути, показывает насколько обеспечивается потребная энергия от возобновляемого источника и шкала равной единице, соответствует условию полного обеспечения потребителя необходимой энергией.

На графике показаны линии соответствующей энергии за сутки, вырабатываемой с удельной площади СК или ВК в течение i -го месяца. При этом они отличаются так, что $Q_{в.уд.0} > Q_{в.уд.1} > \dots > Q_{в.уд.i} > Q_{в.уд.m}$.

При $Q_{в.уд.0}$, когда ожидается максимальная суточная выработка, потребная энергия полностью обеспечивается при площади A_0 , а при суточной выработке $Q_{в.уд.1}$ требуется площадь A_1 и т.д. Различная суточная выработка ожидается в разные месяцы и соответственно, как было сказано, для каждого месяца требуется своя площадь СК или ВК.

При проектировании ГЭУ или ВЭУ необходимо выбрать определенную площадь солнечных коллекторов или ветроколеса. Тогда при выбранной площади ГЭУ или ВЭУ, в разные месяцы можно ожидать различную долю энергообеспечения от суточной потребности. Так при площади A_0 можно ожидать полного обеспечения суточной потребности в месяцы, когда в сутки с единицы площади СК или ВК вырабатывается $Q_{в.уд.0}$, а в остальные месяцы, когда выработка ожидается меньше, доля энергообеспечения соответственно меньше единицы.

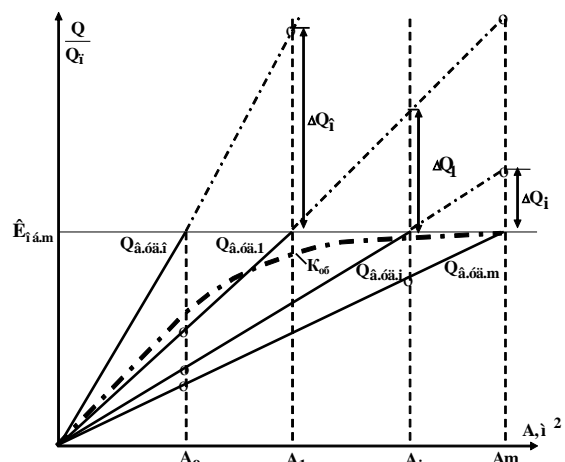


Рис. 1. Условия энергообеспечения ВИЭ при различных параметрах энергоустановки ($Q_{в.уд.0} > Q_{в.уд.1} > \dots > Q_{в.уд.i} > Q_{в.уд.m}$)

При площади A_1 следует ожидать полного обеспечения в сутки в те месяцы, когда ожидается суточная выработка $Q_{в.уд.0}$ и $Q_{в.уд.1}$, а в остальные месяцы доля энергообеспечения ожидается меньше единицы. Причем в те месяцы, когда наблюдается суточная выработка $Q_{в.уд.0}$ ожидается потеря поступающей возобновляемой энергии, т.к. при площади $A_1 > A_0$ можно ожидать выработку энергии больше чем требуется. Тогда в эти месяцы установленная площадь A_1 используется не полностью. На графике данный режим показан штриховой линией.

При площади A_m следует ожидать полного обеспечения суточной потребности во всех месяцах рассматриваемого сезона или года. Вместе с тем следует ожидать максимальное недоиспользование установленной площади СК или ВК и соответственно возобновляемой энергии. При данной площади снижается эффективность использования ВИЭ.

Таким образом, с повышением площади СК или ВК происходит рост вырабатываемой энергии и энергообеспечения потребителя от ВИЭ. Однако, в отдельные моменты времени, с ростом площади выработка возможна больше, чем требуется и следует ожидать не полное использование установленной площади и соответственно потери энергии.

Для оценки условий использования установленной площади СК или ВК, вводится коэффициент использования ГЭУ или ВЭУ, показывающий долю вырабатываемой энергии в покрытии потребной энергии [3]

$$\hat{E}_{\hat{a},i} = \frac{Q_{i,i}}{Q_{a,i}} \leq 1.$$

По сути, данный коэффициент $K_{и}$ получается обратной коэффициенту энергообес-

печения. Повышение коэффициента энергообеспечения сопровождается снижением коэффициента использования установленной площади СК или ВК. Значение данного показателя определяется из условия

$$\hat{E}_e = \begin{cases} \frac{Q_i}{Q_a} & \text{если } Q_i \leq Q_a \\ 1 & \text{если } Q_i \geq Q_a \end{cases}$$

В случае, когда вырабатываемая энергия меньше, чем потребная, установленная площадь используется полностью и $K_{и}=1$. В противном случае ожидается недоиспользование энергоустановки и потери энергии.

Таким образом, исследование режимов выработки и потребления энергии позволило определить условия энергообеспечения суточной потребности и использования при этом потребной площади СК и ВК в различные месяцы рассматриваемого срока. Анализ условий энергообеспечения показывает на ее неравномерность в течение года и сложно выявить определенную закономерность или годовой ход. В принципе это следовало бы ожидать, т.к. условия поступления и потребления возобновляемой энергии в меньшей степени связаны между собой.

В сложившейся ситуации для оценки условий энергообеспечения за расчетный период (год, сезон) можно представить некоторую усредненную величину. В качестве такой величины предлагается среднесуточное значение коэффициента энергообеспечения за рассматриваемые месяцы, при заданной площади СК или ВК (рис. 1)

$$\hat{E}_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\text{ср},i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Q_{\text{а.ср.н.ср},i}}{Q_{\text{и.н.ср},i}} \lambda$$

Средняя величина коэффициента энергообеспечения за расчетный период показывает долю суточной потребной энергии, покрываемой энергоустановкой в течение расчетного периода (сезона или года) и об условиях ежесуточного энергообеспечения потребителя в течение расчетного периода в зависимости от площади СК (ВК). Анализ данных показывает, что с ростом площади СК (ВК) наблюдается рост коэффициента энергообеспечения. При этом в начале наблюдается линейный рост, а затем нелинейный рост коэффициента энергообеспечения.

Линейная зависимость $K_{об}$ наблюдается когда площадь СК или ВК меньше, чем необходимая минимальная площадь ($A < A_0$) и вся вырабатываемая энергия в течение расчетного периода используется потребителем. Чем больше площадь СК (ВК), тем выше коэффициент энергообеспечения.

При дальнейшем росте площади СК (ВК)

($A > A_0$) происходит нелинейный рост $K_{об}$. В действительности, при росте площади, в отдельные месяцы можно ожидать выработку больше, чем требуется, а в другие месяцы - меньше, чем требуется. При одной и той же площади СК (ВК) в отдельные месяцы $K_{об} = 1$, а в другие месяцы - $K_{об} < 1$. Среднее значение коэффициента энергообеспечения за расчетный период определяется без учета излишек, т.е. когда энергия не аккумулируется на длительный срок.

Таким образом, условия энергообеспечения потребителей солнечной и ветровой энергией зависят от основного параметра ГЭУ и ВЭУ, суммарной площади солнечных коллекторов и ометаемой площади ветроколеса. Выбор их влияет на условия работы энергоустановки и на эффективность их использования.

Для расчетного периода можно оценить условия использования установленной площади СК (ВК). Для этого по полученной для каждого месяца суточной величине $K_{и}$, можно определить его среднее значение

$$\hat{E}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{e,i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Q_{\text{и.ср},i}}{Q_{\text{а.ср.н.ср},i}} \lambda$$

На рис.2 приведена зависимость коэффициентов энергообеспечения и использования энергоустановок от установленной площади СК (ВК).

Анализ приведенных данных показывает, что при ($A < A_0$) вырабатываемая энергия ГЭУ или ВЭУ полностью используется потребителем и $K_{и}=1$. При дальнейшем росте площади СК (ВК) можно ожидать выработку больше, чем требуется потребителю и соответственно снижение коэффициента использования установленной площади ГЭУ или ВЭУ. При площади энергоустановки равной A_m , когда происходит полное обеспечение суточной потребной энергии в течение расчетного периода, ожидаются наибольшие потери энергии, которые приводят к еще большему снижению коэффициента использования энергоустановки $K_{и}$. Дальнейший рост площади энергоустановки приведет к снижению эффективности системы в целом, т.к. коэффициент обеспеченности остается без изменений, а условия использования установленной площади энергоустановки ухудшаются (штриховая линия на рис. 2).

СОГЛАСОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

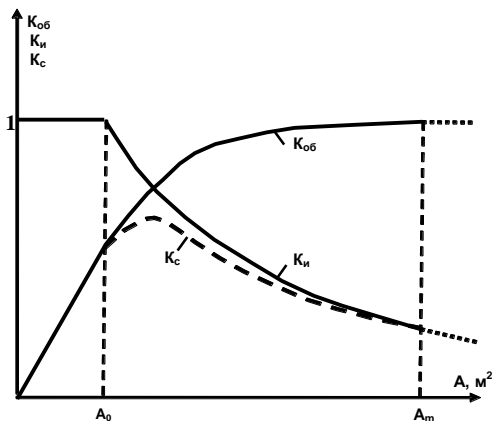


Рис.2. Зависимость коэффициентов энергообеспечения, использования и согласования от площади СК (ВК)

Таким образом, желание повысить энергообеспеченности потребителей за счет возобновляемой энергии может привести к снижению эффективности использования энергоустановок ГЭУ и ВЭУ. Выбор энергоустановки с большой площадью может привести к ее недоиспользованию, т.е. понести неоправданные затраты. Предложив меньшую площадь СК (ВК), снижаем долю энергообеспечения потребителей от ВИЭ, тем самым недоиспользуем возможности возобновляемой энергии. Поэтому представляется интересным третий показатель, согласующий выше рассмотренные показатели.

Предлагаемый показатель, коэффициент согласования должен показать, как согласуются условия энергообеспечения и использования энергоустановки с заданной площадью

$$\hat{E}_{\bar{n}} = \hat{E}_{\hat{a}} \cdot \hat{E}_{\hat{e}}$$

Согласование условий энергообеспечения и использования энергоустановки выражен произведением двух взаимосвязанных показателей, т.к. рост одного показателя сопровождается снижением другого и наличие недостатка в энергообеспечении, и потери энергии при этом, только снижает эффективность энергосистемы. На рис.2 приводится коэффициент согласования 2-х режимов: выработки и использования (потребления) энергии.

Анализ зависимости коэффициента согласования от площади СК (ВК) показывает, что в начале с повышением площади энергоустановки наблюдается рост показателя $K_{с}$. Причем когда $\hat{A} \leq \hat{A}_0$, коэффициент согласования определяется условием энергообеспеченности и $\hat{E}_{\bar{n}} = \hat{E}_{\hat{a}}$.

Дальнейший рост площади энергоустановки относительно A_0 замедляет рост коэффициента

коэффициента $K_{с}$ и при определенной площади, когда $\hat{E}_{\hat{a}} = \hat{E}_{\hat{e}}$, ожидается его максимум. При этом за рассматриваемый срок количество ожидаемых потерь возобновляемой энергии настолько, насколько не достаточно энергии для полного энергообеспечения потребителя.

Дальнейший рост площади приводит к снижению коэффициента согласования, т.к. ожидаем больше потерь энергии, если даже будет возможность покрыть недостающую энергию. При площади $\hat{A} \geq \hat{A}_m$ коэффициент согласования определяется условием использования энергоустановки и $\hat{E}_{\bar{n}} = \hat{E}_{\hat{e}}$.

Таким образом, эффективность использования солнечной и ветровой энергии зависит от правильного выбора площади СК или ВК. Площадь влияет как на энергетические, так и на экономические показатели ГЭУ и ВЭУ.

Энергетические показатели оцениваются как условием энергообеспечения, так и условием использования установленной площади энергоустановки. Эти показатели взаимосвязаны и рост одного показателя сопровождается снижением другого. Поэтому предложенный третий показатель позволяет согласовать режимы поступления, выработки и потребления энергии.

В начале, когда наблюдается рост коэффициента $K_{с}$, определяющим условием эффективного использования ВИЭ является коэффициент энергообеспечения. Условия максимума коэффициента согласования требует аккумулятора энергии в составе энергоустановки, с емкостью рассчитанной на длительный период. При этом наличие аккумулятора энергии достаточной емкости позволяет полностью снизить потери в отдельные месяцы и компенсировать недостаток энергии в другие месяцы.

Дальнейший рост площади энергоустановки снижает ее эффективность, т.к. ожидаемые излишки энергии превышают потребность. Для аккумуляции энергии требуется большая емкость, которая к тому же может быть не полностью использована. В этом случае следует ожидать наихудшие условия работы энергоустановок и системы энергоснабжения в целом.

Приведенный анализ показывает, что условия эффективного использования возобновляемой энергии определяется в основном условием энергообеспечения потребителя, количеством сэкономленного топлива. Однако коэффициент энергообеспечения, полученный по суточным показателям выработки и потребляемой энергии, не в полной

мере отражает условия энергообеспечения за месяц и тем более за более длительный срок.

За длительный срок эксплуатации ГЭУ и ВЭУ следует определять долю замещающей энергии, которая должна учитывать, в первую очередь, случайный характер поступающей энергии. При этом, лучше для конкретного месяца, по данным суточного энергообеспечения, установить долю замещающей энергии за данный срок.

Существующие гелио- и ветроэнергетические кадастры позволяют, для каждого месяца установить интегральную обеспеченность суточной поступающей возобновляемой энергии и вырабатываемой энергии, по энергетическим характеристикам солнечной и ветровой энергии. По интегральной обеспеченности суточной выработки $p(Q_{об})$ не сложно определить сколько дней ожидается вырабатываемая энергия от ГЭУ или ВЭУ [4]

$$n = N \cdot p(Q_{\hat{a}}),$$

где N – число дней в месяце.

Тогда доля замещающей энергии за месяц зависит от соотношения числа дней, когда ожидается соответствующая энергообеспеченность $K_{об}$, к числу дней в месяце. Коэффициент замещения в i -м месяце

$$f_i = \hat{E}_{i\hat{a},i} \frac{n_i}{N_i}$$

или

$$f_i = \hat{E}_{i\hat{a},i} \cdot p_i(Q_{\hat{a}})$$

По значению коэффициента замещения за месяц не сложно установить долю замещающей энергии за расчетный период

$$f = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m f_{i,i} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{E}_{i\hat{a},i} \cdot p_i(Q_{\hat{a}})$$

или при известных значениях коэффициента обеспеченности за сезон или год

$$f = \hat{E}_{i\hat{a}} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m p_i(Q_{\hat{a}})$$

На рис. 3 приведены коэффициенты энергообеспеченности и замещения за год в зависимости от площади энергоустановки от площади СК (ВК).

Анализ приведенных данных показывает, что доля замещающей энергии, как за месяц, так и за более длительный период зависит от условий поступления возобновляемой энергии. При условии, когда ожидается полное обеспечение суточной потребности в энергии, доля замещающей энергии за месяц и за более длительный период определяется интегральной обеспеченностью вырабатываемой энергии.

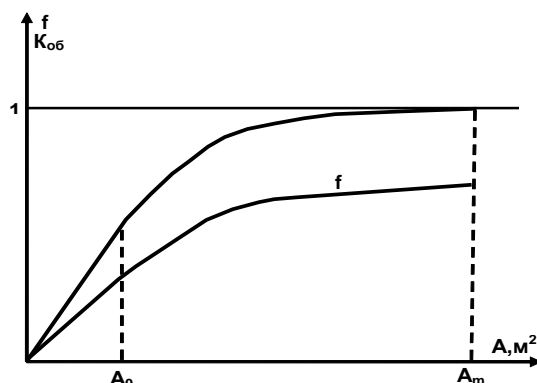


Рис. 3. Зависимость коэффициентов энергообеспечения и замещения

Таким образом, эффективное энергообеспечение сельскохозяйственных потребителей возможно путем использования возобновляемых источников. При этом возобновляемая энергия рассматривается как дополнительный источник в существующей традиционной системе энергоснабжения.

Для эффективного энергообеспечения необходимо определить оптимальную долю потребной энергии замещающей от ВИЭ. Доля замещающей энергии зависит от условий согласования возобновляемого источника с потребителем.

Согласование режимов поступления возобновляемой энергии и потребления после ее преобразования является важным этапом в процессе выработки оптимального решения по использованию солнечной и ветровой энергии. Все необходимые затраты на использование ВИЭ должны соотноситься с условием замещения потребной энергии после согласования режимов работы источника и потребителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шерьязов С.К. Обоснование эффективной системы энергоснабжения с использованием возобновляемой энергии // Ползуновский вестник, вып. 4, №2 /АлтГТУ, Барнаул, 2006ю - С. 434-439.
2. Саплин Л.А, Шерьязов С.К. Основные положения и принципы исследования возобновляемого источника энергии / Вестник ЧГАУ, 2005., т. 44. - С. 112-116.
3. Саплин Л.А, Шерьязов С.К. и др. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников./ Учебное пособие. ЧГАУ, Челябинск, 2000. - 194 с.
4. Шерьязов С.К., Аверин А.А. Оценка энергообеспеченности потребителя за счет возобновляемого источника // Вестник КрасГАУ, выпуск 6 / Красноярск, 2007. - С. 221-225.