

Яковлева Е.А.^{1,2}, Бучаева С.А.³

¹ Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации

² Санкт-Петербургский государственный университет

³ Дагестанский государственный институт народного хозяйства, г. Махачкала

Экономико-математическая модель распределения энергоресурсов для малой гидроэнергетики на основе теории игр

АННОТАЦИЯ:

В статье предложена постановка и решение задачи распределения энергоресурсов для малой гидроэлектростанции (МГЭС) на основе теории игр с учетом двухуровневой модели организационной системы МГЭС и однотипного ресурса. В ней представлено описание ее принципиального алгоритма для поиска решений.

Предложенная экономико-математическая модель распределения энергоресурсов для малой гидроэнергетики на основе теории игр полезна для нужд коммерческой службы МГЭС, для решения вопроса на рынке распределения мощности. Такой подход позволяет учитывать интересы всех потребителей электроэнергии, их характер поведения, искажение информации относительно ожидаемого спроса на электроэнергию, расширяет области применения математического моделирования для решения проблемы энергодефицита.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по Государственному заданию Финансового Университета при Правительстве РФ 2015 года.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергоресурсы, теория игр, модель МГЭС

JEL: C61, C70, Q41

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Яковлева, Е.А., Бучаева, С.А. (2015). Экономико-математическая модель распределения энергоресурсов для малой гидроэнергетики на основе теории игр. *Российское предпринимательство*, 16(22), 3989–4002. doi: [10.18334/rp.16.22.2151](https://doi.org/10.18334/rp.16.22.2151)

Яковлева Елена Анатольевна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и финансов, Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации; профессор кафедры экономики и управления предприятиями, Санкт-Петербургский государственный университет (helen7199@gmail.com)

Бучаева Светлана Азизовна, соискатель степени кандидата экономических наук, старший преподаватель кафедры «Налоги и налогообложение», Дагестанский государственный институт народного хозяйства, г. Махачкала

ПОСТУПИЛО В РЕДАКЦИЮ: 10.11.2015 / ОПУБЛИКОВАНО: 30.11.2015

ОТКРЫТЫЙ ДОСТУП: <http://dx.doi.org/10.18334/rp.16.22.2151>

(с) Яковлева Е.А., Бучаева С.А. / Публикация: ООО Издательство "Креативная экономика"

Статья распространяется по лицензии Creative Commons CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

ЯЗЫК ПУБЛИКАЦИИ: русский



Введение

Целью исследования является формализация поиска решений по распределению выпускаемой энергии по заявкам потребителей в условиях энергодефицита.

Особую роль для поддержания конкурентоспособности отечественной промышленности имеет ТЭК: от обеспечения бесперебойной подачи энергии, тепла и топлива в рамках единой энергетической системы России и до решения проблемы энергодефицита в отдаленных районах страны. За последние десятилетия все отрасли ТЭК, обеспечивая потребности России в топливе, тепле и энергии, провели масштабные структурные преобразования. Однако полное решение задачи преодоления энергодефицита еще не реализовано для удаленных, труднодоступных, не имеющих центрального энергоснабжения регионов (Кавказ, Север России, Дальний Восток и Сибирь).

Именно поэтому решение проблемы энергодефицита на основе реализации инвестиционных проектов (ИП) строительства малых гидроэлектростанций (МГЭС) будет способствовать снижению зависимости ряда регионов России (что актуально и для Республики Дагестан) от внешних поставщиков электроэнергии, обеспечивать занятость населения, т.е. создавать благоприятные условия для социально-экономического развития региона. На основе принципов теории игр представим решение экономической задачи распределения ресурсов в целях формализации распределения энергии для МГЭС или каскада МГЭС, а именно двухуровневую модель организационной системы МГЭС, которая состоит из центра МГЭС и некоторого числа хозяйствующих субъектов (потребителей продукции) и однотипного ресурса, коим и является энергия.

Постановка и решение задачи

Постановка задачи: пусть хозяйствующие субъекты или потребители электроэнергии подают годовые заявки на получение электроэнергии (в кВт). Участники – потребители направляют в центр МГЭС заявки на обеспечение энергоресурсом (годовые). В ходе формирования плана отпуска энергии на следующий год, центр МГЭС на основании заявок потребителей распределяет имеющийся в его распоряжении энергоресурс.

Положительный исход возникает в том случае, если все заявки могут быть удовлетворены полностью, то центр МГЭС выделяет каждому потребителю столько электроэнергии, сколько он указал в заявке.

В случае дефицита энергии, когда установленная мощность МГЭС (30 мВт) не может удовлетворить всех потенциальных потребителей, то экономическая задача распределения ресурса становится нетривиальной и можно предложить решения, реализованные по принципам теории игр, каждое из которых имеет сильные и слабые стороны.

Для описания алгоритма принятия решения примем следующие обозначения, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Обозначения в модели распределения ресурсов МГЭС

Наименование	Обозначение
Количество потребителей электроэнергии	N
Потребитель энергии, $i = 1 \dots N$	S_i
Заявка (стратегия) i -ого потребителя на энергию	s_i
Ресурс (стратегия), направляемый i -ому потребителю	x_i
Потребность i -ого потребителя в электроэнергии	r_i
Приоритет потребителя, $i = 1 \dots N$	A_i
Установленная мощность МГЭС	R

Источник: Составлено авторами.

Пусть двухуровневая организационная система МГЭС имеет N потребителей энергии ($r_i, i=1\dots N$), каждый из которых предоставляет центру МГЭС заявки s_i ($i=1\dots N$) на отпуск электроэнергии. Согласно техническим нормативам установленная мощность МГЭС равняется R . Требуется составить план продаж электроэнергии каждому потребителю ($x_i, i=1\dots N$) на основе ограниченного ресурса и информации о потребителях (см. рисунок 1). Для дальнейшего решения отметим отсутствие проблемы асимметрии информации, это означает, что каждый потребитель формирует собственную заявку в соответствии со своими реальными потребностями r_i , которые заранее не известны центру МГЭС. Тогда выражение s_i будет описывать поведение потребителя или являться его стратегией как участника иерархической игры. А выражение x_i – это стратегии центра МГЭС. Иллюстрацией двухуровневой организационной системы МГЭС будет рисунок 1:

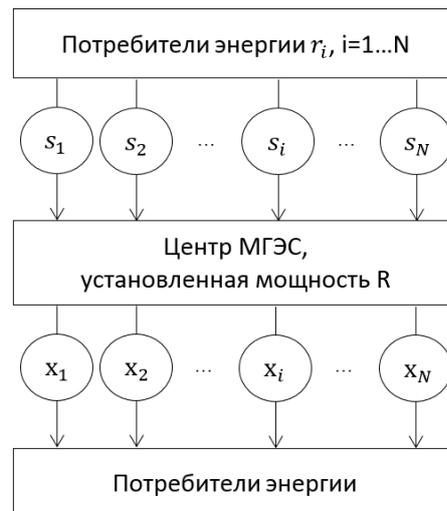


Рисунок 1. Двухуровневая организационная система МГЭС
Источник: Составлено авторами.

Согласно рисунку 1 решение поставленной задачи распределения энергоресурсов распадается на два основных случая.

1. В случае отсутствия дефицита энергии: $\sum_{i=1}^n S_i \leq R$, решением МГЭС является удовлетворение всех заявок, т.е. каждый потребитель получает требуемое количество энергии: $x_i = s_i, i = 1 \dots N$.

2. В случае дефицита энергии или: $\sum_{i=1}^n S_i > R$ или сумма всех заявок превышает установленную мощность МГЭС.

Далее рассмотрим 4 варианта решений для случая дефицита энергоресурса:

1. При механизме прямого приоритета принятия решений.
2. При механизме обратного приоритета.
3. Конкурсный механизм.
4. Механизм открытого управления

1. Применение механизма прямого приоритета принятия решений

Пусть в случае использования механизма прямого приоритета для каждого потребителя энергии S_i вместе с его соответствующими заявками $s_i, i=1...N$ назначается определенный приоритет $A_i, i = 1 \dots N$, а также $s_i > x_i$:

Тогда правило принятия решения будет следующим:

$$x_i = \min\{s_i, \gamma \times A_i \times s_i\}, \text{ при } i = 1 \dots N \quad (1)$$

При этом коэффициент распределения γ является общим для всех потребителей параметром, который определяется с учетом условия, что весь ресурс распределяется полностью, а именно выполняется равенство:

$$\sum_{i=1}^n x_i = R \quad (*)$$

Упрощением данного подхода «механизма прямого приоритета» будет являться частный случай, когда все потребители имеют равный приоритет с точки зрения центра МГЭС: $A_1 = A_2 = \dots = A_i = A_N$. Продолжим поиск решения при условии «равенства приоритетов». Однако заметим, что случай $x_i = s_i$, когда каждый потребитель получает столько электроэнергии, сколько установил в своей заявке, невозможен в силу предположения о дефиците. Тогда из условия (*) следует, что: $\sum_{i=1}^n \gamma s_i = R$ и коэффициент распределения энергии можно выразить формулой: $\gamma = \frac{R}{\sum_{i=1}^n s_i}$, смысл которой довольно прост: все заявки секвестрируются пропорционально путем умножения на коэффициент γ . Пример применения механизма прямых приоритетов для МГЭС мощностью 30 млн. кВт в год в таблице 2.

Таблица 2

**Решение задачи распределения энергоресурсов МГЭС
на основе механизма *прямого* приоритета**

Потребители:	Заявки э/э млн. кВт в год	Коэффициент	Выделенные ресурсы в млн. кВт в год
1	5,00	$\gamma = \frac{35}{30} = 0,8572$ при выработке э/э МГЭС R=30 млн. кВт в год	4,29
2	3,00		2,57
3	7,00		6,00
4	4,00		3,43
5	6,00		5,14
6	8,00		6,86
7	2,00		1,71
Итого	S=35,00 >		30,00

Источник: Составлено авторами.

Таким образом, достоинством механизма прямых приоритетов является простота расчетов, а недостатком - нехватка энергоресурсов для каждого потребителя для обеспечения хозяйственной деятельности, что и показатно в последнем столбце таблицы 2. И данный недостаток служит причиной для завышения объемов требуемых ресурсов в заявках. Логика потребителя в данном случае будет следующая: больше запросил, больше получил, завышая потребности, в попытке приблизить свое решение к решению центра МГЭС. Тем самым ситуация дефицита

еще более усугубляется, т.к. центр МГЭС не имеет данных о реальных запросах (или отсутствуют фактические объемы потребления энергии за прошлые периоды).

2. Применение механизма обратного приоритета

Данный механизм основан на том, что чем менее потребности в энергоресурсе заявителя, тем более эффективно он его использует. Тогда механизм распределения можно описать следующей формулой:

$$x_i = \min\left\{s_i, \gamma \frac{A_i}{s_i}\right\}, \quad \text{при } i=1 \dots N \quad (2)$$

Коэффициент распределения γ определяется аналогично вышеописанному случаю как в условии (*). Согласно формуле, приведенной выше, при подаче очень малой или очень большой заявки s_i по энергоресурсу потребитель в конечном итоге сможет получить объем ресурса. Для решения задачи в условиях дефицита необходимо найти такую заявку s_i для i -ого потребителя, чтобы получить максимальный ресурс x_i . Ниже представлен график функции $x_i = x_i(s_i)$ в случае механизма обратного приоритета, из которого видно, что максимум достигается в точке s_i^* , определяющейся как $s_i^* = \gamma \frac{A_i}{s_i^*}$ или $s_i^* = \sqrt{\gamma A_i}$

Таким образом, решением в случае применения механизма обратного приоритета будет набор равновесных стратегий: $s_1^* = \sqrt{\gamma A_1}$, $s_2^* = \sqrt{\gamma A_2}$, ..., $s_n^* = \sqrt{\gamma A_n}$. При этом $x_1 = s_1^*$, $x_2 = s_2^*$, ..., $x_n = s_n^*$, тогда график функции $x_i = x_i(s_i)$ выглядит следующим образом (рис. 2).

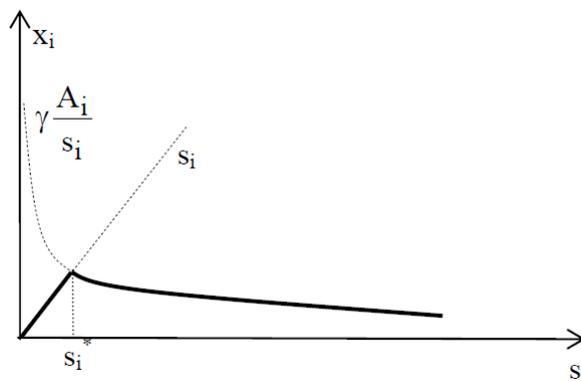


Рисунок 2. График функции $x_i = x_i(s_i)$

Источник: Составлено авторами.

При выборе вместо s_i^* любую другую стратегию $s_i \neq s_i^*$, потребитель уменьшает выделяемый ему ресурс x_i . Для определения коэффициента γ , вычислим:

$$\text{При } R = \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n s_i^* = \sum_{i=1}^n \sqrt{\gamma A_i} = \sqrt{\gamma} \sum_{i=1}^n \sqrt{A_i}, \text{ то } \rightarrow$$

$$\sqrt{\gamma} = \frac{R}{\sum_{i=1}^n \sqrt{A_i}} \quad (3)$$

Указанное выражение справедливо, когда каждый из потребителей энергии r_i , подавая заявку, вынужден занижать реальную потребность, т.е. для всех случаев, $s_i^* < r_i^*$. Если оптимальное значение для некоторого количества потребителей $s_i^* \geq r_i$, то они могут подавать заявку на энергоресурс в реальном размере $s_i^* = r_i$.

Пример применения механизма обратных приоритетов для МГЭС мощностью 30 млн. кВт в год представлен в виде таблицы 3:

Таблица 3

**Решение задачи распределения энергоресурсов МГЭС
на основе механизма *обратного* приоритета**

Потребители:	Заявки э/э млн. кВт в год	Вычисление корня из величины заявки	Коэффициент	Выделенные ресурсы в млн. кВт в год
1	5,00	2,24	$\sqrt{\gamma} \approx 1,9600$. (вычисление γ необязательно) при установленной мощности МГЭС R=30 млн. кВт в год	4,38
2	3,00	1,73		3,39
3	7,00	2,65		5,19
4	4,00	2,00		3,92
5	6,00	2,45		4,80
6	8,00	2,83		5,54
7	2,00	1,41		2,77
Итого	S=35,00 >	15,31		30,00
Вычисление корня коэффициента $\sqrt{\gamma} = \frac{30}{\sqrt{5}+\sqrt{3}+\sqrt{7}+\sqrt{4}+\sqrt{6}+\sqrt{8}+\sqrt{2}} \approx 1,9600$.				

Источник: Составлено авторами.

Как показано в таблице 3, использование механизма обратных приоритетов для МГЭС имеет явное преимущество – не происходит неоправданное завышение заявок (не увеличивается дефицит ресурса) и не возникает ситуации $s_i^* > r_i$. Потребители, действуя по данному алгоритму равновесной стратегии s_i^* , полностью удовлетворяют свои реальные потребности в электроэнергии.

А недостаток, конечно, очевиден: объем ресурса s_i^* скорее всего меньше реальных потребностей r_i , из-за чего центр ГЭС не получает достоверной информации о реальном дефиците ресурса $(\sum_{i=1}^n r_i) - R$.

3. Применение конкурсного механизма

Принцип действия данного механизма заключается в запрете на урезание заявок, что весьма жизнеспособно. Урезание заявок также и нецелесообразно в силу того, что энергоресурсы служат для обеспечения конкретных социальных, производственных, хозяйственных целей организаций и физических лиц (потребителей), без должного обеспечения социально-экономических целей энергоэффективного обеспечения не достичь. При таком подходе, побеждают в конкурсе те заявки, которые полностью обеспечены энергоресурсом и остаются те, которым отказали в отборе.

Как показано в таблице 4., пусть потребители сообщают МГЭС заявки s_i и так называемые индикаторы, характеризующие их частную энергоэффективность w_i . Показатели энергоэффективности характеризуют годовые величины расхода энергоресурсов, должны быть удельными, рассчитанными на единицу площади или здания, на одного человека (может быть применены классы энергетической эффективности).

Таблица 4

Решение задачи распределения энергоресурсов МГЭС на основе конкурсного механизма

Потребители и их ранг:	Заявки э/э млн. кВт в год s_i	Показатели энергоэффективности w_i	K -т эффективность $e_i = \frac{w_i}{s_i}$	Выделенные ресурсы в млн. кВт в год
1→6	5,00	34	6,80	5
2→2	3,00	52	17,33	3
3→5	7,00	71	10,14	7
4→3	4,00	45	11,25	4
5→4	6,00	67	11,17	6
6→7 (нет)	8,00	51	6,38	нет
7→1	2,00	43	21,50	2
Итого	S=35 >			30,00

Источник: Составлено авторами.

Из таблицы 4 следует, что тогда в общем виде центр МГЭС формирует для каждого потребителя S_i относительный показатель

эффективности как: $e_i = \frac{w_i}{s_i}$, при $i = 1, 2, \dots, N$. Далее все заявки ранжируются в порядке убывания относительного показателя эффективности e_i и обеспечиваются энергией наиболее значимые потребители по величине относительного показателя эффективности e_i до момента действия ограничения ресурса (R). После ранжирования заявок по степени эффективности e_i и с учетом ограничения $R=30$ млн. кВт в год, первым удовлетворятся первый потребитель, далее второй, четвертый и т.д., а шестой потребитель – выбывает.

Недостатком данного механизма является отсутствие прозрачности в предоставлении информации относительно показателей энергоэффективности каждого потребителя, следовательно, необходимо разрабатывать процедуры контроля и внедрение системы менеджмента качества.

Применение механизма открытого управления

Обобщая недостатки всех указанных выше подходов, можно указать на проблему асимметрии информации. Каждый потребитель будет искажать информацию о требуемом ресурсе в целях полного обеспечения всех циклов производства и решения социальных задач. Это порождает проблему отсутствия данных о реальных запросах потребителей, что негативно сказывается на инвестиционной программе МГЭС, когда необходимо для ликвидации дефицита и развития производства наращивать объемы энергоресурсов.

В данном случае подвергается сомнению позитивный принцип экономической науке, т.к. невозможно принимать эффективные решения относительно развития ИП МГЭС в случаях искажения информации. Следовательно, для решения указанных проблем рекомендуется применять так называемые механизмы открытого управления. В механизме открытого управления заложены стимулы к сообщению в заявке реальных ожидаемых потребностей.

В основе механизма открытого управления лежит математическое правило «золотого сечения». Этапы принятия решений.

1. Ресурс распределяется поровну между всеми потребителями в размере $x_i = \frac{R}{N}$;

2. Положительный исход решения для случая $s_i < \frac{R}{N}$, когда для i -того потребителя полностью хватает выделенного ресурса на первом этапе;

3. Значит, количество потребителей сократилось с N до N_1 , объем ресурса, подлежащего удовлетворению также сократился с R до R_1 ;

4. Далее определяется новое соотношение $\frac{R_1}{N_1}$;

5. В случае, если i -тому потребителю не хватает ресурса, его первоначальная заявка не обеспечена и его заявка проходит на второй раунд отбора.

И так до тех пока ресурса не хватит ни для одной заявки и оставшиеся могут получить ресурс поровну. В следующей таблице представлены результаты распределения энергоресурсов МГЭС на основе механизма открытого отбора (см. таблицу 5.)

Таблица 5

**Решение задачи распределения энергоресурсов МГЭС
на основе механизма открытого отбора**

Потребители:	Заявки э/э млн. кВт в год	$R/N' =$ 30/7=4,29	$R/N'' =$ 21/4=5,25	$R/N''' =$ 10/2=5,0	Итоги	в процентах
1	5	нет	да 5,00		5,00	100%
2	3	да 3,00			3,00	100%
3	7	нет	нет	поровну 5,33	5,33	76%
4	4	да 4,00			4,00	100%
5	6	нет	нет	поровну 5,33	5,33	89%
6	8	нет	нет	поровну 5,33	5,33	67%
7	2	да 2,00			2,00	100%
Итого	S=35 >	9,00	5,00	10,00	30,00	
R=		30,00	21,00	16,00		
N=		7	4	3,00		
Отношение R/N		4,29	5,25	5,33		

Источник: Разработана авторами.

Итак, в таблице 5, показано, что удовлетворенными полностью оказались второй, четвертый, и седьмой потребители на первом раунде расчетов, на втором раунде – первый потребитель. И частично удовлетворены обеспечением ресурсов третий, пятой и шестой потребители.

Таким образом, указанный механизм позволил выявить приоритетных (которые получили то, что просили), и неприоритетных,

которые быть может завысили свои запросы, но однако они и не смогли увеличить выделяемый ресурс.

Не только проблема энергодефицита, но и наличие труднодоступных регионов, рост индивидуального домостроения диктует необходимость перехода к децентрализованному обеспечению энергоресурсами. Малая гидроэнергетика используется в большей степени как инструмент оперативного снижения энергодефицита, ее задача состоит в приближении объектов производства энергии к потребителям для повышения надежности местного электроснабжения.

Быстрое устаревание генерирующего и сетевого электрооборудования, низкий уровень обновления электроэнергетических мощностей стали причиной ускоренного выбытия мощностей и нарастания энергодефицита. Экономический механизм производства электроэнергии таков, что продукция электроэнергетики должна быть обеспечена к выработке, передаче и поставке электроэнергии в момент появления спроса, что диктует необходимость резервирования мощностей и топлива для ТЭК в пиковые периоды потребления энергии. Чем больше максимальный уровень спроса на потребление электроэнергии, тем больше должен быть запас резервных мощностей ТЭКа. Поэтому в последнее время возрос интерес к гидроэнергетике и малым ГЭС (МГЭС).

Заключение

Таким образом, в статье предложена экономико-математическая модель распределения электроэнергии, вырабатываемой МГЭС (каскадом МГЭС) на основе принципов теории игр. Такой подход позволяет формализовать решение по распределению выпускаемой энергии по заявкам потребителя. В практической части данный подход полезен при формировании годового плана отпуска энергии МГЭС. В работе подробно рассмотрен случай дефицита энергии, когда установленная мощность МГЭС не может удовлетворить всех потенциальных потребителей, тогда экономическая задача распределения ресурса становится нетривиальной и в работе предложены решения, реализованные в соответствии с принципами теории игр, каждое из которых имеет сильные и слабые стороны.

Авторы впервые предложили применение экономико-математической задачи распределения (дефицитных энергоресурсов) для энергодефицитного региона на основе принципов конкурсного

отбора заявок потребителей энергии МГЭС, что позволяет учитывать интересы всех потребителей электроэнергии, их характер поведения, искажение информации относительно ожидаемого спроса на электроэнергию.

ИСТОЧНИКИ:

- Безруких, П.П., Стребков, Д.С. (2005). Состояние, перспективы и проблемы развития возобновляемых источников энергии. *Малая энергетика*, 1-2, 6-12.
- Бронз, П.В., Вошинин, А.П. (2006). Интервальный подход к оценке экономических рисков проектов энергетики и его сравнение со сценарным анализом. В книге *Научная сессия МИФИ-2006: Том 13. Экономика и управление* (С. 17-18). М.: НИЯУ МИФИ.
- Бугаева, Т.М., Хабачев, Л.Д. (2013). Комплексный подход к планированию развития энергетического комплекса мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга). *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 2, 37-42.
- Громов, А.И. (2014). Концепция энергетической стратегии России на период до 2050 года. *Энергетическая политика*, 2, 37-43.
- Давидсон, М.Р., Догадушкина, Ю.В., Крейнс, Е.М., Новикова, Н.М., Удальцов, Ю.А., Ширяева, Л.В. (2004). Математическая модель конкурентного оптового рынка электроэнергии в России. *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*, 3, 72-83.
- Макаров, И.Н., Манасян, С.М. (2014). Теоретико-методологические основы анализа эффективности проектов ГЧП в добывающей промышленности и ТЭК страны. *Российское предпринимательство*, 10, 148-163.
- Окороков, В.Р., Окороков, Р.В. (2014b). Цели и тенденции развития мирового ТЭК и его последствия для российской энергетики. *Вестник Ивановского государственного энергетического университета*, 1, 94-103.
- Силкина, Г.Ю. (2012). Теоретико-игровое моделирование взаимодействия субъектов в инновационной сфере. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 2-1, 99-104.
- Синяк, Ю.В., Некрасов, А.С., Воронина, С.А., Семикашев, В.В., Колпаков, А.Ю. (2013). Топливо-энергетический комплекс России: возможности и перспективы. *Проблемы прогнозирования*, 1, 4-21.
- Чекалин, В.С., Маркин, В.В. (2008). Обоснование организационной структуры системы стратегического управления энергоэффективностью в регионе. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 4, 109-117.
- Блех, Ю., Гетце, Ю. (1997). *Инвестиционные расчеты: Модели и методы оценки инвестиционных проектов* (1-е изд., стереотип.). Калининград: Янтарный сказ.
- Ломакова, Е.Н., Эпов, А.А. (2005). *Экономико-математические модели управления производством (теоретические аспекты)*. Вологоград: ВолгГТУ.

Мүлен, Э. (1985). *Теория игр с примерами из математической экономики*. М.: Мир.

Окороков, В.Р., Окороков, Р.В. (2014а). Прогнозы глобального спроса на энергию в мировой экономике. *Академия энергетики*, 2, 4-12.

Оун, Г. (1971). *Теория игр*. М.: Мир.

Шишкин, Е.В., Чхартишвили, А.Г. (2002). *Математические методы и модели в управлении* (2-е изд.). М.: Дело.

Elena A. Yakovleva, Doctor of Science, Economics, Professor of the Chair of Economics and Finance, The Financial University under the Government of the Russian Federation (branch in St. Petersburg)

Svetlana A. Buchaeva, Senior Lecturer of the Chair of Tax and Taxation, Dagestan State Institute of National Economy

Economic and mathematical model of energy distribution as for Small HPP facilities on the basis of the game theory

ABSTRACT:

The article puts forward the problem of energy distribution at small hydro power plants (SHPP), using game theory as the basis. Thereat the authors take into account a single-type resource and the two-level model of the SHPP organizational system. The authors present a principal algorithm of this model for the solution seeking.

The proposed economic and mathematical model of energy distribution as for small HPP facilities based on the game theory is useful for the needs of the commercial service of SHPPs, for the solution of the issue on the market of power distribution. This approach enables to take into consideration the interests of all energy consumers, the character of their behavior, distortion of the information about the expected demand on the electric energy; it broadens the scope of application of mathematical modelling for the solution of the energy shortage problem.

KEYWORDS: energy, game theory, SHPP model
