



Academia de Științe a Moldovei

**Институт Энергетики
Institutul de Energetică**

**Лаборатория управляемых электропередач
45 лет
(1972-2017)**

Управляемые электропередачи

**Выпуск №9-юбилейный
(труды за 2007-2017)**

**управляемые электропередачи,
вопросы энергетической безопасности,
экономики энергетики, экологии, ВИЭ,
развития энергосистем**

**АКАДЕМИЯ НАУК МОЛДОВЫ
ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ**

УПРАВЛЯЕМЫЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Выпуск №9
(юбилейный к 45-летию создания
Лаборатории управляемых электропередач)

Труды
2007-2017

Кишинев-2017

УДК 621.311

АКАДЕМИЯ НАУК МОЛДОВЫ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ

Рекомендовано к изданию Ученым Советом Института Энергетики АН Молдовы
Рецензент академик АНМ, доктор-хабилитат технических наук Н.Р. Андронатий

Выпуск №9 (юбилейный) Сборника «Управляемые электропередачи» (Труды
лаборатории управляемых электропередач за 2007-2017), 2017.

В книге содержатся материалы по результатам исследований , проведенных
коллективом Лаборатории управляемых электропередач за период 2007-2017 г в различных
областях –управляемых электропередач, энергетической безопасности, возобновляемой
энергетики, развития энергосистем, экономики энергетики, тарифной политики, экологии и
других.

Книга рассчитана на специалистов в области энергетики. Материалы могут быть полезны для
руководящих органов Республики Молдовы и международных организаций

Управляемые электропередачи. Сборник трудов лаборатории управляемых электропередач
Института энергетики АН Молдовы. Выпуск №9 (24) (юбилейный) . Труды лаборатории
за 2007-2017 гг . Кишинев, Logosprint. 2017, 256с.

Уважаемый читатель!

Настоящий сборник является 9 выпуском, входящим в серию «Управляемые электропередачи», и отражает ряд работ сотрудников Лаборатории управляемых электропередач (ЛУЭП) Института энергетики Академии наук Молдовы, выполненных в период 2007÷2017.

В 2017 году ЛУЭП отмечает 45-летний юбилей со дня основания (1972). На настоящий момент лаборатории является уникальной, т.к. это единственное подразделение, сохранившее специальную тематику исследований управляемых электропередач на всем постсоветском пространстве. Ее создателем и руководителем на протяжении всего периода с 1972 по настоящее время является ее первый Заведующий – в настоящий момент академик, д.х.т.н. Постолатий Виталий Михайлович.

Исследования, проведенные в период 2007-2017, касались изучения параметров управляемых электропередач, режимов работы УСВЛ как внутрисистемных и межсистемных электропередач, вопросов развития молдавской энергосистемы, развития региональных энергосистем, вопросов эффективности управления потоками мощности между энергосистемами, средств управления фазорегулирующим устройствам трансформаторного типа (*раздел 1*).

Сотрудники лаборатории выполняли исследования в том числе и по темам, которые привлекали внимание специалистов и общества – тарифов на энергоресурсы, эффективности работы ТЭЦ, распределения затрат на производство электро- и теплоэнергии на ТЭЦ, о состоянии энергетического комплекса страны и перспектив его развития, энергетической безопасности, использования возобновляемых источников энергии, снижения зависимости от импортируемых ТЭР, снижения выбросов загрязняющих веществ от энергетики и других.

В течение ряда лет в ЛУЭП проводились (и продолжают и в настоящее время) исследования, связанные с созданием *фазопоротных трансформаторов* для регулирования режимов УСВЛ и электрических сетей (*раздел 2*). Первые публикации на эту тему появились еще в 70-х годах, и результаты работ на эту тему регулярно публиковались как в трудах Института энергетики, так и в других изданиях, в том числе и в отраслевых и центральных электротехнических журналах, таких как "Электрические станции", "Электричество", "Энергетика и транспорт" (Известия Академии наук СССР), "Энергетика" (Известия вузов), а также в трудах многочисленных конференций, включая международные.

В *разделе 3*, посвященном возобновляемой энергетике, приведены результаты исследования солнечной фотоэлектрической установки с оптимальным позиционированием солнечных панелей. Приведены результаты решения проблемы образования тени на рабочих поверхностях солнечных панелей при многорядном размещении подвижных платформ на площадке.

Продвинуты работы в *области энергетической безопасности (раздел 5)*. Разрабатывается вычислительный комплекс для анализа и мониторинга показателей энергетической безопасности, в котором реализованы основные методологические принципы энергетической безопасности, ведется база данных, осуществляется ежегодный мониторинг для 50 индикаторов энергетической безопасности, ряда показателей экономики и экологии, разработан программный модуль для среднесрочного прогнозирования.

В исследованиях были рассмотрены угрозы с наиболее тяжелыми последствиями для энергетики и экономики (2011, 2012 г.г.). Работы в области краткосрочного прогнозирования топливно-энергетического баланса в рамках работ по энергетической безопасности позволили выработать новые подходы к анализу взаимосвязей и взаимного влияния энергетических и экономических показателей (2014-2016 г.г.)

Накопленные данные за 26 лет позволили выполнить ряд исследований по анализу влияния показателей энергетики на макроэкономические показатели (например, тарифов на газ, электроэнергию, теплоэнергию и ВВП) и определить ряд скрытых угроз, которые ранее не были выявлены, (*раздел 6*).

Тарифы на электроэнергию и энергетические ресурсы всегда вызывают повышенный интерес в обществе, поскольку электроэнергия представляет один из важнейших ресурсов жизнеобеспечения. Повышение тарифов обнажает острый конфликт интересов населения и поставщиков электроэнергии и энергетических ресурсов. В глазах подавляющей части общества повышение тарифов воспринимается как несправедливое посягательство на их жизненный уровень, и без того далекий от стандартов развитых стран. В последнее время в Институте энергетики сделана попытка оценить последствия повышения тарифов на электроэнергию. При этом использованы межотраслевые балансы, которые представляют экономико-математическую *модель*, отражающую взаимосвязи ресурсов и готовой продукции. В разделе 6 также кратко рассмотрена история создания межотраслевых балансов на фоне других экономических моделей.

Сотрудники лаборатории участвовали в исследовательских работах и проектах, результаты которых опубликованы в виде монографий, глав в коллективных монографиях, статей. За период 2007÷2017 г.г. опубликовано 6 книг (2007, 2010, 2012, 2016, 2017) (*раздел 9*).

Также проводились исследования в *области* экологии по сопоставлению различных методик оценки загрязняющих веществ и парниковых газов (2014, 2015). Впервые представлена подборка изданий в области экологии и изменения климата, в подготовке которых принимали участие сотрудники лаборатории (2000, 2005, 2009, 2013, 2014, 2015 - издания на молдавском и английском языках). Публикации осуществлены Офисом по изменению климата (руководитель В. Скорпан, менеджер М. Царану), главы по оценке эмиссий от энергетики подготовлены сотрудниками лаборатории (*разделы 7 и 9*).

Следует особо отметить, что в настоящий Сборник трудов включены 2 работы зарубежных коллег-ученых, также работающих в области гибких и интеллектуальных систем, контакты с которыми осуществлялись в последнее время с активным обменом мнениями и опытом разработок (*разделы 4 и 8*). Они представляют харьковскую научную школу - Национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенка, Национальный технический университет «Харківський політехнічний інститут», Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, Украина.

Кроме того, за рассматриваемый период эффективным было творческое сотрудничество лаборатории с НТЦ «Электроэнергетика» ФСК ЕЭС (Москва). Результаты совместных работ ЛУЭП и НТЦ ФСК ЕЭС России нашли свое отражение в ряде публикаций, научных докладов на международных конференциях. Одна из таких совместных работ опубликована в Трудах престижной международной Конференции СИГРЭ в Париже (*раздел 1*).

Осуществлялось сотрудничество с ГП «Молдэлектрика», институтом «Энергопроект», АО «Термоэлектрика». Выполнены исследования режимов объединенных энергосистем Молдовы, Украины, Румынии с учетом возможного применения управляемых самокомпенсирующихся линий электропередачи и средств фазового управления.

В Сборнике приведен общий список публикаций сотрудников лаборатории управляемых электропередач за 2008-2016 (*раздел 9*). Ряд работ, отраженных в библиографии, были выполнены *впервые*. Одной из таких работ является определение возможностей по созданию подземного хранилища природного газа на Юге страны (2011-2012 г.г.). Отдельно следует отметить работы, которые посвящены *анализу аварийных ситуаций*, имевших место в энергетической системе и на отдельных предприятиях энергетики (2013, 2014), разработкам краткосрочных прогнозов топливно-энергетических балансов. В разделе также приведен список конференций и семинаров, на которых докладывались результаты проведенных исследований.

Информация о научных интересах и результатах работ сотрудников лаборатории приведена в разделе «Страницы сотрудников» (*раздел 10*). Отдельно представлены фотоматериалы событий и встреч в Лаборатории в Институте энергетики, а также семинаров, выставок, конференций, выступлений сотрудников (*раздел 11*). Активная деятельность сотрудников лаборатории и их научные результаты были отмечены рядом грамот и медалей (*раздел 12*).

Представляемый сборник подготовлен при участии всего коллектива Лаборатории и сотрудников Института энергетики АНМ. Каждый сотрудник внес свой посильный вклад. Печатные работы выполнены Т.В. Бурунчук, переводы на молдавский язык и английский язык сделаны н.с.Морару Л.П., д.т.н.Бошнягой В.А., н.с.Каревой С.Н. (Москва). В работе над фотоиллюстрациями принимали участие д.т.н.Быкова Е.В., н.с.Голуб И.В., д.х.т.н.Постолатий В.М., н.с.Кириллова Т.И., д.т.н.Бошняга В.А., Бурунчук Т.В. В статьях сохранены авторские редакции текста. Общую работу по организации работы, разработке структуры книги и формированию разделов книги выполнила д.т.н.Быкова Е.В.

Аннотация

Настоящий Сборник трудов лаборатории управляемых электропередач содержит разделы, в которых представлены некоторые работы по тематике проведенных исследований:

- управляемых электропередач;
- средств управления потоками мощности;
- энергетической безопасности;
- анализа макроэкономических показателей;
- истории межотраслевых балансов;
- возобновляемой энергетики;
- экологических аспектов энергетики;
- интеллектуальных систем;
- технико-экономического анализа гибких электропередач

В Сборнике приведены неопубликованные статьи или же наиболее важные и опубликованные в труднодоступных изданиях (об изданиях, где впервые были они опубликованы, имеются упоминания). Публикации представлены на языке оригинала (русском, молдавском, английском, украинском языках).

Сборник включает также библиографию трудов сотрудников Лаборатории за 2008-2016, краткую информацию о сотрудниках, фотоиллюстрации ряда семинаров, конференций, выступлений.

Раздел 1

Управляемые электропередачи

110–500 kV compact controlled overhead lines

L. TIMASHOVA, Yu. SHAKARIAN, S. KAREVA

**Research and Development Center at Federal Grid Company of United Energy System,
Joint-stock company
Russia**

V. POSTOLATI, E. BYCOVA

**Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of Moldova
Republic of Moldova**

Yu. GORYUSHIN

**Federal Grid Company of Unified Energy System
Russia**

SUMMARY

Nowadays modern overhead transmission lines (OHL) constructions having several significant differences from conventional ones are being used in power grids more and more widely. Implementation of compact overhead lines equipped with FACTS devices, including phase angle regulator settings (compact controlled OHL), appears to be one of the most effective ways of power grid development.

Compact controlled AC HV OHL represent a new generation of power transmission lines embodying recent advanced achievements in design solutions, including towers and insulation, together with interconnection schemes and control systems.

The main features of compact controlled OHL are as follows [1, 2]:

- phase-to-phase distances (both on towers and within the spans) are extremely reduced to minimal required values subject to regulatory restrictions on the dielectric strength of “phase to phase” gaps, taking into account the maximum operating voltages and switching and lightning overvoltages;

- split phases have an optimal design subject to existing maximum conductor surface electric field strength requirements adopted for corona discharge elimination;

- tower phases are so configured as to have the grounded tower parts (poles, crossarms, suspension components) placed outside the space between approached phases;

- if necessary, insulating elements (insulating spacers or ties) are installed in spans between approached phases of OHL to maintain the selected distance between phases and damp conductor’s vibrations or galloping under severe weather conditions, thus ensures a high level of mechanical stability and operating reliability for approached phases in spans;

- angular shifts are created between voltage vectors applied to approached phases of compact controlled lines: in the case of three-phase single-circuit compact OHL, an angle of 120 electrical degrees between three approached phases of OHL and, in the case of double-circuit compact controlled self-compensating overhead lines (CSOHL) between approached phases of different circuits, an angle controlled within 0–120 (0–180) electrical degrees or fixed at 120 or 180 electrical degrees, while maintaining an angle of 120 electrical degrees between voltage vectors of each single circuit;

- high-speed phase control and adjustable compensation systems are used (such as FACTS devices);
- special algorithms are used for controlling the OHL mode parameters in accordance with the preset requirements and adaptable to changing conditions in the normal and emergency operation modes;

The above mentioned technical solutions can be used together or separately.

Compared to conventional OHL, compact-design OHL equipped with FACTS devices provide the following:

- 1.2-1.6-fold increase in OHL capacity without raising their voltage class;
- 1.5–2-fold reduction in the area of land allocated for OHL with equal capacity;
- electromagnetic field reduction in the external space thus environment and people impact decrease;
- 15–30% decrease of total costs per power transfer unit;
- provide power flow value and direction control in power systems;
- operating efficiency of reactive power control improvement;
- total energy losses reduce in the power system;
- increase OHL mechanical strength under severe weather conditions

Compact controlled OHL can be used as intersystem and intrasystem high-voltage connections and for power distribution, ensuring that issues of power transmission and distribution are addressed at a qualitatively new level.

Results of comprehensive research and development in relation to 110–500 kV compact controlled power transmission lines together with theoretical basis, substantiation, and methodological approaches to their practical application are given in the present paper.

KEYWORDS

compact controlled OHL – transmission capacity – phase control

INTRODUCTION

The following main issues of present-day electric power systems need to be addressed:

- increase the power transfer and controllability of power transmission and distribution lines and systems in general;
- improve the economic performance of power systems;
- reduce the area of land allocated for power lines and fulfill all requirements limiting the environmental impact of OHL.

To deal with the above-mentioned issues, it is advisable to develop 110–500 kV power grids based on modern technical solutions in the design of both power lines and control equipment and control systems that bring into use the ideas of actively adaptive power grids.

Single-circuit and multiple-circuit OHL with a decreased distance between phases (compact lines) and OHL having circuits of different voltage classes on the same tower [1–3] are widely used all over the world.

Creating compact OHL equipped with FACTS devices, including phase control systems, (compact controlled OHL) seems to be one of the most effective ways of power transmission. Compact OHL with improved technical and economic parameters in comparison with conventional OHL can reduce power transportation costs per power flow unit by increasing the transmission capacity of power grids, more efficiently using control devices, and reducing the area of allocated land.

Comprehensive theoretical and experimental studies into compact controlled OHL and control equipment have been carried out; practical tests have been conducted; and experience has been gained in the design, construction, and operation of such power lines. Moldova's power grid has 30 years of positive experience in operating 110 kV double-circuit compact controlled self-compensating OHL (CSOHL) with a total length of 56 km. Since 1993, Russia has commercially operated and successfully used a 330 kV compact OHL with a length of 146.7 km. Experience in creating and operating compact controlled power lines has shown that in comparison with conventional OHL they can produce a substantial technical and economic effect on power transfer.

AC OHL CLASSIFICATION

Our research involved the classification of different types of OHL, which makes it possible to compare them and determine their applications.

Fig. 1 shows different types of single-circuit and double-circuit AC power lines.

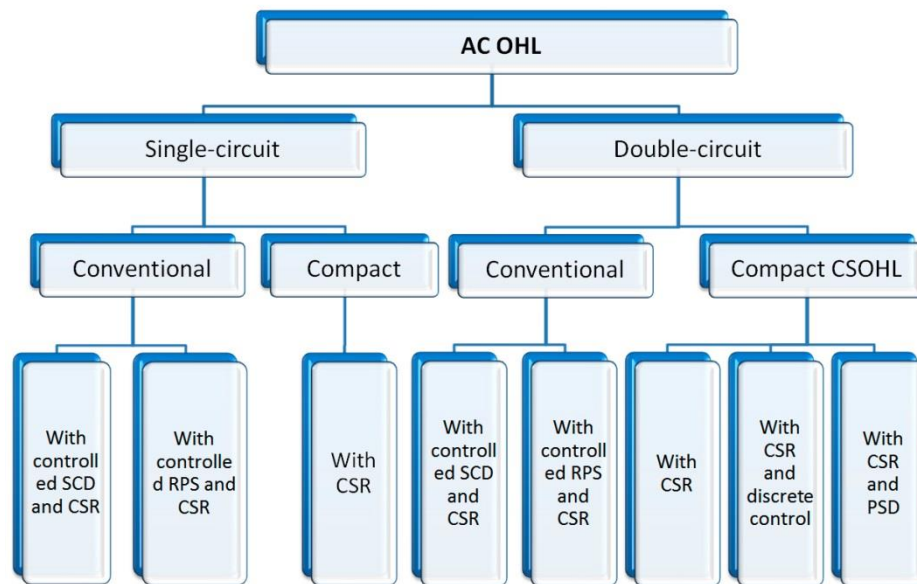


Fig. 1. Classification of OHL under review

The following assumptions are applied to compare compact controlled OHL and other types of power lines:

- in selecting conductors, the same current density is taken (A/mm^2);
- the maximum electric field strength (E_m) on the surface of conductors (including sub-conductors in a phase bundle) does not exceed a predetermined value relative to the initial corona voltage (E_n) $E_m \leq 0.9E_n$;
- power is transmitted at the same distance;
- the maximum value of power flow (P_m) is taken as equal to the natural loading of the best case of the studied OHL (P_{nat});
- while the value of power flow changes voltage should be controlled and maintained at the predetermined level on OHL and in power grid nodes.

Compared to conventional designs, compact controlled OHL have 1.3–1.6 times higher transmission capacity.

It is possible to achieve the same level of transmission capacity for conventional OHL by equipping them with devices for capacitive series compensation and/or shunt compensation as shown in Fig. 2 for single-circuit OHL and in Fig. 3 for double-circuit OHL.

Series compensation devices (SCD) are capacitive-type controlled or uncontrolled devices, and capacitive shunt compensation devices are reactive power sources (RPS).

In both cases, it is necessary to equip OHL with controlled shunt reactors (CSR) to ensure compensation for excess reactive (charging) power of OHL when OHL transmitting power is less than the natural loading of OHL and in no-load conditions, or when OHL are disconnected on one side.

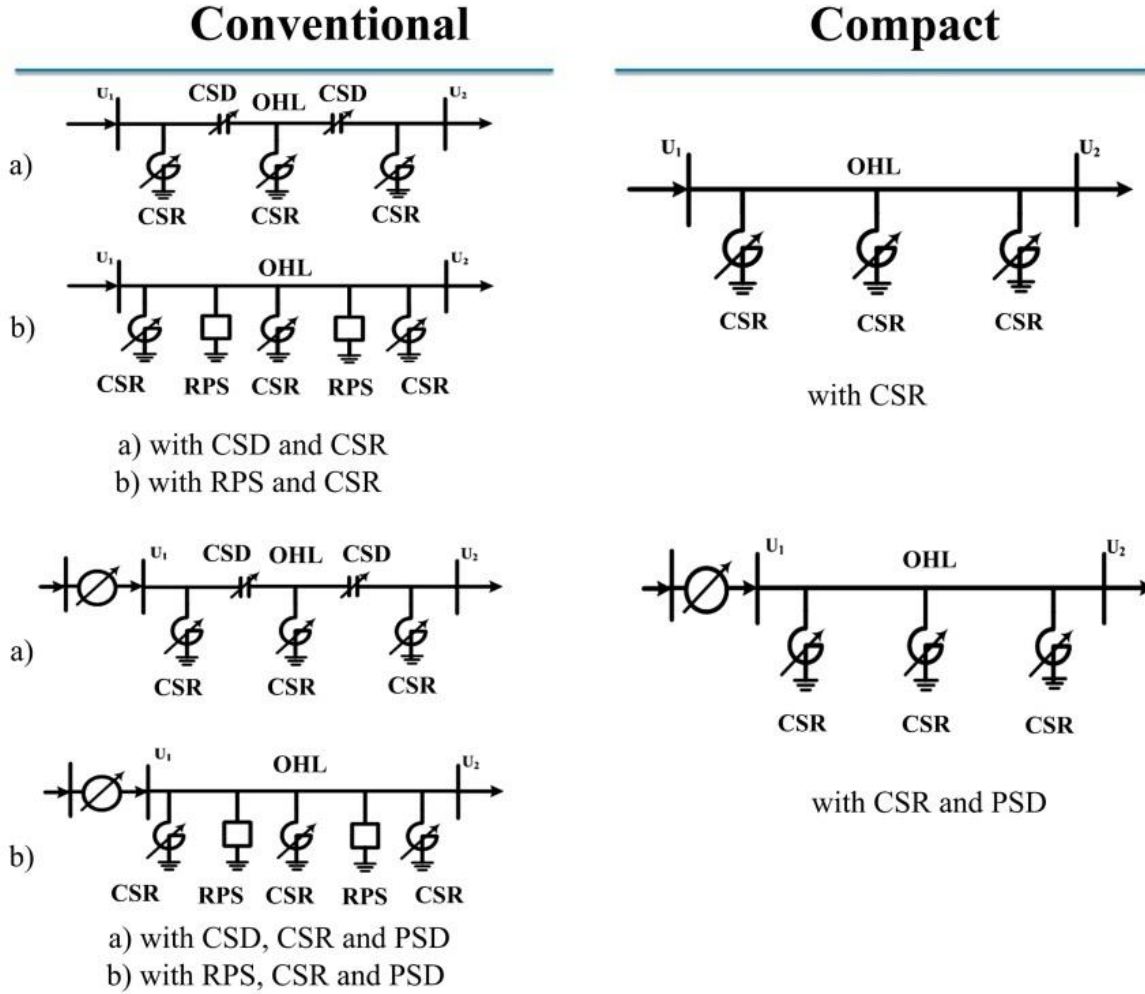


Fig. 2. Single-line diagrams of single-circuit OHL

In addition to the above-mentioned compensation devices, if it is necessary to control the value and direction of the power flow in a complex closed system, then phase controllers, namely phase shifting devices (PSD), should be installed, which can also be phase-shifting transformers (PST). Their installed capacity should be suitable for full throughput power.

Compact controlled OHL differ from conventional designs in that their increased transmission capacity is achieved by the compact design and through the phase shift between the voltage vectors of approached phases, which is equal to 120° in the case of single-circuit three-phase OHL and could be set at $\theta=120^\circ$, $\theta=180^\circ$ or regulated within the range of $\theta=0^\circ \div 120^\circ$ (180°) in the case of double-circuit OHL.

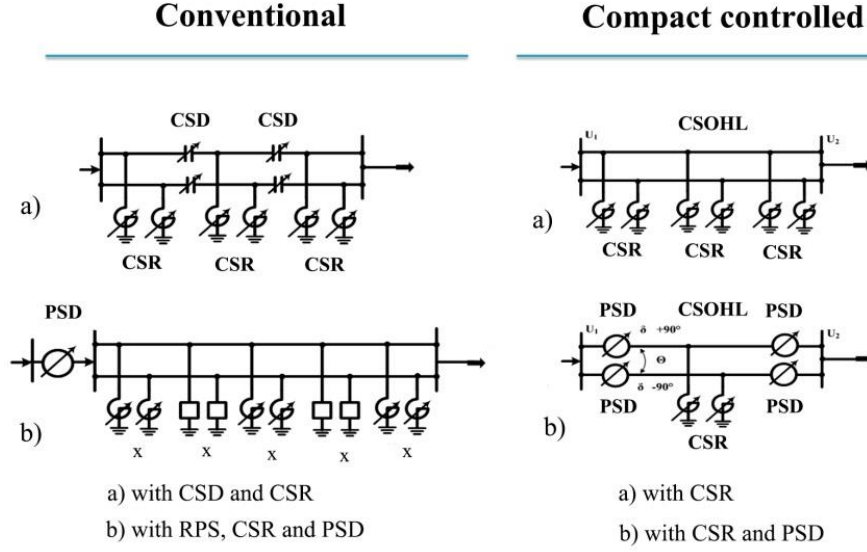


Fig. 3. Single-line diagrams of double-circuit OHL

OHL transmission capacity increase due to phase approachment results from the dependence of the power transfer limit on the basic parameters of the line.

The maximum value of power flow is calculated as follows:

$$P = \frac{|\dot{U}_1| |\dot{U}_2|}{Z_C \sin \alpha_0 l} \sin \delta, \quad (1)$$

where $\dot{U}_1$, $\dot{U}_2$ are the voltage vectors applied at the beginning and at the end of the line respectively;

δ is the shift angle of voltage vectors at the beginning and at the end of the line;

Z_C is the wave impedance of the line (Ω):

$$Z_C = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}, \quad (2)$$

where $x_0 = \omega L_0$ is the specific inductive impedance of conductors (phases) of the line (Ω/km);

$b_0 = \omega C_0$ is the specific capacitive conductivity of conductors (phases) of the line (Cm/km);

r_0 is the specific active impedance of conductors (phases) of the line (Ω/km);

g_0 is the active shunt conductivity of conductors (phases) of the line (Cm/km) calculated as follows:

$$g_0 = \frac{\Delta P_{cor}}{U_{rated}^2},$$

where ΔP_{cor} is annual average corona losses;

$\alpha_0 l$ is the wave length of the line (electrical degrees),

where l is the length of the line (km), α_0 is the phase change coefficient (electrical degrees/km):

$$\alpha_0 = \omega \sqrt{L_0 C_0} \left(1 + \frac{r_0^2}{8x_0^2} \right). \quad (3)$$

The equation (1) implies that, all other conditions being equal, the value of OHL power transfer depends on wave impedance (Z_C), which, in turn, (2) is determined by the specific parameters (r_0, x_0, g_0, b_0).

The specific active impedance of phases r_0 is an independent value for a selected conductor type. In the absence of corona losses, the following can be taken: $g_0 = 0$.

Therefore, the main parameters that determine the wave impedance of OHL are the specific inductive impedance x_0 and the specific shunt conductivity b_0 .

Analyzing the factors that affect the values x_0 and b_0 shows that the main ones are the distances between phases, phase-bundle parameters (sub-conductor radius r_s , number of sub-conductors n , equivalent phase-splitting radius r_e), along with the phase configuration and the overall dimensions of OHL towers.

For conventional single-circuit OHL, the dependence on the above-mentioned parameters is determined as follows:

$$x_0 = 0.1445 \lg \frac{D}{r_e} + \frac{0.0157}{n}; \quad (4)$$

$$b_0 = \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\lg \left(\frac{D}{r_e} \right)}. \quad (5)$$

To create compact single-circuit OHL, it is necessary to move towards reducing the distances between phases D and increasing the equivalent phase-splitting radius r_e .

For double-circuit OHL, in addition to what is mentioned above, the main factors are the distance between circuits and the angular shift between the phase voltage vector systems.

Studied double-circuit compact OHL configurations provide circuits approaching by the approachment of similar phases of different circuits, and, as a result, a CSOHL is three pairs of approached phases, each pair comprising one phase of the first circuit and one phase of the second with an angular shift of voltage vectors (θ) that is set within the range 0° – 120° (180°) or adjusted in the range $0 \div 120^\circ$ (180°).

The main fundamental difference between compact controlled OHL and conventional double-circuit designs is the best possible convergence of three-phase circuits, thus achieving the increased mutual electromagnetic influence of circuits, while a change in the angular shift of three-phase voltage systems of one circuit relative to the other determines the value of such influence on the equivalent parameters of phases. The presence of the significant and controllable mutual electromagnetic influence of circuits produces an effect of intercircuit self-compensation for line parameters, which increases the transmission capacity of each circuit and the line as a whole and creates new features of controllable parameters of the line. These lines are called compact self-compensating lines (CSOHL).

MAIN PHYSICAL ESSENCE OF CSOHL

The phase parameters of conventional OHL are characterized by the eigenvalues (x_0 , b_0 , and Z_{C0}).

With approached phases (compact OHL), mutual component parameters appear (x_{0M} , b_{0M} , and Z_{CM}). The resulting phase parameters take new equivalent values:

$$\dot{X}_{0E} = x_0 + x_{0M} e^{j\theta}; \quad (6)$$

$$\dot{b}_{0E} = b_0 - b_{0M} e^{j\theta}; \quad (7)$$

$$\dot{Z}_{CE} = Z_{C0} + Z_{CM} e^{j\theta}. \quad (8)$$

With $\theta = 0^\circ$, each phase of the line will have the following parameters:

$$\dot{X}_{0E} = x_0 + x_{0M}; \quad (9)$$

$$\dot{b}_{0E} = b_0 - b_{0M}; \quad (10)$$

$$\dot{Z}_{CE} = Z_{C0} + Z_{CM}. \quad (11)$$

With $\theta = 180^\circ$, each phase of the line will have the following parameters:

$$\dot{X}_{0E} = x_0 - x_{0M}; \quad (12)$$

$$\dot{b}_{0E} = b_0 + b_{0M}; \quad (13)$$

$$\dot{Z}_{CE} = Z_{C0} - Z_{CM}. \quad (14)$$

The fundamental question is how close to each other could approached phases of single-circuit compact OHL and double circuit CSOHL be located. In the convergence of phases, the distance between them should be not less than the allowable value with respect to the dielectric strength of phase-to-phase gaps with due consideration to maximum operating voltages and lightning and switching surges. Fig. 4 shows the minimum allowable values in accordance with regulatory requirements for the distances between phases of 110–500 kV OHL.

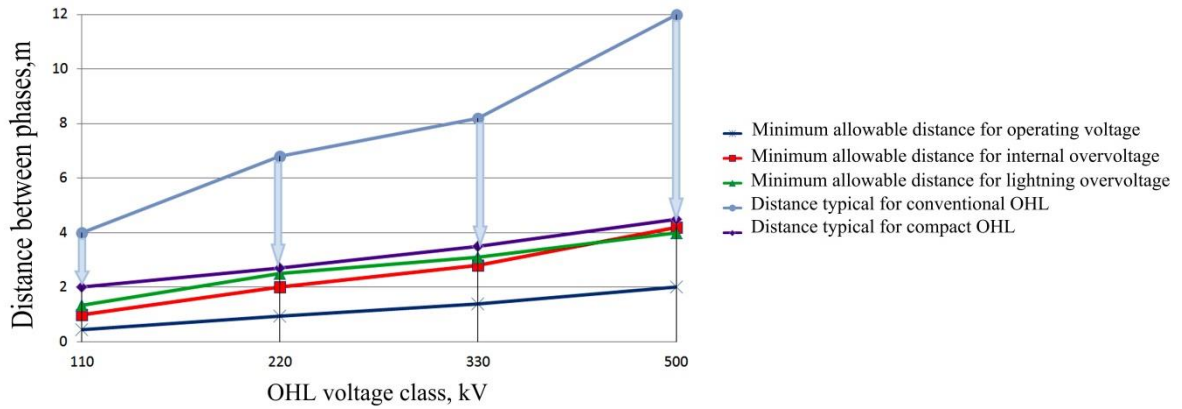


Fig. 4. Minimum allowable and practically used distances between phases of 110–500 kV OHL

The above-mentioned data show that, in the creation of compact OHL, the distance between the phases can be 2–3 times shorter than that of conventional OHL.

It is also important to make phase configurations on towers in such a way as to position grounded tower elements (crossarms, poles, fittings) outside the space between approached phases. Another important requirement is that, when the minimum allowable distance between phases within the span is chosen, insulation elements (interphase spacers) are installed in order to set the distance between phases and prevent any further convergence of phases due to severe weather conditions.

Single-circuit compact OHL can have towers with all three phases in a tower window. All grounded tower elements should be placed outside the space between phases, which makes the distance between phases minimum allowable subject to the requirements specified above.

Double-circuit compact OHL should have towers that create the conditions for the convergence of phases of different circuits. Fig. 5 shows a version of a double-circuit tower for 220 kV compact OHL.

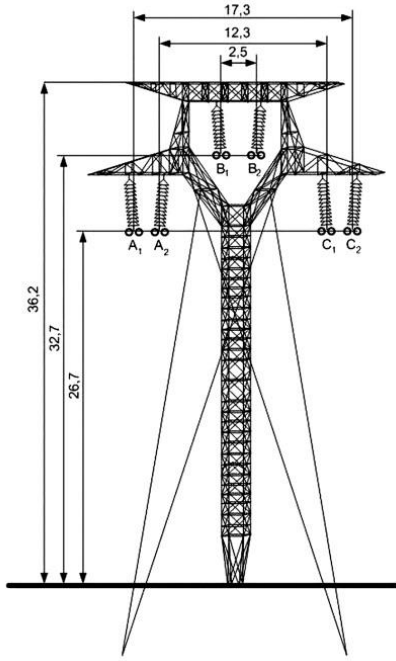


Fig. 5. 220 kV compact OHL tower "Seagull"

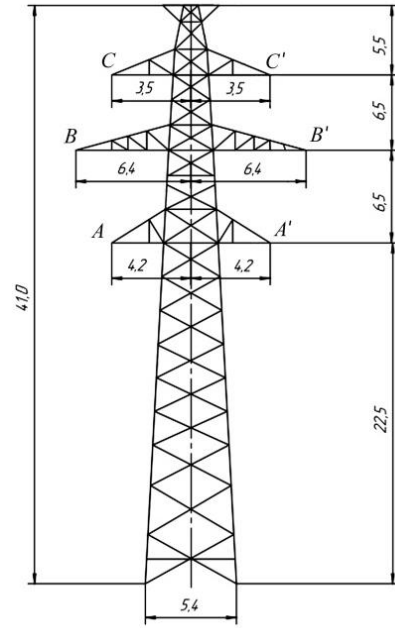


Fig. 6. Conventional 220 kV double-circuit tower

The analysis of the towers described above shows that the tower of 220 kV compact double-circuit OHL is 5 meters lower than the conventional design and the distance from the lower crossarm to the ground is 4 meters longer. This consequently makes it possible to make larger overall spans for 220 kV compact OHL, which provides further opportunities to reduce capital costs.

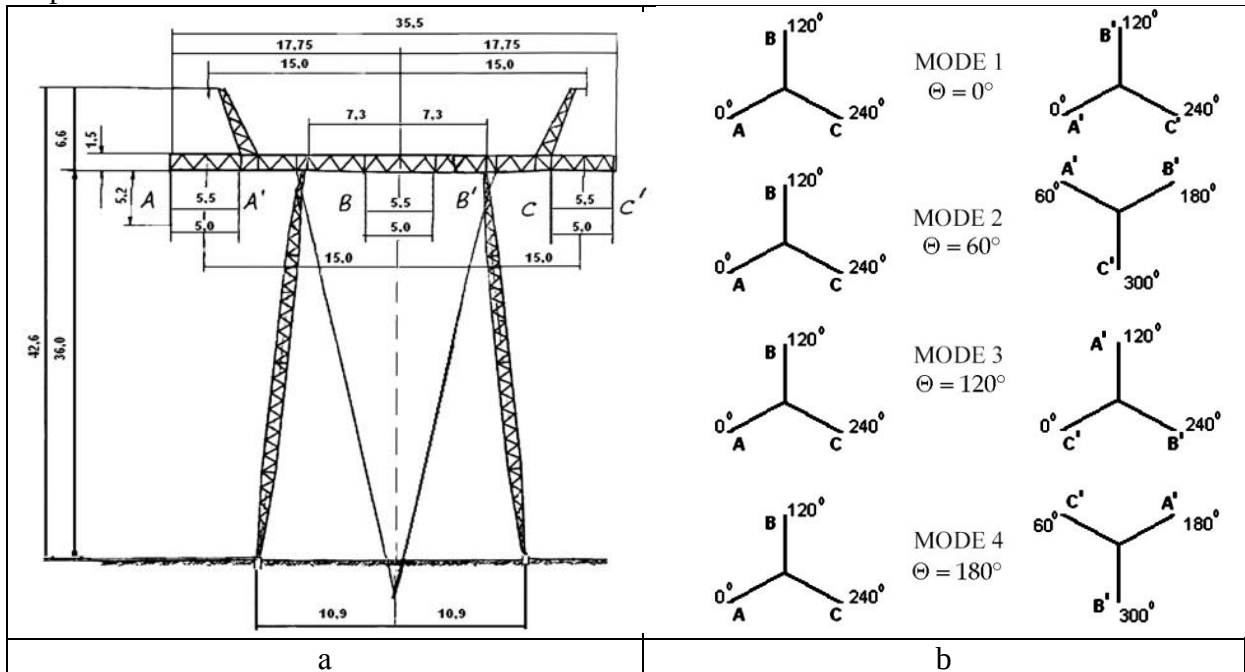


Fig. 7. 500 kV double-circuit CSOHL tower (a) and its operation modes (b)

Fig. 7a shows a tower designed for 500 kV double-circuit compact CSOHL, and Fig. 7b contains diagrams of various operation modes. The basic parameters of CSOHL 500 kV in various operation modes are shown in Table I.

Table I – Basic parameters of 500 kV CSOHL in various operation modes

Version	Phase bundle	Distance between approached phases of different circuits, m	Sub-onducror radius, m	Splitting radius, m	Mode (fig. 7b)	Wave impedance of one circuit, Ω	Natural circuit power, MW
1	5 x ACSR 240/39	4.0	0.0108	0.3403	1	337	816.7
					2	257.4	1068
					3	187.7	1463
					4	179	1606
2	6 x ACSR 240/56		0.0112	0.4	1	322.2	854.9
					2	240.9	1142.6
					3	172.6	1594.2
					4	156.5	1758.2
3	6 x ACSR 240/56		0.0112	0.5	1	310.7	886
					2	220.1	1205
					3	169	1706.9
					4	145.4	1889

The diagram of 110 –500 kV compact double-circuit CSOHL is contained in Fig. 8.

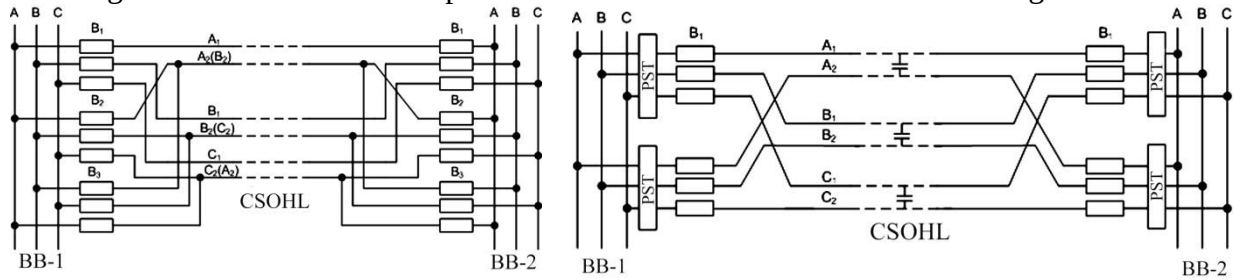


Diagram of discrete angle control
 $\theta=0^\circ$ – switches V_1 and V_2 are on (V_3 are off)
 $\theta=120^\circ$ – V_1 and V_3 are on (V_2 are off)

Diagram of smooth wide-range angle control using phase shifters and FACTS devices

Fig. 8. Control of the angular phase shift of electricity transfer

Discrete control uses phase switching at the ends of CSOHL on one circuit for which additional sets of switches are installed. Discrete control provides alternate operation modes of CSOHL at $\theta=0^\circ$ or $\theta=120^\circ$, depending on the value of power transfer in the line. Smooth regulation of the angular shift of vector systems of CSOHL voltage circuits (angles θ in the range $0 \div 120^\circ$ (180°)) uses phase shifters at the ends of CSOHL. Combined schemes of discrete and continuous control may also be used.

BASIC TECHNICAL SPECIFICATIONS AND CHARACTERISTICS OF COMPACT OHL

A characteristic feature of the results is that, when the maximum convergence of phases of both compact single-circuit OHL and double-circuit CSOHL is achieved, the value of natural loading per three-phase circuit differs insignificantly when the allowable value of the electric field on the surface of conductors of the split phases is reached.

However, compared to conventional OHL, the value of natural loading of compact OHL is substantially higher per circuit.

Table II contains the calculation results of the basic electrical parameters and characteristics of 110 kV conventional OHL and CSOHL.

Table II – Basic electrical parameters and characteristics of various types of 110 kV OHL

Parameter	110 kV conventional double-circuit OHL	110 kV double-circuit CSOHL (ACSR 150/34)	
Natural loading P_{nat} , MW	55.6	74.4	1.34*
Natural loading per circuit P_c , MW	27.8	37.2	1.34*
Right-of-way width: L_{row} , m	67	67	1*
Total cross-section of the conductor active part: $S_{Al} = \text{mm}^2$	900	900	1*
P_{nat}/L_{row} , MW/m	0.83	1.11	1.34*
P_{nat}/S_{Al} , MW/mm ²	0.0617	0.0826	1.34*

As shown in Table II, the natural power of 110 kV double-circuit compact CSOHL is 1.3 times higher than that of conventional double-circuit OHL.

An additional increase in natural loading and, therefore transmission capacity, can be achieved for 220 kV compact OHL. This is illustrated in Fig. 9.

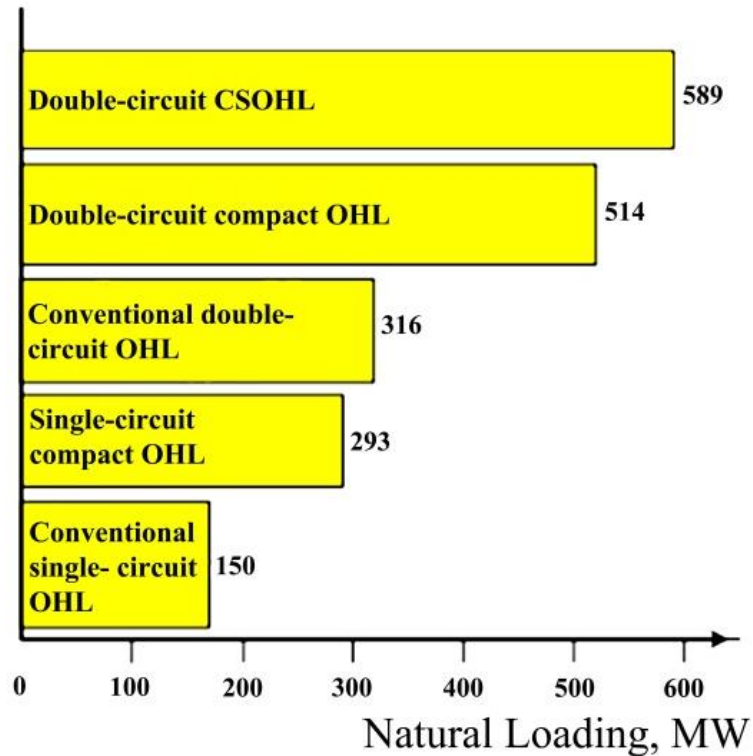


Fig. 9. Natural loading of various types of 220 kV OHL

The natural loading of 220 kV single-circuit and double-circuit compact OHL is almost 2 times higher than that of 220 kV conventional OHL per circuit.

The values of natural power for various versions of 500 kV double-circuit CSOHL are contained in Table I and shown in Fig. 10.

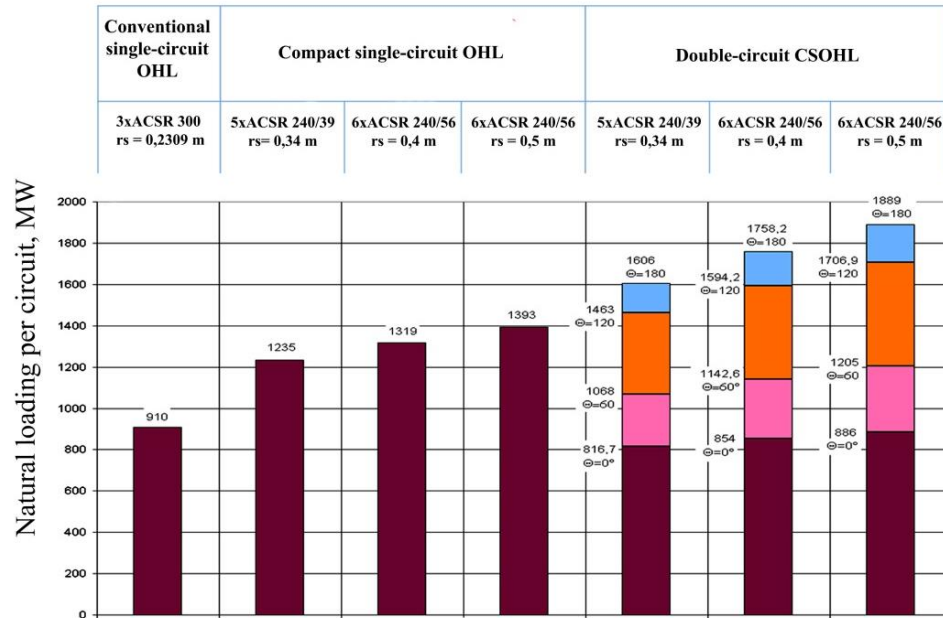


Fig. 10. 500 kV OHL natural loading per circuit

The natural loading of 500 kV single-circuit compact OHL is 1.3–1.4 times higher than that of 500 kV conventional single-circuit OHL, whereas the natural loading of 500 kV double-circuit compact CSOHL is 1.5–1.6 times higher than that of conventional OHL per circuit.

Such a considerable increase in the natural loading of compact OHL is achieved by correspondingly improving the primary parameters of OHL, reducing the specific inductive impedance, increasing specific capacitive conductivity, and reducing wave impedance.

The transmission capacity of conventional OHL can be increased to the level of compact OHL by using appropriate compensating devices.

Known devices used for this purpose are capacitive devices: series compensation devices (SCD); capacitive shunt compensation devices – reactive power sources. However, they are all rather expensive, and their use substantially raises line costs.

Compact double-circuit CSOHL provide further opportunities to reduce unit costs of controlled shunt reactors (CSR) used for any design of OHL to compensate for any excess reactive power when power transfer is lower than natural loading.

Compact double-circuit CSOHL favorably differ from the others in that, at low loads or in idling conditions, they can be brought into the mode at $\theta=0^\circ$ where there is no angular shift between three-phase voltage vector systems of circuits. This mode provides the line's reactive power that is lower than the reactive power of conventional OHL.

The dependence of the reactive power of CSOHL on changes in the angle θ within the range of 0° – 120° (180°) allows control of the reactive power generated by the line in accordance with the required line voltage mode while the installed capacity of CSR is less than that of conventional OHL. Using these features of compact controlled double-circuit CSOHL, we calculated CSR costs and built the final dependence of reduced capital costs for CSOHL.

Indicators of estimated reduced capital costs resulting from using compact controlled OHL with different voltages as compared to conventional OHL with different voltages are shown in Fig. 11. The reduction of capital costs due to compact double-circuit CSOHL implementation is estimated at 2,700 USD/km for 110 kV to 212,000 USD/km for 500 kV.

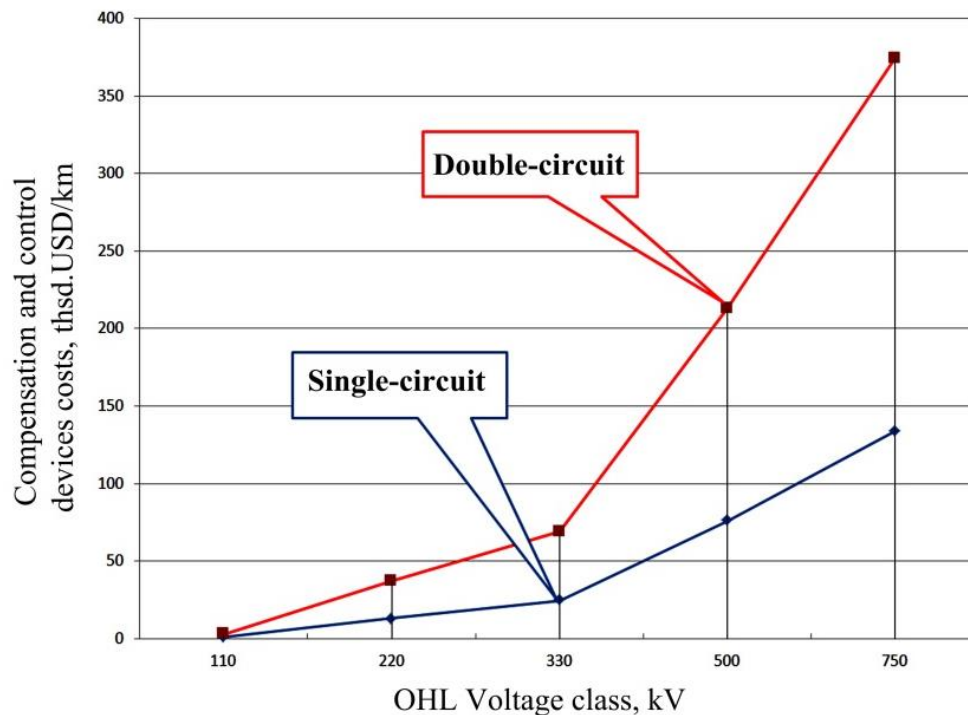


Fig. 11. Costs of compensation and control devices for conventional OHL, providing the natural loading equal to the natural loading of compact OHL of the same voltage class

EFFICIENCY OF COMPACT OHL IMPLEMENTATION IN POWER GRIDS

Studies to determine 220 kV and 500 kV compact controlled OHL implementation efficiency for certain power grids, taking into account their long-term development, were carried out.

Case A – 220 kV OHL

Assessment 220 kV CSOHL (427 km length, with the towers shown in Fig. 5) implementation efficiency and comparison with conventional OHL (Fig. 6) were carried out for different values of power flow.

The results obtained show that, for the power facility under review, according to total discounted value criterion implementation of 220 kV double-circuit CSOHL is more efficient than conventional ones when transmission capacity exceeds 300 MW (Fig. 12)/ When transmission capacity level reduces lower than 300 MW, conventional lines show better efficiency. Costs for power loss compensation are considerably higher in the case of a 220 kV conventional OHL than a 220 kV CSOHL.

Case B – 500 kV

Calculations were made for a 500 kV single-circuit OHL connecting two united power systems (OÉS1 and OÉS2) in conventional and compact designs. The results obtained are shown in Fig. 13.

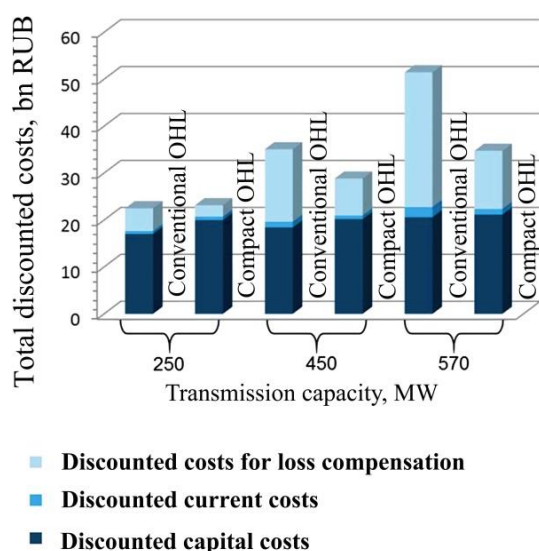
Cases without phase angle regulation and with PST installed at the beginning of the OHL were computed. The case with phase shifting transformer implemented contained modes with changing the shift angle of output voltage relative to input voltage within the range of $\delta_{PST} = \pm 60^\circ$. The phase control mode $= 0^\circ$ corresponded to no phase control.

As could be seen in Fig. 13, the natural power flow distribution from OÉS1 to OÉS2 (with phase angle $= 0^\circ$) for the OHL under review is 352 MW.

When phase angle changes within the range of $\pm 60^\circ$ due to PAR implementation, power flows through studied OHL (as well as other branches of the studied power systems) change significantly.

If δ_{PST} is close to -30° , the power flow is 974 MW, that is close to conventional 500 kV OHL natural loading.

Discounted costs breakdown for 220 kV OHL different types



Total discounted costs for 220 kV OHL different types

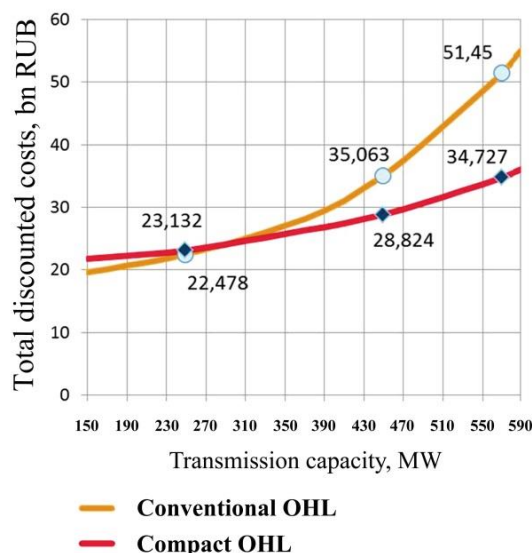


Fig. 12. Costs for different types of 220 kV OHL

In case of further power flow growth (over 974 MW), the transmission capacity of the OHL (in conventional design) is insufficient. The way out is to use a 500 kV compact OHL that provides natural loading of 1,480 MW or to install an SCD with sufficient capacity. Such capacity of the OHL to 1,486 MW could be achieved by phase angle -60° implementation. The effectiveness of phase control regulation (within $\pm 60^\circ$) is determined by system conditions.

With positive values of δ_{PST} , there is a reduction in power flow through the 500 kV OHL in the direction of OÉS2. For instance, with $\delta_{PST} = +15^\circ$, the value its power flow becomes equal to 0 (Fig. 13), and with $\delta_{PST} = +60^\circ$, power flow is 876 MW in the opposite direction, i.e. to OÉS1.

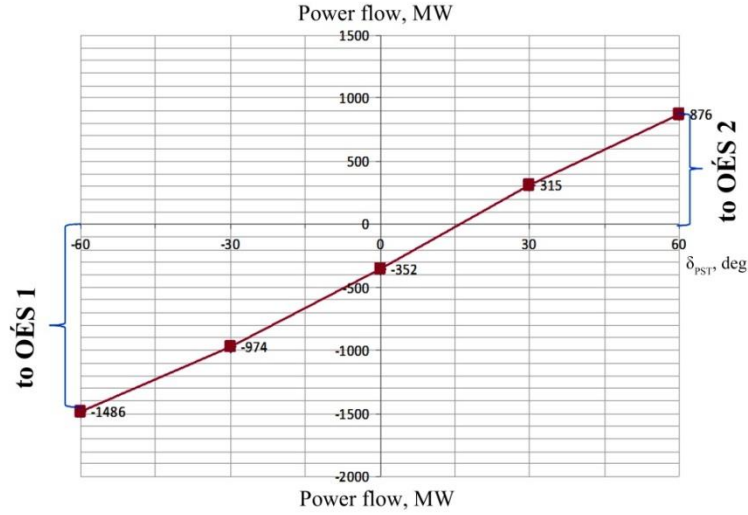


Fig. 13. Dependence of the 500 kV OHL power flow on the output voltage shift angle relative to input voltage generated by the PCD (phase control) installed at the beginning of the OHL

RESULTS OF COMPACT CONTROLLED OHL ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS ASSESSMENT

The compact controlled OHL environmental impact estimation is an important section of the studies. This covers the following characteristics:

- assessment of the impact of OHL on the right-of-way using efficiency;
- level of the electric and magnetic fields in the space surrounding OHL and below OHL near the ground surface;
- level of radio interference;
- level of acoustic noise.

The efficiency of land use can be assessed by a factor that takes into account both the transmission capacity of OHL and the right-of-way width L_{row} . It is proposed that the ratio of the natural loading of OHL to the OHL right-of-way width be used as such factor: P_{nat}/L_{row} , MW / m. The higher the ratio, the more efficiently land allocated for OHL is used.

The calculations show that compact OHL provide more efficient right-of-way use (Fig. 14).

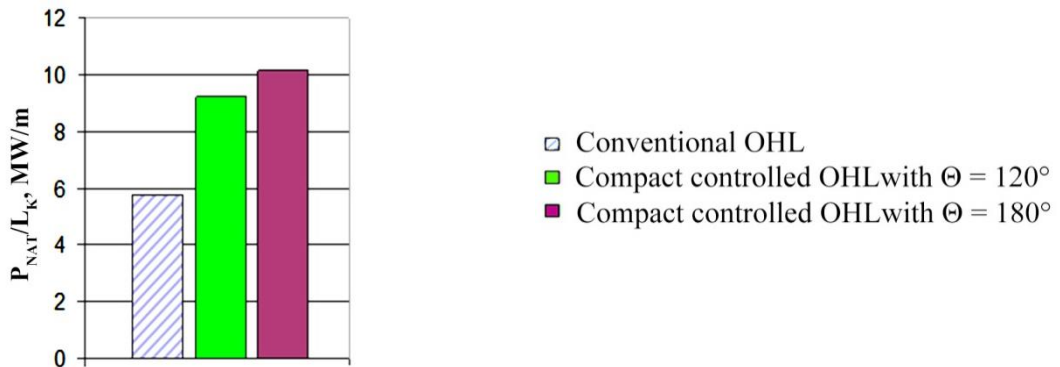


Fig. 14. Value of the 220 kV OHL right-of-way use factor

Fig. 15 shows the distribution of the electric (a) and magnetic (b) fields at a height of 1.8 meters from the ground surface for 220 kV compact controlled OHL with various values of the phase shift angle. As shown by these figures, the electric and magnetic fields below the extreme phase for 220 kV compact controlled OHL (with $\theta=120^\circ$ and $\theta=180^\circ$) do not exceed

5 kV/m and 16 A/m respectively, which meets the current requirements. The electric field below compact controlled OHL near the ground surface is lower than that of conventional OHL of the same voltage class.

All OHL under review meet the regulatory requirements applicable to the levels of acoustic noise: acoustic noise in the regulated distance from the projection of the extreme phase of OHL onto the ground does not exceed 52 dB (A).

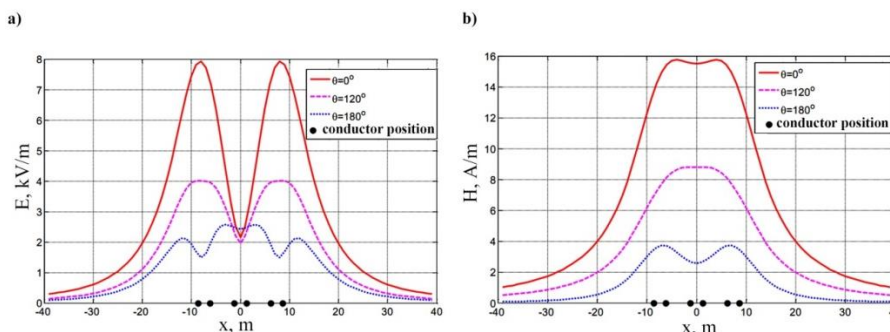


Fig. 15. Distribution of the electric and magnetic fields of 220 kV CSOHL

CONCLUSION

Implementation of compact controlled OHL makes it possible, as compared to conventional OHL, to achieve the following advantages per 1 MW of OHL natural loading:

- reduction in capital expenditures of up to 37% for 220 kV OHL and up to 33% for 500 kV OHL;
- reduction in the area of land allocated for OHL of up to 36% for 220 kV OHL and up to 52% for 500 kV OHL.

The capacity and costs of control devices providing the predetermined transmission capacity are much lower than those of conventional OHL.

The transmission capacity of FACTS-equipped compact OHL is close to that of conventional OHL of a higher voltage class.

Compared to conventional ones 110, 220, and 500 kV compact OHL (including CSOHL) provide the following:

- 1.3–1.6-fold increase in the OHL transmission capacity;
- capital construction costs reduction per power transfer unit by 15–30%;
- environmental performance improvement by reducing the electromagnetic field strength in and near the OHL right-of-way area.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Astahov Iu.N., Postolati V.M., Comendant I.T., Chalyi Gh.V. Upravleaemye linii electropredachi. [Controlled transmission lines] edited. V.A. Venikov. – Kishinev: Shtiintsa, 1984. – 296 pp.
- [2] Aleksandrov G.N., Evdokunin G.A. Podporkin G.V. Parametry vozdushnyh linii electropredachi kompaktnoi konstruktsii. [Parameters of aerial transmission lines of compact construction] – Elektrichestvo, 1982, N4, p. 10-17.
- [3] Postolati V.M., Bycova E.V. Efektivnosti primeneniya upravleaemyh samocompensiruiuschihsya visikovolityh linii electropredachi i fazoreguliruiuschihsya ustroystv transformatornogo tipa. [The efficiency of the use of controlled selfcompensated high voltage power lines with and phase controlled apparatus of transformer type] Elektrichestvo, 2010, N2, pp. 7-14.

Раздел 2
Моделирование
трансформаторных устройств
для расчетов
несимметричных режимов

Three-phase Three Legs Power Transformers Asymmetrical Modes Study for Zigzag Windings Connection.

Bosneaga V., Suslov V.

Power Engineering institute, Academy of sciences, Chisinau, Moldova
valeriu.bosneaga@gmail.com

Abstract. Based on the previously proposed model the simulations were made and characteristic features of steady asymmetric modes of three-phase core type (three leg) transformer were investigated for zigzag winding connection, taking into consideration the electromagnetic coupling of windings, located on different legs. Calculations and analysis were conducted based on distribution transformer 100 kVA, 10/0.4 kV and include the most typical steady unbalanced conditions, arising at various short circuits, including those, accompanied by the presence of zero sequence magnetic flux. For the considered modes vector diagrams of currents and voltages, as well as the relative values of the magnetic flux were constructed, which provide a clear visual representation of their features. It was demonstrated, that if the numbers of secondary windings turns are unequal, zigzag scheme no longer has advantages in asymmetric modes. These advantages also disappear at single-phase short-circuit of one secondary winding. Additional measures should be taken for the reliable protection against such short-circuits and prevention of transformer damage.

Index Terms- Power Transformer, core type, three limbs, asymmetric modes, zigzag, zero sequence, magnetic flux.

I. INTRODUCTION

Investigations and calculations of power transformers asymmetrical modes were conducted in many publications, the basics were laid in the classic books by Petrov G.N., Voldek A.I., Vasiutynski S.B., [1]-[4], etc., then the study was continued in [5]-[10], etc. (the list is not exhaustive). Nevertheless, the publications, developing various aspects of the problem, including the creation of new models of three-phase transformers continue to appear, including in the recent years [13]-[20]. However, there is no publication where it is discussed in detail asymmetric modes for the scheme with zigzag windings connection. To perform this work a three-phase model for three limb core transformer, proposed by the authors and described in [21] was used.

II. CALCULATION AND ANALYSIS OF ASYMMETRIC MODES

Let us consider with the help of elaborated model typical features of steady asymmetrical modes of three phase, core type distribution transformer with zigzag windings connection Y/ z_0 for the case of isolated neutral on the medium voltage side and grounded neutral on the low voltage side. For calculations let us use the catalogue data of Minsk (Belorussia) transformer plant (<http://metz.by/>) for distribution transformers for direct sequence. For the transformer type TMG, rated power 100 kVA, rated voltages 10/0.4 kV we have the following data: no load (excitation) current $I_0 = 2.6\%$, short-circuit voltage $U_{sc} = 4.7\%$, no load active power losses $P_0 = 270$ W, short circuit losses $P_{sc} = 2270$ W.

In addition, for this transformer the manufacturer provided measured from the high voltage (HV) side zero sequence impedance (for the scheme Y/ y_0) $Z_0 = 1.3$ Ohm, and active power losses at no load conditions $P_0 = 2$ kW. Based on these data, in accordance with known formulas (see for example [22, pp.

185-190]), one can calculate effective (RMS) values of the windings rated currents for HV and low voltage (LV) sides: $I_{HV} = 5.8$ A and $I_{LV} = 152$ A, excitation current on HV side $I_0 = 0.15$ A, rated windings voltages on HV and LV sides $U_{HV} = 5.77$ kV and $U_{LV} = 127$ V, resistances and winding's pairs short-circuit reactance, as well as all other variables, needed to elaborate the model.

A similar version of the transformer is considered, for example, in [11], [12]. In [12] it is presented some data on the values of short-circuit currents for different windings connections of distribution transformers with highest voltage of 6 kV, including for zigzag diagram, but for a correct comparison with results, obtained here, it is necessary to have more detailed data on transformers parameters, used in [12]. For greater clarity, let us present the results of calculations not in the form of tables with values, but rather in the form of vector diagrams (VD), and numerical values – only as needed. On Fig. 1, 2 are shown the voltages of the primary and secondary windings of transformer with zigzag diagram in initial symmetric mode (for the case, when the turns numbers of both secondary windings, connected in zigzag, are the same). The windings, located on the same limb and belonging to one of the phases are designated by the letters A, B, C, the numbers 1, 2, 3 refer to the primary and secondary windings. Accordingly, the loads voltages include the notation of windings, which are connected together to obtain the corresponding load voltage (wherein the first is recorded the winding, connected to the neutral point, for example, a load voltage U_{A2B3}).

On subsequent figures the obtained results are given in the form of vector diagrams for various asymmetrical modes calculations. Fig. 3 shows the voltages of LV windings and loads for the single-phase short circuit to ground (shorted load is A2B3), as initial mode is taken the symmetrical loading according to Fig. 1, 2. As it can be seen from VD on Fig. 3, voltages of "healthy" loads U_{B2C3} and U_{C2B3} (shown in dashed lines) are somewhat less than the nominal voltage, and the phase angle is more than conventional of 120° . Voltages system of secondary windings, forming zigzag (voltage of primary windings A1,B1,C1 look very similar, so are not shown) is distorted, wherein the voltages on the shorted windings A2,B3 (as expected) are equal and much less, than nominal value. The voltages of remaining windings A3,B2, forming "healthy loads", are much lower than the nominal value of 127 V and have a phase shift much less than normal of 120° , and the voltages of windings C2, C3 are also equal, and their value is close to nominal value. Current of one load phase short-circuit, obtained here by calculation, is equal to 113 A, this value is approximately consistent with the result (102 A), presented in [12], taking into account that in [12] the voltage was equal to 6 kV. Pattern of magnetic fluxes in the limbs of magnetic core for

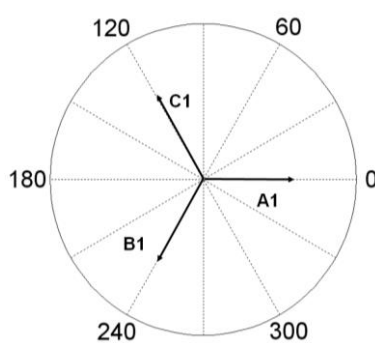


Fig. 1. VD of Y-connected primary windings voltages for symmetric load conditions.

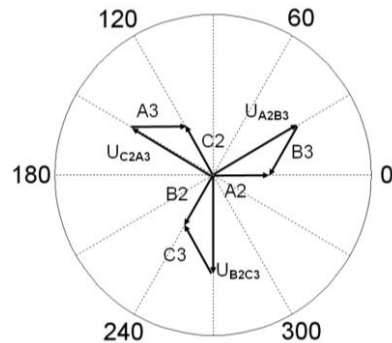


Fig. 2. VD of loads and secondary windings voltages for zigzag connection at symmetrical conditions.

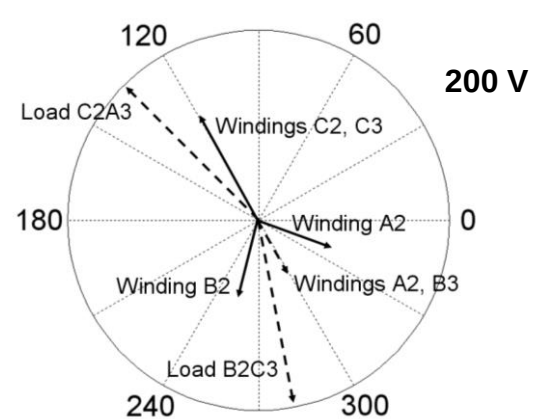


Fig. 3. VD of loads and secondary windings voltages at short-circuit in one phase of load.

this mode is shown in Fig.4, from which it is seen, that the sum of limbs fluxes is close to zero, and hence the zero sequence flux in the air under these conditions is missing, which, as is known, is a significant advantage of the zigzag connection. In addition, the calculations fulfilled confirm that the star of HV windings voltages remains symmetrical, and no displacement of the neutral is observed. It should be noted, that these beneficial

properties of zigzag connection only take place in case of the equal numbers or turns of windings, constituting zigzag (see Fig. 2, voltages $U_{A2}=U_{B3}$ and so on.).

At Fig.5, 6 are presented VD for the considered mode of short-circuit in one phase of load, corresponding to the ratio of secondary windings turns of 2:1 (in this case the angle between load and respective winding voltages will be less than 30° , and will be close to 15°).

From Fig.5, which shows the relative values of fluxes in the core limbs, it follows the appearance in this case of significant zero sequence flux. Besides, the displacement of neutral point appears at HV side of the transformer. Dramatically changes not only the picture of magnetic fluxes in the limbs, but also the VD of windings voltages and load voltages (see Fig.6).

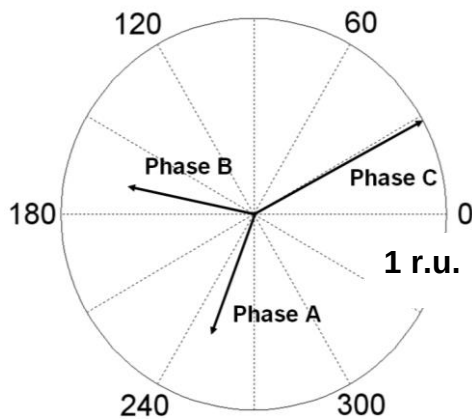


Fig.4. Relative values of limb's magnetic fluxes at one phase short-circuit

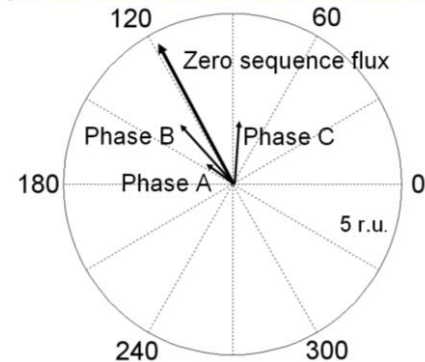


Fig. 5. Relative values of fluxes in the core limbs at one phase of load short-circuit and the ratio of secondary windings turns of 2:1.

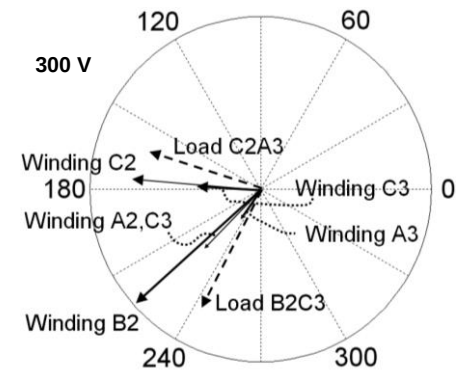


Fig.6. LV windings and loads voltages at one phase of load short-circuit and the ratio of secondary windings turns of 2:1.

Thus, at different numbers of secondary windings turns, forming "shoulders" of zigzag connection, the beneficial properties, inherent to this scheme in asymmetric modes of operation, practically are lost.

Let consider next the less likely, but also possible mode of short-circuit on the LV side between the two arms of load without earth. At such fault, obviously, respective voltages will have the same value ($U_{A2B3}=U_{B2C3}$). Fig. 7 shows VD for the windings and loads voltages on the LV side at short-circuit between the two arms of loads without earth. The voltage on short-circuited loads sharply decreases and three phase voltages system on the loads is greatly distorted.

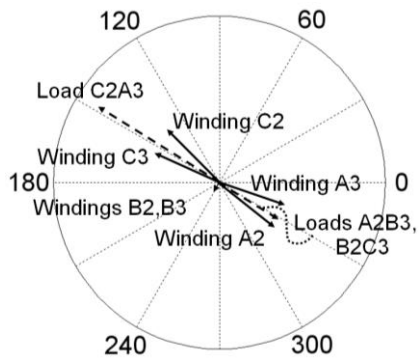


Fig. 7. Windings and loads voltages on LV side at short-circuit between two arms of loads without ground.

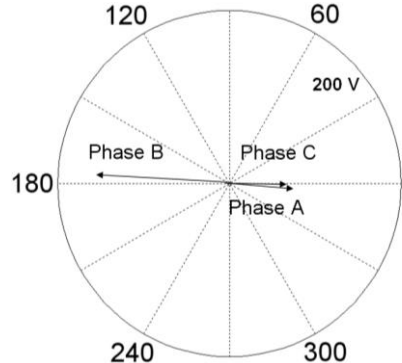


Fig. 8. VD for the source currents on HV side at short-circuit between the two arms of loads without earth.

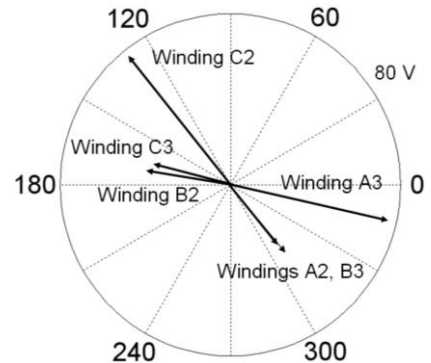


Fig. 9. LV side windings voltages at short-circuit of two phases of load to ground.

It is also seen on the VD, that the voltages on B2 and B3 windings coincide and are almost invisible because of their relatively small value. Besides, the voltages on all LV side windings are much lower, than the nominal one.

As it could be seen from Fig.8, the sum of source phase currents is zero, which is understandable, since the HV side has no way for the flow of zero sequence current. Due to calculations performed, the neutral current on the LV side is also zero, and, respectively, there is no zero sequence current in the secondary windings and no zero sequence flux.

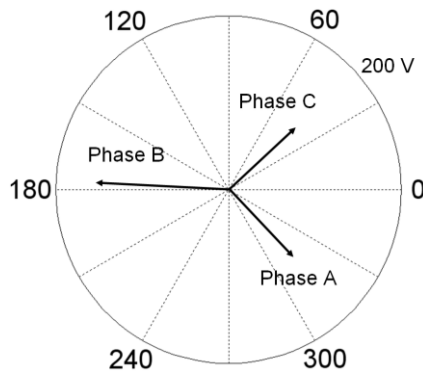


Fig. 10. Source currents on HV side at short-circuit between two "arms" of loads with ground.

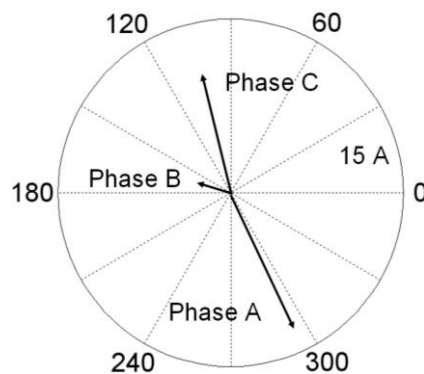


Fig.11. Fault currents from the power source at short-circuit of phase A secondary winding (connected to neutral).

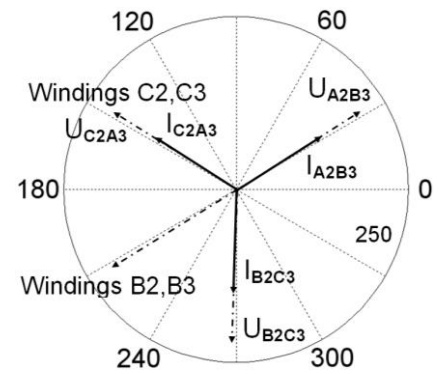


Fig.12. LV side windings and loads voltages and currents at short-circuit to ground of phase A secondary winding.

The largest short-circuit current in this mode is reached in the phase B of the power supply source and is equal to 150 A.

Next, let consider short-circuit of two phases of load to ground. In this case two voltages of load "shoulders" are equal to zero ($U_{A2B3}=U_{B2C3}=0$). At Fig.9, 10 are presented VD, obtained for the considered case. At Fig. 9 are presented the LV side windings voltages, it is obvious, that at such fault windings voltages are decreased further in comparison with previous case, but the power source currents still remain balanced and become even more symmetrical, although the largest value of the fault current (see Fig. 10) remains practically the same, as in previous case. Power source currents in this mode are more symmetrical, than at short-circuit of two phases of load without ground, and also are balanced.

Let consider further for completeness specific unbalanced mode, associated with possible internal fault in transformer - namely, short-circuit to ground of one secondary winding on LV side, adjacent to the

neutral (in this case, in phase A). At Fig.11 - 14 are presented VD, obtained as a result of calculations, made for the considered case. As follows from Fig.11, this shows

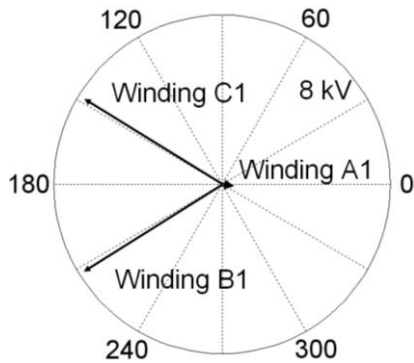


Fig.13. HV side windings voltages at short-circuit to ground of phase A secondary winding.

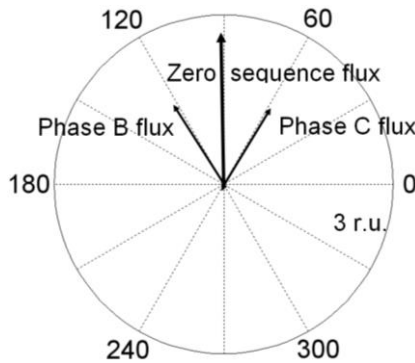


Fig.14. Relative values of limbs magnetic fluxes and total zero sequence air flux at short-circuit to ground of phase A secondary winding.

the fault currents from the power source, they are relatively small in comparison with usual short-circuit currents (approximately twice bigger than rated current), so, at such fault the usual protection will not work, but the transformer will be overloaded with these currents and could be damaged.

this mode are close to symmetric; the voltages of short-circuited phase A

So, it would be desirable to provide protection against this regime. Loads currents and voltages (see Fig. 12) in are close to zero (so, they are not shown on VD), but the voltages of "healthy" windings B2, B3 and C2, C3 are strongly shifted by phase relative to their normal positions. From Fig. 13, which shows the voltages of the primary star connected windings with isolated neutral, it is seen, that the system of primary windings voltages is sufficiently asymmetrical, has essential shift of the neutral point and is similar to the VD of secondary voltages. Furthermore, in this mode, due to calculations made, (see VD with results on Fig.14) significant zero sequence flux, caused by unbalanced windings currents, appeared.

III. CONCLUSIONS

1. Based on elaborated model the calculation of modules and angles of windings currents and voltages in three-phase three limb core transformer with "zigzag" connection of secondary windings at various short-circuit modes was performed. Electromagnetic coupling between windings on different limbs, based on zero sequence parameters, was considered. Obtained vector diagrams for windings voltages and currents and relative values of magnetic fluxes give clear visual representation of different asymmetric modes peculiarities.
2. At usual single-phase and two-phase short-circuits the "zigzag" connection (at equal secondary windings turns number) ensures absence of zero-sequence current and flux and, accordingly, less distortion of voltages and currents (in comparison with Y/y and D/y connections) at asymmetric short-circuits and loads. However, if the numbers of secondary windings turns are unequal, this scheme no longer has mentioned advantages. Furthermore, these advantages also disappear at single-phase short-circuit of one secondary winding, that, in turn, seemingly means, that a similar effect will also occur at internal short-circuits between loops in the windings.
3. The currents, arising from short-circuit of one secondary winding, are approximately twice bigger than rated load currents and are significantly smaller, than usual short-circuit currents. Due to this, they are insufficient for the reliable operation of protection against short-circuits, so this may require additional measures to protect against such faults and prevent transformer damage.
4. To enable more accurate accounting of asymmetric modes processes associated with the appearance of zero sequence current and magnetic flux, transformer manufacturers should present in the catalogue data sheets of transformers, along with parameters for the positive sequence, also their measured values for the zero sequence, due to the fact that the latter are difficult to obtain by calculation.

REFERENCES

- [1] G.N. Petrov. *Transformers. Fundamentals of theory*. Vol.1, GEI, 1934, 445 pp. (In Russian).
- [2] G.N. Petrov. *Electrical machines*. In 3 parts. Part 1. *Introduction. Transformers*. M., Energia, 1974, 240 pp.(In Russian).
- [3] A.I. Voldek. *Electrical machines*. – L.: Energia, 1978, 832 pp.(In Russian).
- [4] S.B. Vasyutinsky. *Problems of theory and design of transformers*. L., Energia, 1970, 432 pages. (In Russian).
- [5] B.N. Sergeenkov. *Electrical machines. Transformers*. Edited by Kopylov I.P., M. Vishaia shkola, 1989, 352 pp. (In Russian).
- [6] E.I. Zabudski. *Electrical machines. Part 1. Transformers*. M., 2002, 168 pp.(In Russian).
- [7] S.B. Losev, A.B. Chernin. *Calculation of electrical values in asymmetric modes of electrical systems*. M., Energoatomizdat, 1983, 527 pp. (In Russian).
- [8] A.P. Berman. Calculation of asymmetric modes of electrical systems using phase coordinates. *Elektrichestvo*, 1985, number 12, pp. 6-12. (In Russian).
- [9] A.M. Guseynov. Calculation of asymmetric steady-state modes in complex systems using phase coordinates. *Elektrichestvo*, 1989, Nr. 3.(In Russian).
- [10] D.D. Karasev, E.D. Karasev. *Calculation of electrical networks with "FAZAN" software*. Editor A.I. Artemov. Moscow: Moscow Power Engineering Institute, 1989.(In Russian).
- [11] B. Fishman, A. Fedorovskaia. Power transformers 10 (6) / 0.4 kV. Areas of application of different connection schemes. *Novosti Elektrotehniki*, Nr.5, 2006. (In Russian).
- [12] B. Fishman, A. Fedorovskaia. Power transformers 10 (6) / 0.4 kV. Areas of application of different connection schemes. *Novosti Elektrotehniki*, Nr.6 (60), 2009. (In Russian).
- [13] G.A. Evdokunin, M.V. Dmitriev. Transformers in the electrical network. Simulation of transient processes taking into account the configuration of magnetic system. *Novosti Elektrotehnik* Nr. 5 (53), 2008. (In Russian).
- [14] V.P. Zakaryukin, A.V. Kriukov. *Complicated asymmetric modes of electrical systems*. Publisher Irkutsk State University, 2005 - 274 p. (Transformer model – at page 45.), (In Russian).
- [15] A.S. Gusev, S.V. Svechkarev, I.L. Plodisty. Universal mathematical model of three-phase transformers and auto- transformers. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2007. Vol. 311. – Nr. 4, pp.77-81. (In Russian).
- [16] V.A. Martynov. Unbalanced modes of power transformers with windings connection Y/y0. *Bulletin of Irkutsk State Power University*, issue 2, 2009, pp. 1-5.(In Russian).
- [17] M. Iu. Pustovetov. Mathematical model of three-phase transformer, *Proceedings of Tomsk Polytechnic University*. 2012. Vol. 321. Nr.4. (In Russian).
- [18] Three-Phase Transformer Inductance Matrix Type (Two Windings). 2012. URL:<http://www.mathworks.com/help/toolbox/phymod/powersys/ref/threephasetransformerinductancematrixtypetwowindings.html> (date of access : 06.04.2012).
- [19] Three-Phase Transformer 12 Terminals. 2012. URL:<http://www.mathworks.com/help/toolbox/phymod/powersys/ref/threephasetransformer12terminals.html> (date accessed:06.04.2012).
- [20] URL:<http://www.mathworks.com/help/phymod/powersys/ref/threephase-transformer-inductancematrixtypethreewindings.html> (date of access:20.09.2013).
- [21] V.A. Bosneaga, V.M. Suslov. Investigation of asymmetrical modes of three-phase three leg transformer with windings connection in zigzag.(In Russian) (<http://journal.ie.asm.md/en/contents/elektronnyj-zhurnal-n-323-2013>).
- [22] Electrical Engineering Handbook: In 3 volumes, Vol. 2. M, Energoatomizdat, 1986, 712 pp.(In Russian).

СТАТЬЯ БЫЛА ПРЕДСТАВЛЕНА В 2014 ГДУ:

BOSNEAGA, V.; SUSLOV, V. *Three-phase three legs power transformers asymmetrical modes study for zigzag windings connection*. 16TH International conference on harmonics and quality of power harmonics and quality of power, Bucharest, Romania, 25-28 May 2014.
(Poster Session 2, #100, Wednesday 12:00 – 13:00, Room: F, Chairman - Horia Necula - University POLITEHNICA of Bucharest, Romania)

Раздел 3

Возобновляемые источники энергии

ОПТИМАЛЬНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Чалбаш О.Х.,

Институт энергетики АНМ

Настоящая статья посвящена вопросам оптимизации позиционирования солнечных панелей на подвижных платформах (трекерах). Она представляет собой краткое изложение итогов исследовательской работы (более подробное изложение приведено на сайте «<http://blackbox-labs.com/>»). В ней исследуются проблемы образования тени на рабочих поверхностях солнечных панелей при многорядном размещении подвижных платформ на площадке. А в качестве инструмента исследования применялись математические методы оптимизации и специально разработанные программные приложения.

Однако для решения данной задачи необходимо было создать ряд предпосылок. Некоторые из них касались модификации кинематической и компоновочной схем конструкции стандартной двухосной (двух координатной) платформы. Другой предпосылкой послужила разработка оптимизационной модели для максимизации выработки энергии на высоких углах солнечной эклиптики для отдельно взятой многоуровневой платформы (задача НАСА).

Для целостности и последовательности изложения приведем некоторые общеизвестные положения. Проблема позиционирования продиктована двумя обстоятельствами:

- Физическими условиями фотоэлектрического эффекта;
- Изменением положения источника энергии (солнца) во времени.

В соответствии с первым - выработка электрической энергии достигает максимального значения при нормальном размещении плоскости панели по отношению к вектору (направлению) солнечного излучения. Существуют эмпирические зависимости, отображающие потери энергии от отклонения от нормали. С незначительной погрешностью можно считать, что указанная зависимость подчиняется косинусоидальному закону в диапазоне от 0 до 90 град.

Второе обстоятельство – изменение положения источника энергии, определяется законами движения Земли вокруг солнца. В общем случае, видимая, наблюдателем на поверхности Земли траектория движения (ее называют *солнечной эклиптикой*) зависит от координаты широты.

Параметры солнечной эклиптики, могут быть вычислены на основе положений аналитической геометрии (т.н. «уравнение времени»). Но в практике, чаще пользуются эмпирическими зависимостями – например, диаграммами Купера [1, 6].

Очертим, далее, границы, рассматриваемой предметной области. Объектом исследования и сопоставительного анализа выступают небольшие СЭС, мощностью от 5 до 60 кВт, размещаемые на площадках, габариты которых имеют физические ограничения. Например, на крышах зданий (*рисунок 1*), или даже на мобильных средствах. Кроме того, рассмотрению в качестве «оппонентов» подлежат только СЭС, панели, которых размещаются на подвижных, двухосных платформах.



Рис. 1 Подвижные двухосные платформы компании «DegerEnergy» (Штутгарт).

Такие платформы, способны обеспечивать практически 100% эффективность позиционирования по углу, и отличаются более высокой стоимостью, но для малых и средних СЭС это обстоятельство не имеет принципиального значения.

Выделим далее основные параметры, влияющие на энергетическую и, как следствие, экономическую эффективность солнечной энергетической системы (СЭС).

1. Эффективность позиционирования «по углу» (с точки зрения минимизации угла отклонения от нормали);
2. Эффективность позиционирования «по тени» (с точки зрения минимизации площади тени);
3. Эффективность энергопотребления на собственные перемещения (динамическую юстировку);
4. Стоимость панелей и электрического оборудования (аккумуляторы, инверторы, др.);
5. Стоимость собственно подвижных платформ и систем управления (программно-аппаратного комплекса);
6. Стоимость монтажа и пуско-наладочных работ;
7. Стоимость технического обслуживания в течение периода эксплуатации.

Отметим, что первые три показателя по существу определяют эффективность доходной части. Для заданных площади панелей, удельной выработки энергии и тарифах на электроэнергию, можно определить фактический объем и стоимость произведенной за установленный период электроэнергии.

Соотнесение вышеуказанного показателя с затратными статьями (пп. 4-7), позволяет оценить рентабельность «предприятия» и сроки его окупаемости.

Данная статья, как указывалось выше, посвящена исследованию проблемы образования тени на рабочих поверхностях панелей. В частности, выполнен сравнительный анализ эффективности позиционирования панелей, установленных на подвижных платформах, отличающихся различными конструктивными схемами. Таким образом, предметом исследования стал симбиоз математических методов, реализованных в специально разработанных программных приложениях и соотнесенных с различными конструктивными схемами подвижных платформ.

Под эффективностью «по тени» в дальнейшем следует понимать отношение незатененной площади панелей к общей площади их рабочей поверхности.

Поскольку тень, с математической точки зрения, не что иное, как ортогональная проекция некоторой фигуры (в нашем случае прямоугольника) на заданную плоскость, то представляется возможным разработать динамическую модель ее поведения при изменяющихся координатах.

По поводу использованного программного инструментария, следует отметить, что существует множество доступных программных средств (пакетов 3D-графики, всевозможных AutoCAD и пр.) для моделирования тех или иных объектов предметной области. Но специфические особенности, например такие как, изменение исходных параметров в соответствии с определенными функциональными зависимостями, применение оптимизационных алгоритмов, хранение в базе данных структурированных специальным образом параметров и др. обусловили необходимость разработки собственных программных приложений, взаимодействующих с реляционной базой данных («скриншоты» интерфейсных форм представлены в приложениях 1, 2 и 3).

Для демонстрации полученных результатов на конкретном примере, рассмотрим солнечную мини энергетическую установку со следующими техническими характеристиками (таблица 1).

Такого рода мини СЭС, размещаемые например, на крышах зданий могут, при нормальном уровне инсоляции в течение суток, обеспечивать потребности в среднем 3-5 семей.

На рисунке 2 показана схема двухрядного размещения такой системы на основе стандартных двухосных платформ.

В качестве центральной проблемы исследования выделен так называемый критерий плотности размещения. Данный критерий можно выразить как отношение рабочей площади панелей к общей площади занимаемого участка.

$$Kd = Ssp / Sar$$

(1)

где **Ssp** - рабочая площадь солнечных панелей;
Sar - площадь поверхности занимаемого участка;

Таблица 1. Технические характеристики солнечной мини энергетической установки

№/№	Название параметра	Значение параметра	Примечание
1	2	3	4
1	Площадь панели одной платформы	2,88 кв.м	Стандартная платформа
		4x0,72 кв.м	Модифицированная
2	Габаритные размеры панели (АxВ)	1,697x1,697	Стандартная платформа
		1,2x0,6	Модифицированная
3	Номинальная мощность одной панели	0,46 квт.	Стандартная платформа
		0.115 квт.	Модифицированная
4	Число платформ	10 ед.	
5	Число панелей на платформе	1	Стандартная платформа
		4	Модифицированная
6	Тип платформы (стандартной)	DAT	Двухосная одноуровневая
7	Тип платформы (модифицированной)	-	Двухосная 4-х уровневая
8	Вырабатываемая мощность (номинальн.)	4.6 квт.	

Известно, что для минимизации теней, стандартные платформы (как подвижные, так и стационарные) размещаются на определенном расстоянии друг от друга. Дистанция устанавливается, в соответствии с проектными нормативами, и определяется, главным образом, шириотой размещения и габаритными размерами панелей.

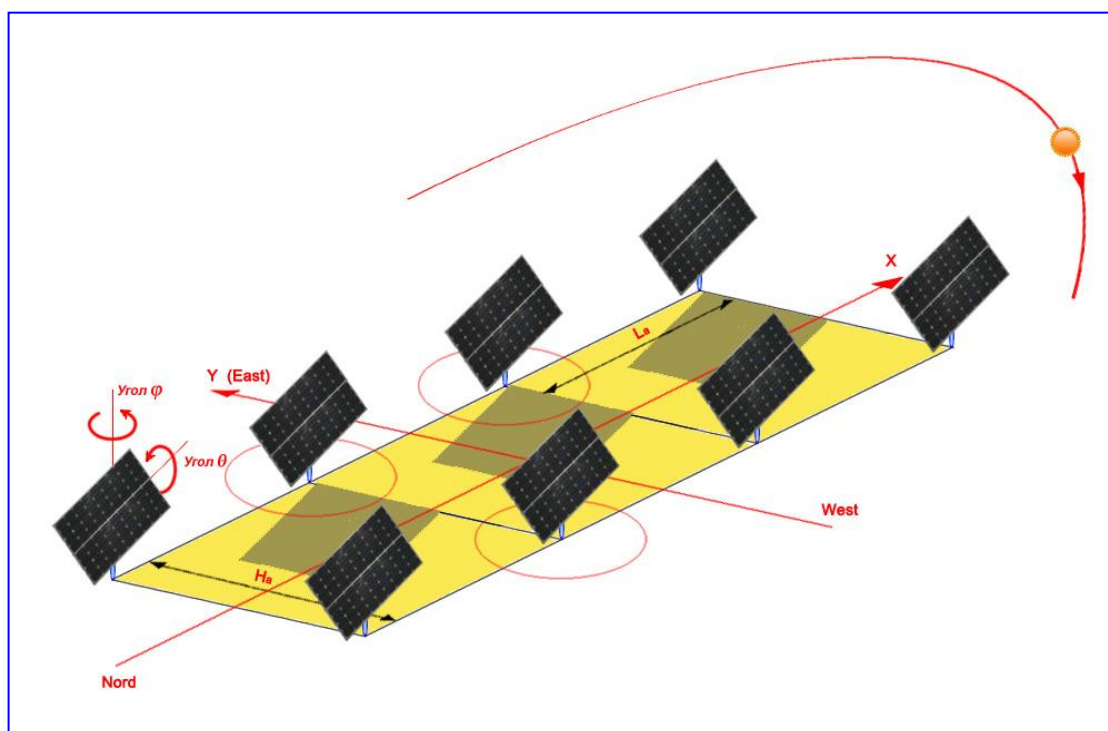


Рис. 2 Схема двухрядного размещения системы из 8-ми платформ

Результаты исследования зависимости суммарной площади теней от дистанции размещения, применительно к рассматриваемой мини СЭС на базе стандартных двухосных платформ, приведены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что сокращение дистанции между осями платформ с 6-ти метров до значения близкого к критическому (~2,4 метров), снижает эффективность выработки энергии (вследствие образования тени) на 13,91% в среднегодовом исчислении при размещении СЭС на широте 50 град. По мере уменьшения широты размещения, разность сокращается, например, на экваторе она составляет только 5,16%.

Таким образом, можно констатировать, что по мере увеличения широты размещения СЭС эффективности по тени будет снижаться. Причем данная тенденция не зависит от числа подвижных платформ (данные таблицы 2 составлены для 6-ти платформ).

Здесь следует отметить, что кинематическая схема, применяемая в стандартных двухосных платформах, не оставляет иной возможности для минимизации площади тени кроме увеличения дистанции между ними. Поэтому, мы предприняли попытку модифицировать ее таким образом, чтобы обеспечивалось некоторое «поле для маневра». В частности, путем смещения вертикальной оси вращения от центра панели вплоть до консольного размещения (рисунок 3). При такой, модифицированной кинематической схеме, плоскость панели обретает две инвариантные позиции (с точки зрения обеспечения оптимального угла), отличающиеся различными координатами проекций, т.е. расположением теней.

Таблица 2 .Результаты исследования зависимости суммарной площади теней от дистанции размещения для мини СЭС на базе стандартных двухосных платформ

№	Ме- сяц	Эффективность выработки энергии (%)											
		2-х осная платформа (стандартная, одноуровневая)											
		Размеры панелей - A = 1,697 м; B = 1,697 м; Число платформ – M = 6											
		La = 6; Ha = 6 (Kd = 0,24)				La = 4; Ha = 4 (Kd = 0,54)				La = 2,5; Ha = 2,5 (Kd = 1,38)			
		Широта				Широта				Широта			
		0	23	40	50	0	23	40	50	0	23	40	50
1	2	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	21.12	96,68	99,39	99,93	97,23	94,93	97,75	97,59	88,65	91,36	90,88	81,22	70,96
2	21.11	96,71	98,96	100,00	98,85	94,97	97,23	98,23	92,20	91,46	91,28	83,43	75,37
3	21.10	96,80	97,98	99,17	99,93	95,10	96,35	97,36	97,83	91,71	91,75	88,26	82,81
4	21.09	96,80	96,66	96,36	96,13	95,10	94,92	94,54	94,24	91,80	91,35	90,02	87,31
5	21.08	96,80	96,34	96,50	96,86	95,10	94,27	93,78	93,53	91,71	90,88	89,83	88,89
6	21.07	96,71	96,76	98,43	99,36	94,97	94,28	94,88	95,93	91,46	90,66	90,24	89,75
7	21.06	96,68	96,96	99,02	99,53	94,93	94,24	95,51	96,79	91,36	90,47	90,43	89,91
8	21.05	96,73	96,71	98,40	99,32	94,99	94,23	94,82	95,84	91,49	90,62	90,18	89,65
9	21.04	96,80	96,30	96,38	96,78	95,10	94,25	93,69	93,47	91,72	90,86	89,76	88,63
10	21.03	96,80	96,64	96,34	96,20	95,10	94,89	94,51	94,71	91,80	91,31	89,96	87,58
11	21.02	96,80	98,01	99,19	99,83	95,10	96,25	97,43	97,73	91,73	91,86	88,67	83,13
12	21.01	96,73	98,97	100,00	99,01	94,99	97,25	98,33	92,69	91,49	91,36	83,70	75,83
13	Ср. год	96,75	97,47	98,31	98,25	95,03	95,45	95,89	94,47	91,59	91,11	87,98	84,16

La – дистанция между осями платформ по оси OY (Nord - South)

Ha – дистанция между осями платформ по оси OX East - West)

Критическая дистанция - La = 2,4 м; Ha = 2,4 м

Коэффициент плотности размещения при критических дистанциях – Kd = 1,5

Площадь «критической» площадки для размещения – 11, 52 м

N = 1 – число панелей на платформе (число уровней)

M = 6 – число платформ энергетической системы

Рабочая поверхность панелей – $S = 17,28 \text{ кв.м}$

В результате у системы панелей, размещенных на таких платформах, для каждого значения азимутального угла, возникают альтернативные наборы ориентаций (без ущерба оптимальности по углу) – т.е. «поле для маневра». Число таких вариантов определяется из выражения 2:

$$V = 2^M \quad (2)$$

где V – общее число вариантов;

где M – число платформ в системе.

Такие наборы альтернативных ориентаций будем называть в дальнейшем реверсивными, поскольку они предполагают поворот панели на 180 град. относительно вертикальной оси и разворот на отрицательный угол относительно продольной оси.

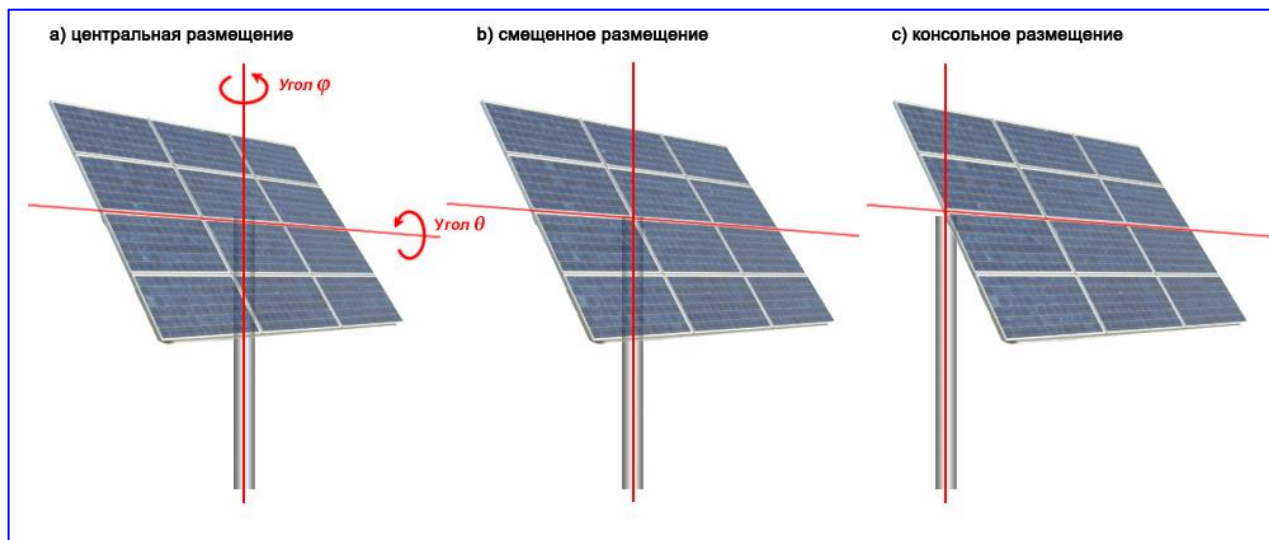


Рис. 3 Модификация кинематической схемы стандартной платформы

На рисунке 4 показано, каким образом переход в инвариантную позицию (реверсирование) исключает тень на панели противостоящей платформы.



Рис. 4 Схема образования теней в инвариантных позициях

Бесспорно, что платформы, реализующие такую консольную кинематическую схему не безупречны по целому ряду признаков. В частности, они более «уязвимы» к ветровым

нагрузкам и более энергоемки в управлении в силу необходимости осуществления реверсирований. Однако отвлечемся пока от этих негативных факторов и рассмотрим возникающие преимущества, тем более, далее будут рассмотрены решения, способные «смягчить» указанные недостатки.

По существу, такая модификация обеспечивает возможность минимизации суммарной площади возникающих теней, путем использования оптимизационных методов. При небольших значениях M возможен «тупой» перебор вариантов в сочетании с процедурой сравнительной оценки на каждом акте. При больших значениях M могут быть использованы, так называемые методы математического программирования (целочисленной оптимизации).

Отметим также, что в рамках решения данной оптимизационной задачи необходимо учитывать следующее обстоятельство. В общем случае, оптимизационная задача имеет не единственное решение (для каждого значения азимутального угла). Это означает, что может быть несколько вариантов реверсирования панелей отдельных платформ, способных обеспечить одно и то же значение функционала – минимальную площадь теней. При этом существенное значение имеет выбор варианта, обеспечивающего их минимальное число по отношению к оптимальной позиции для предшествующего азимутального угла. Таким образом, в рамках решения данной оптимизационной задачи, необходимо решить еще одну «субоптимизационную» подзадачу. Актуальность ее решения обусловлена необходимостью сокращения затрат энергии на оптимизирующие перемещения (реверсирования).

Но модификация стандартной компоновки в консольную, как показано на рисунке 3, не может полагаться достаточной. Необходимость обеспечения эквивалентной рабочей поверхности панели привело бы к значительному увеличению «вылета» панели вдоль продольной оси, а это нежелательно с точки зрения обеспечения прочностных характеристик платформы. Поэтому, была разработана четырех уровневая компоновочная кинематическая схема, отличающаяся «умеренной» длиной панели. Причем совокупная площадь четырех панелей при такой схеме равна рабочей площади панели стандартной платформы.

Следует отметить, что для выбора эффективных геометрических параметров такой платформы были проведены предварительные расчеты на прочность и изгиб при ветровой нагрузке (для скорости ветра - 15 м/сек), а также выполнена оценка массогабаритных показателей конструкции. В итоге были приняты в качестве «оптимальных» габаритные размеры панелей - $A = 1,2$ м; $B = 0,6$ м. Число панелей – четыре и ограничено высотой конструкции – 2,7 м и критическими углами (см. статью на сайте [«http://blackbox-labs.com/»](http://blackbox-labs.com/)).

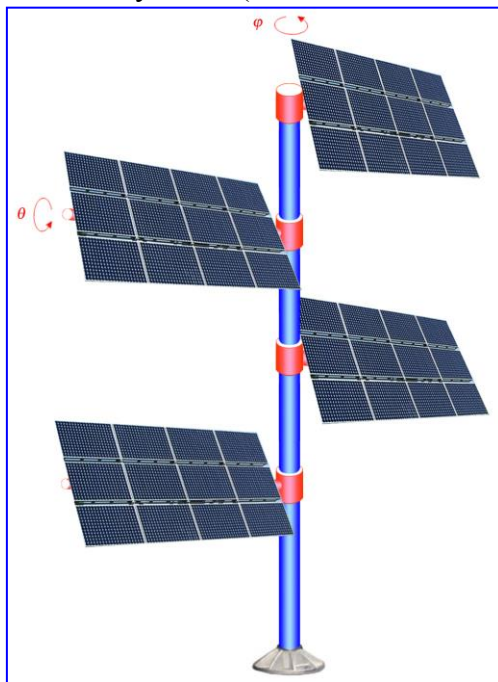


Рис. 5 Общий вид модифицированной двухосной 4-х уровневой платформы

В итоге, модифицированная компоновочная схема такой платформы выглядит как «этажерка», имеющая четыре панели, каждая из которых обладает двумя независимыми степенями свободы вращения (*рисунок 5*).

Приведем далее результаты решения оптимизационной задачи для мини СЭС, включающей 10 платформ, размещенных в три ряда (*рисунок 6*). В качестве сравнения там же приведены значения эффективности для системы включающей стандартные двухосные платформы. Площади рабочих поверхностей панелей в обеих системах одинаковы, а дистанции между осями платформ критические. Исходя из критических дистанций, рассчитаны коэффициенты плотности размещения - *Kd*. Расчеты проводились для различных широт размещения СЭС ($\gamma = 0, 40, 50$ и 60 град.).

Таблица 3 . Результаты сравнительного анализа для трехрядной системы размещения двух типов конструктивных схем двухосных платформ (4-х консольных уровневых и стандартных)

Эффективность выработки энергии на критической дистанции (%)											
№	День цикла	Число платф. в ряду (М)	Коэфф. плотн. размещ. (Kd)	Число рядов - 3 (М = 10)							
				Габариты площадки: L = 7,42; Н = 4,28 (консольные 4-х уровневые платформы); L = 7,2; Н = 4,2 (стандартные одноуровневые платформы)							
				2-х осная платформа (стандартная, одноуровневая)				2-х осная платформа (стандартная, одноуровневая)			
				Размеры панелей А = 1,2 м; В = 0,6 м;				Размеры панелей А = 1,697 м; В = 1,697 м;			
				Широта (□)				Широта (□)			
				0	40	50	60	0	40	50	60
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	21.12	10	0,91/0,96	96,70	90,68	85,25	76,71	90,26	75,98	58,04	28,03
2	21.11	10	0,91/0,96	96,79	91,67	87,36	79,85	90,41	79,16	64,33	39,23
3	21.10	10	0,91/0,96	96,95	94,34	91,52	86,61	90,94	84,85	78,91	61,94
4	21.09	10	0,91/0,96	96,97	95,91	94,72	92,92	91,05	87,97	85,32	80,70
5	21.08	10	0,91/0,96	96,95	96,57	96,07	94,98	90,94	89,55	88,40	85,70
6	21.07	10	0,91/0,96	96,79	96,58	95,94	94,82	90,41	90,10	88,53	84,95
7	21.06	10	0,91/0,96	96,70	96,50	95,92	94,59	90,26	90,09	87,68	84,62
8	21.05	10	0,91/0,96	96,80	96,53	95,87	94,89	90,46	90,00	88,33	84,98
9	21.04	10	0,91/0,96	96,96	96,55	96,02	95,05	90,96	89,41	88,27	85,90
10	21.03	10	0,91/0,96	96,97	95,89	95,82	92,71	91,05	87,83	85,48	80,26
11	21.02	10	0,91/0,96	96,96	94,49	91,73	87,07	90,99	85,38	79,33	63,24
12	21.01	10	0,91/0,96	96,80	91,85	87,51	80,09	90,46	79,58	64,83	40,28
	Сред. Год.	10		96,86	94,80	92,67	89,18	90,68	85,83	79,79	68,32

Результаты сравнительного анализа, приведенные в *таблице 3* для трехрядной системы размещения двух типов конструктивных схем двухосных платформ (4-х консольных уровневых и стандартных) показывает, что эффективность выработки энергии возрастает по мере увеличения широты размещения СЭС. Так, на широте $\gamma = 50$ град разность в эффективности систем составляет - 12,88% (92,67% – 79,79%) для СЭС включающей 10 платформ. На широте

$\gamma = 60$ град данный показатель увеличивается до 20,86% (89,18% – 68,32%). Такой вывод вполне очевиден и обусловлен законом изменения траектории эклиптики в зависимости от периода времени и широты. Оптимизация уместна лишь в зонах возникновения теней, которые имеют место при «низких» углах склонения солнца. Таким образом, чем больше в течение годового цикла продолжительность периодов с небольшими углами склонения, тем относительно эффективней работает такая система.

Следует указать на еще одну особенность предлагаемой технологии – оптимизации позиционирования панелей рядом размещенных платформ. Энергетическая эффективность системы не существенно зависит от ориентации рядов по сторонам света.

Опираясь на результаты сравнительного анализа, представляется возможным достаточно четко установить границы, условия и область наиболее эффективного применения такой технологии. Эти вопросы более подробно рассматриваются в разделе «Выводы и заключения» (см. <http://blackbox-labs.com/>). Здесь же отметим, что такие технологии уместны, на наш взгляд, для мини СЭС размещаемых на площадках фиксированных размеров и преимущественным образом на высоких широтах (от 40 град. и более).

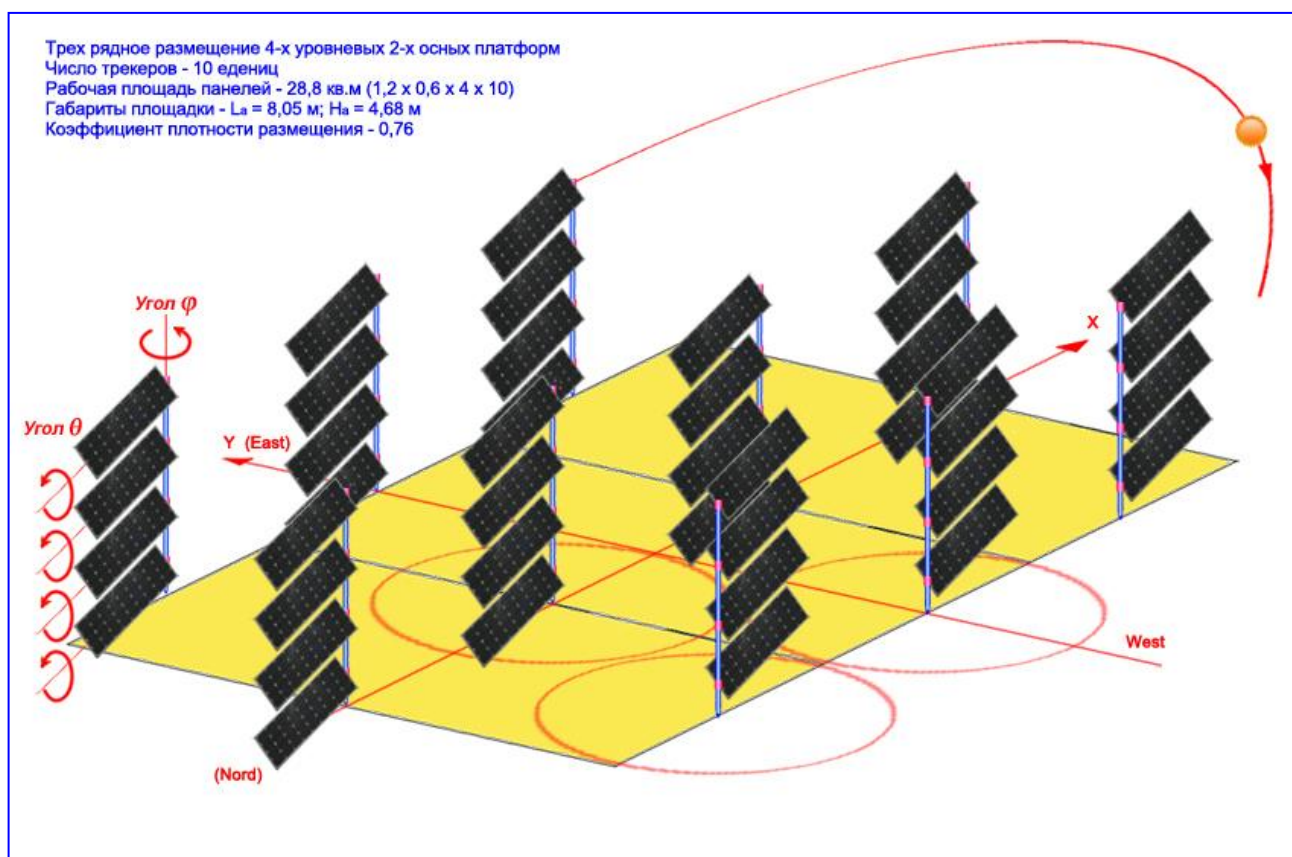


Рис. 6 Трехрядное размещение десяти 4-х уровневых двухосных платформ

Следует также отметить, что применение платформ с такой кинематической схемой (помимо прочих недостатков) сопряжено с одной весьма существенной проблемой. А именно, на высоких углах склонения (выше критических, определенных компоновочной схемой) вышележащие по ходу луча панели начинают отбрасывать тень на нижележащие, в пределах отдельно взятой платформы.

Естественно предположить, что, не разрешив данной проблемы, мы не стали бы рассматривать данную технологию. Справедливо будет сказать, что импульсом к ее разработке послужил конкурс, инициированный НАСА, условия которого были опубликованы на сайте <http://community.topcoder.com/> в январе 2013 года (также см.

«<http://habrahabr.ru/post/166861/>»). Ознакомившись с условиями конкурса, мы не сочли возможным принять в нем участие. Но поставленная задача представляла известный интерес в математическом аспекте.

Мы исключили из рассмотрения всевозможные инженерные проблемы (неравномерное охлаждение панелей, учет скорости их вращения и др.). А также изменили кинематическую схему (изменения показаны на *рисунке 7 а и б*), придав каждой панели возможность иметь по две независимых степени свободы. Наверняка, конструкторы НАСА имели основания применить такую кинематическую схему, но, с теоретической точки зрения, она является частным случаем, при котором парные панели имеют нулевые дистанции между точками крепления. К тому же одна из степеней свободы такой пары заблокирована, и поэтому можно считать, что каждая панель объединенного блока фактически не имеет двух независимых степеней свободы для вращения.

Важным следствием такой модификации стала возросшая вариабельность системы, и как следствие, область допустимых решений оптимизационной задачи.

Кратко коснемся существа поставленной задачи (с полным описанием можно ознакомиться, воспользовавшись вышеприведенной ссылкой). На определенных углах «космической» эклиптики солнечные панели могут отбрасывать тень друг на друга. Для любой пары углов $\{\alpha_s; \beta_s\}$ необходимо найти такое позиционирование панелей (т.е. парные углы $\{\varphi_k; \theta_k\}$) для всех панелей системы – $k = 1, 2, \dots, N$ (N – общее число панелей системы), при котором бы обеспечивалась максимальная выработка энергии.

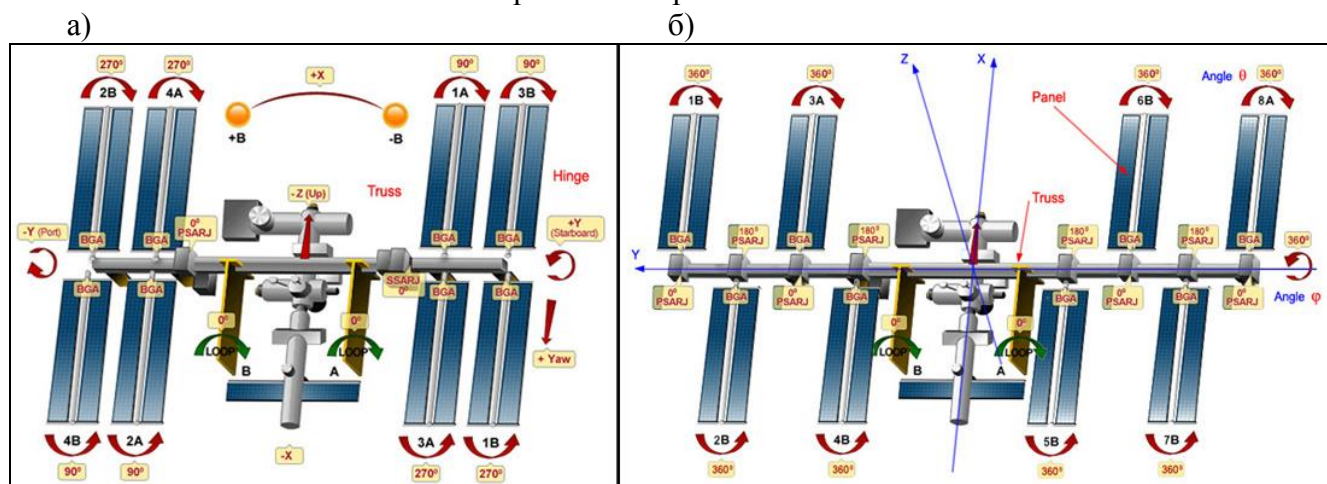


Рис. 7 Схема размещения солнечных панелей на МКС
(а – парноблокированная; б - независимая)

Здесь следует пояснить, что попытка как-то «развести» панели так, чтобы минимизировать суммарную площадь возникающих теней, в общем случае будет приводить к отклонению от оптимального угла (отклонению от нормали). И наоборот, оптимальное по углу позиционирование панелей может приводить к отклонению от минимально достижимого значения суммарной площади теней (оптимальной позиции по тени).

Не касаясь в данной статье подробностей, отметим лишь, что нам удалось решить эту задачу, используя эвристические методы анализа (строго аналитическое решение подобного класса задач представляется весьма проблематичным). На *рисунке 8* представлена эмпирическая кривая «оптимального» позиционирования 4-х независимых панелей по двум углам – φ и θ . В *приложениях 4 и 5* показаны «скриншоты» программных приложений для анализа поведения такой системы.

Несмотря на то, что в зоне критических углов склонения, а в нашем примере это диапазон от ~63 до 90 град., интегральная эффективность по углу и по тени выработки энергии может опускаться до 90% (см. *рис. 9*), в среднегодовом исчислении эта величина (в зависимости от

широты), будет находиться в диапазоне от 98% до 99% и даже более. Поэтому, получив такие показатели, мы сочли возможным применить данную схему компоновки платформ, справедливо полагая, что 1-1,5% возможных потерь вполне допустимы. Тем более, что на высоких широтах эта величина несущественно мала.

Естественно предположить, что все полученные результаты решения оптимизационных задач, как для отдельно взятых платформ, в диапазоне пост критических углов склонения (мы ее условно назвали «локальной оптимизацией»), так и для комплекса платформ – по минимизации площади тени, по существу, предназначены для соответствующей «коррекции» программы движения. В остальном, содержание программно-аппаратного управления юстировкой системы платформ ничем не отличается от стандартной. Различие состоит только в «начинке» процессора блока управления.

Кратко следует упомянуть также еще об одном, представляющемся на первый взгляд «недостатке» предлагаемой технологии. Речь идет о блочном реверсировании панелей обусловленной оптимизацией по тени. Действительно, реверсирование всех панелей на 180 град. осуществляемое неоднократно в течение дневного цикла, сопряжено с увеличением затрат энергии на управление. Вопрос лишь на сколько.

Оптимизационная программа способна представить точное число реверсов и секторы азимутальных углов для любого дня годового цикла. Причем, данное число реверсов является также оптимизированным (см. выше). Поэтому, можно легко установить продолжительность работы актуаторов (мотор-редукторов) и пройденные ими угловые расстояния для любого периода цикла.

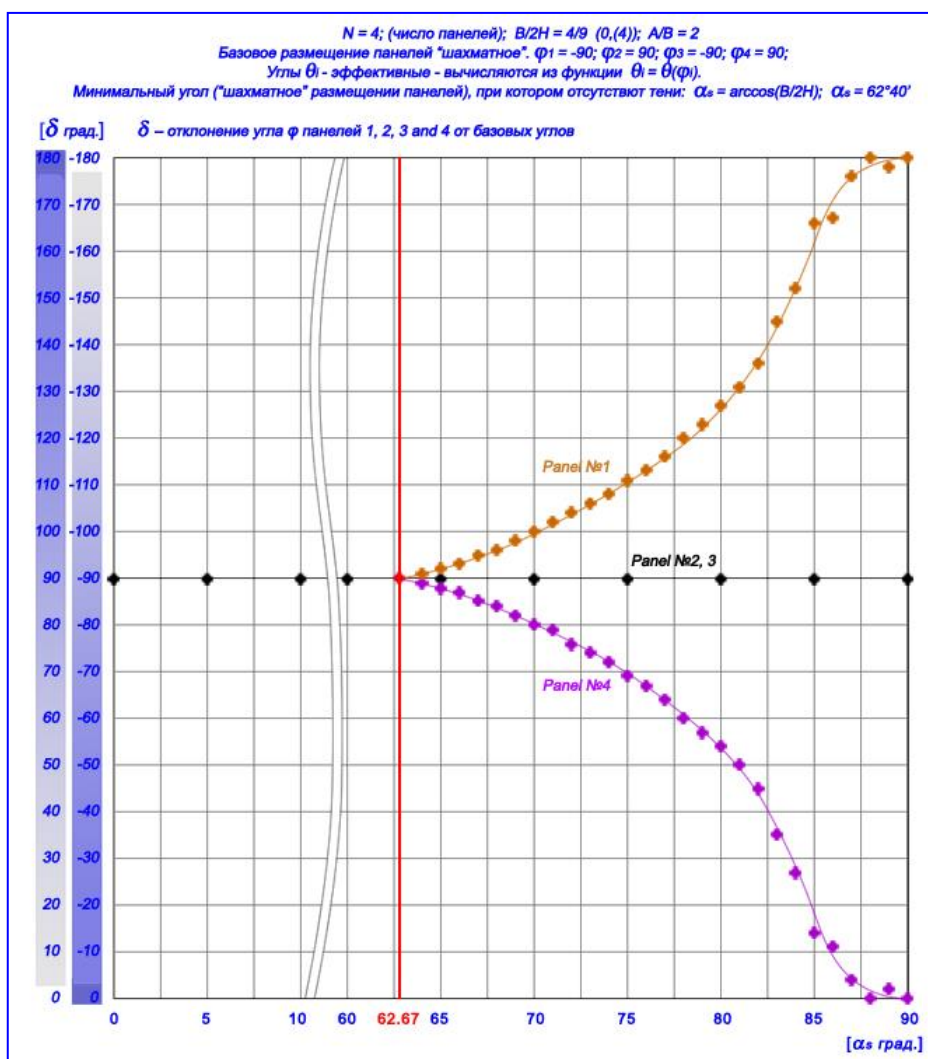


Рис. 8 Эмпирические кривые, отражающие «оптимальные» зависимости углов φ и θ

ориентации панелей от угла склонения α_s (для двухосной 4-х уровневой системы)

Кроме того необходимо знание величин перемещаемых масс (панелей в данном случае) и коэффициенты трения в кинематических парах. Обладая всем указанным набором исходных данных, мы провели предварительные расчеты для данной конструкции платформы.

Результаты расчетов показывают, что затраты на управления не превысят 0,5-1,5% от вырабатываемой за установленный период энергии. Таким образом, можно констатировать, что затраты на управление при такой компоновочной схеме платформы не превышают аналогичных затрат, отличающих стандартные конструкции.

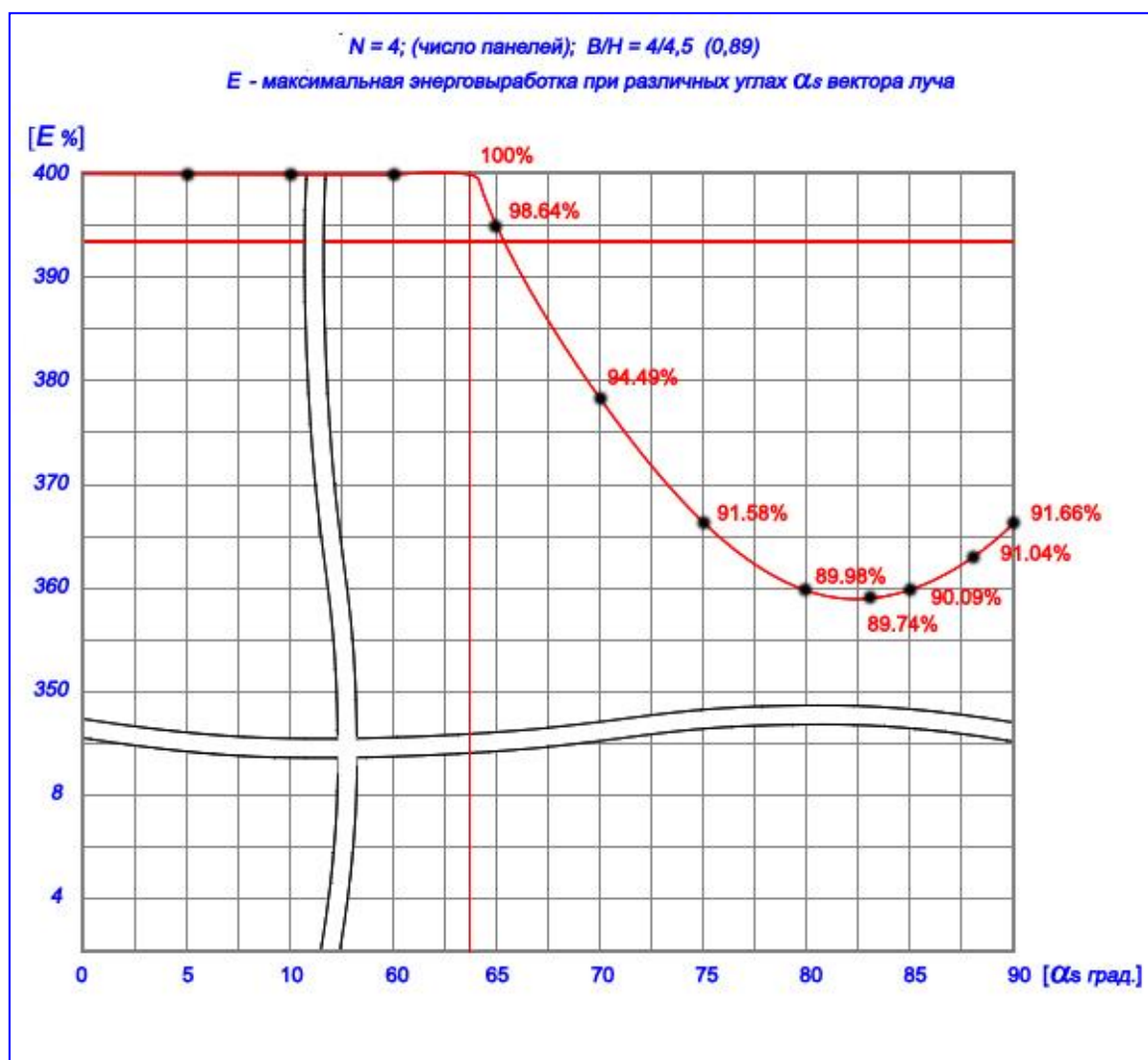


Рис. 9 Динамика эффективности выработки энергии в зоне пост критических углов склонения

Еще один аспект проблемы касается стоимостных показателей такой конструкции. Здесь, для более точной оценки, необходимо провести развернутые расчеты, позволяющие осуществить сопоставительный анализ для различных типов используемых материалов. Это обусловлено тем, что отдельные статические элементы конструкции могут быть изготовлены из различного рода полимерных и композитных материалов. Однако, даже предварительные расчеты показывают, что стоимость такой конструкции не значительно превысит стоимость стандартной платформы, несущей панель эквивалентной площади.

Резюмируя вышеизложенное можно сказать, что в условиях ограниченных габаритных размеров площадок для размещения мини СЭС и, в особенности в высоких широтах, использование предложенной технологии позволит увеличить выработку энергии (при прочих

равных условиях) по сравнению со стандартными платформами на 12-20% и более. При этом, первоначальные капиталовложения не возрастут сколь-нибудь существенным образом.

Теоретически возможно установить аналитическое выражение зависимости площади теней на «принимающих» панелях от углов ориентации панелей. Далее возникнет необходимость исследования свойств полученного выражения инструментами математического анализа (на гладкость, дифференцируемость, наличие экстремумов и т.д.). И если «повезет» (в математике часто наличие развитого аппарата исследования еще не гарантирует достижение желаемого результата), можно ожидать получение положительного решения. Но, такой подход (строго математический) показался нам неэффективным в силу большой трудоемкости и, как следствие, полной неопределенности о, необходимых для этого, временных и квалификационных ресурсов.

В частности, для системы, состоящей из двух панелей (тривиальный случай) была построена компьютерная модель зависимости эффективности выработки энергии от значения углов ориентации $E = E(\varphi; \theta)$. Причем, отдельно, как для зависимости эффективности от отклонения углов ориентации от нормали, так и для зависимости ее от площади тени. На рисунке 10 представлена графическая интерпретация этих зависимостей (3-х мерные топологии). К сожалению, отобразить данную зависимость в 4-х и более мерных пространствах (т.е. для системы, включающей три, и более панелей) компьютер «не может».

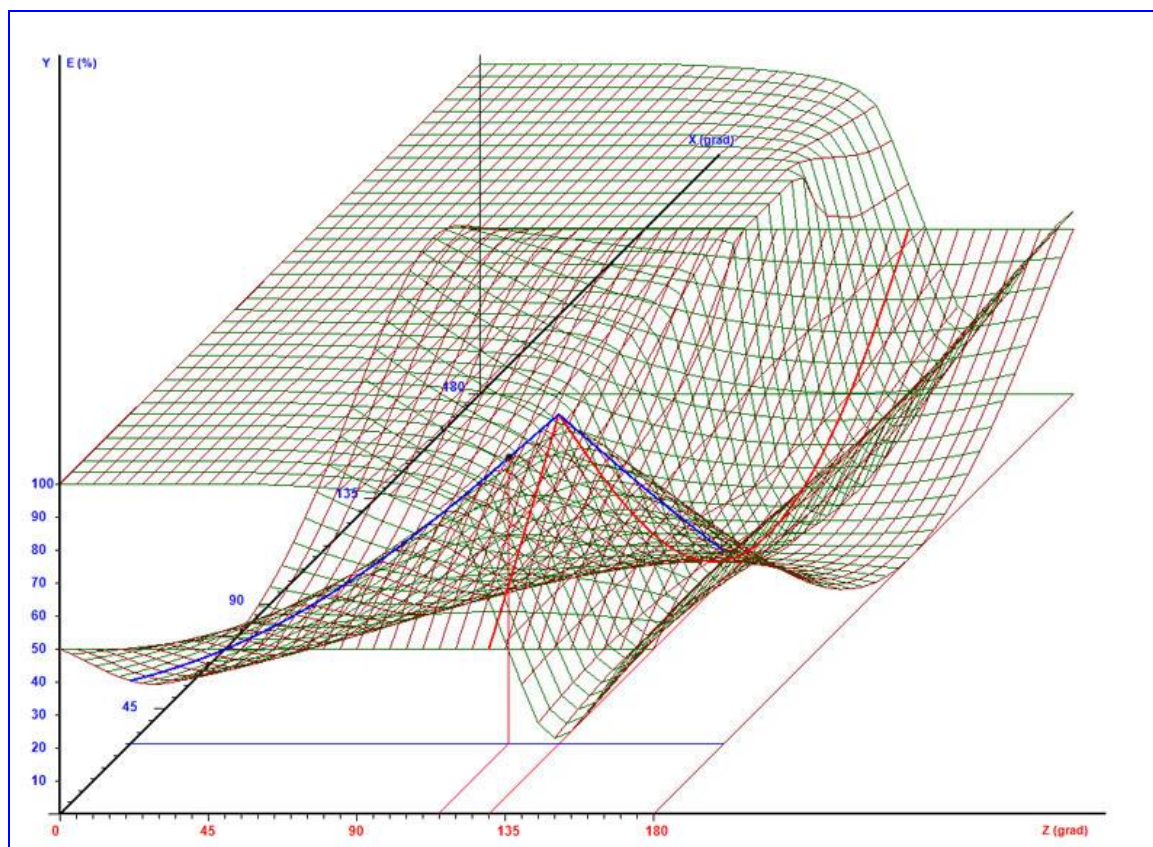


Рис. 10 Графическая интерпретация эмпирических зависимостей $E_{angl} = E(\varphi; \theta)$ и $E_{shad} = E(\varphi; \theta)$ для двух панелей (уровень дискретности – 5 град.)

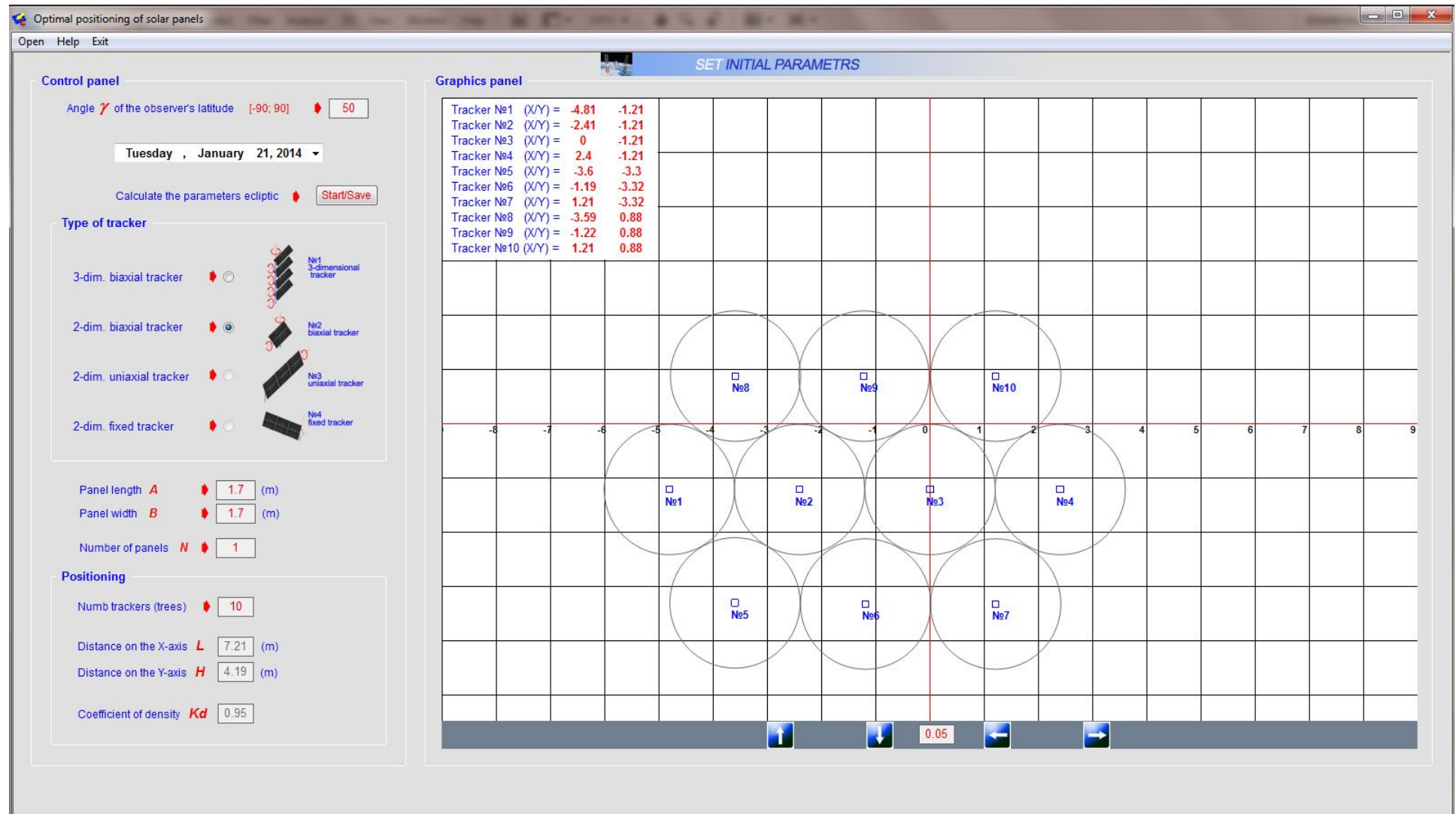
Для трех панелей была получена лишь 3-х мерная топология указанных функций при условии фиксации углов ориентации - φ_k ; θ_k одной из панелей. Причем, если на рисунке 11.а показан случай для до критических углов склонения ($\alpha_s < \alpha_{kr2}$), то на рисунке 11.б показан случай для пост критических углов ($\alpha_s > \alpha_{kr2}$).

Литература

1. P. I. Cooper «The absorption of radiation in solar stills». Solar Energy 12, pp. 333-346., 1969.
2. Н. Моисеев «Математические задачи системного анализа». Москва. Изд. «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. 1981 г.
3. Э.В.Кононович, В.И.Мороз «Общий курс астрономии». Учебное пособие / Под ред. В. В. Иванова. — Едиториал УРСС, Москва, 2001 г.
4. У.Р. Эшби «Введение в кибернетику». Изд. «Иностранная литература» / Под редакцией В. А. Успенского. М., 1959 г.
5. В. А. Ильин, Э. Г. Позняк «Аналитическая геометрия». Москва. «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. 1981 г.
6. А. Д. Обозов, Р. М. Ботпаев. «Возобновляемые источники энергии». Учебное пособие для вузов. Бишкек. 2010 г.
7. Ю. Н. Кузнецов, В. И. Кузубов, А. Б. Волощенко «Математическое программирование». Учебное пособие. Москва, 1980 г.
8. Проект «*Aura Solar I*» . «<http://www.aurasolar.com.mx/>».
9. ФТИ им. А. Ф. Иоффе. Перспективные технологии и технические решения в области солнечной энергетики. «<http://pvlab.ioffe.ru>».

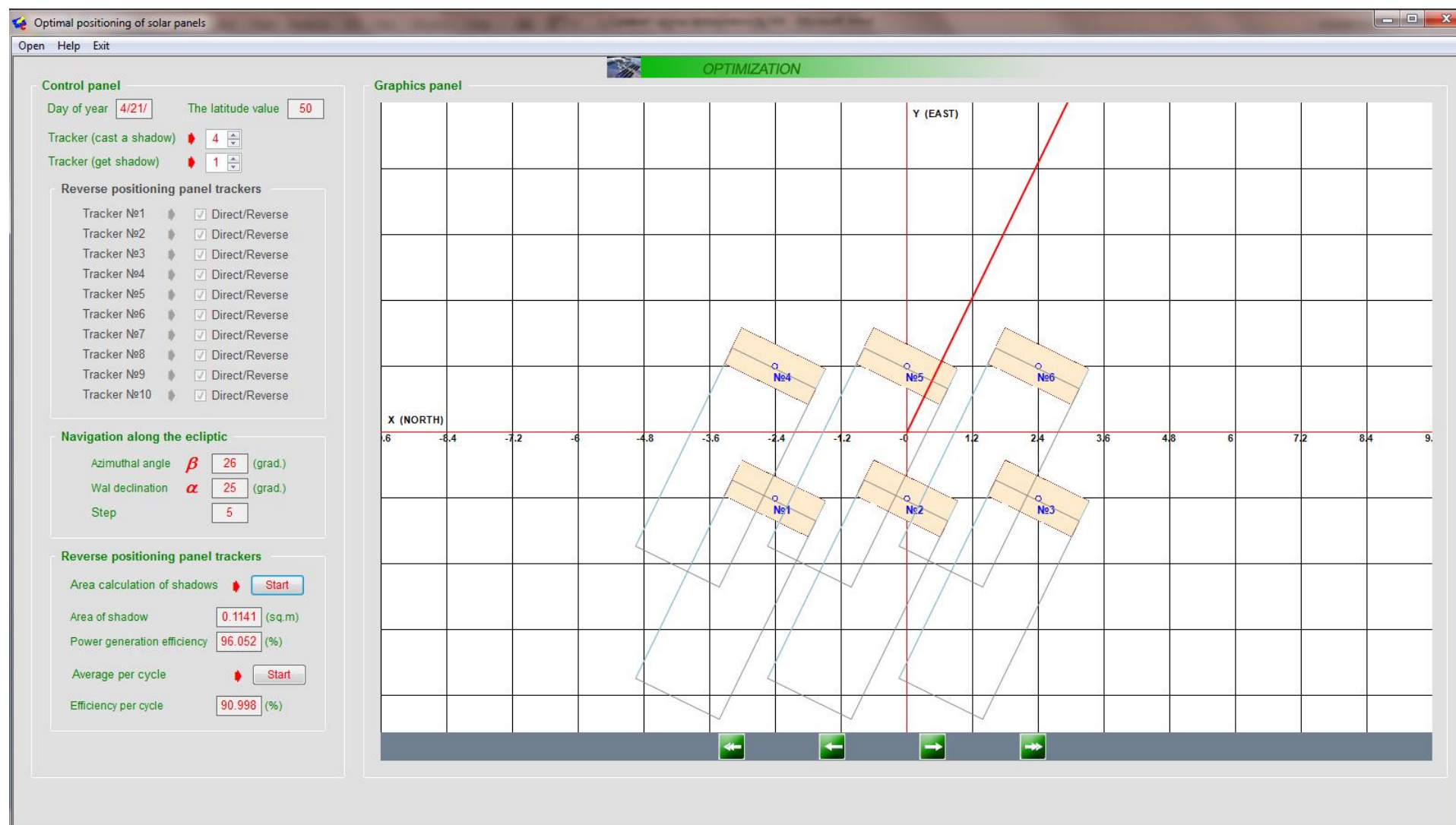
Приложения

Приложение 1



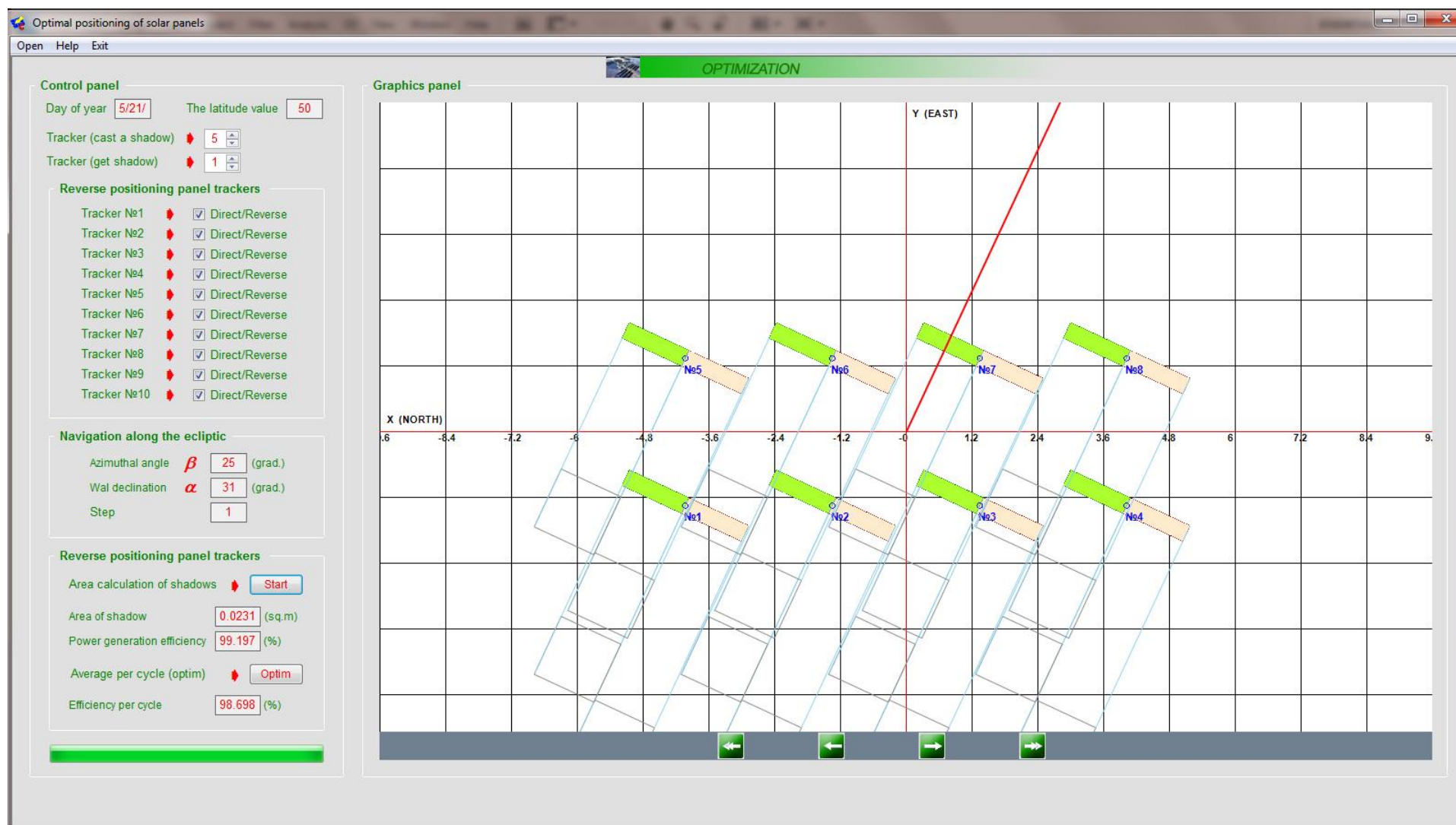
Интерфейс программы «глобальной» оптимизации позиционирования панелей по тени (для комплекса платформ).
Приложение для ввода исходных данных

Приложение 2



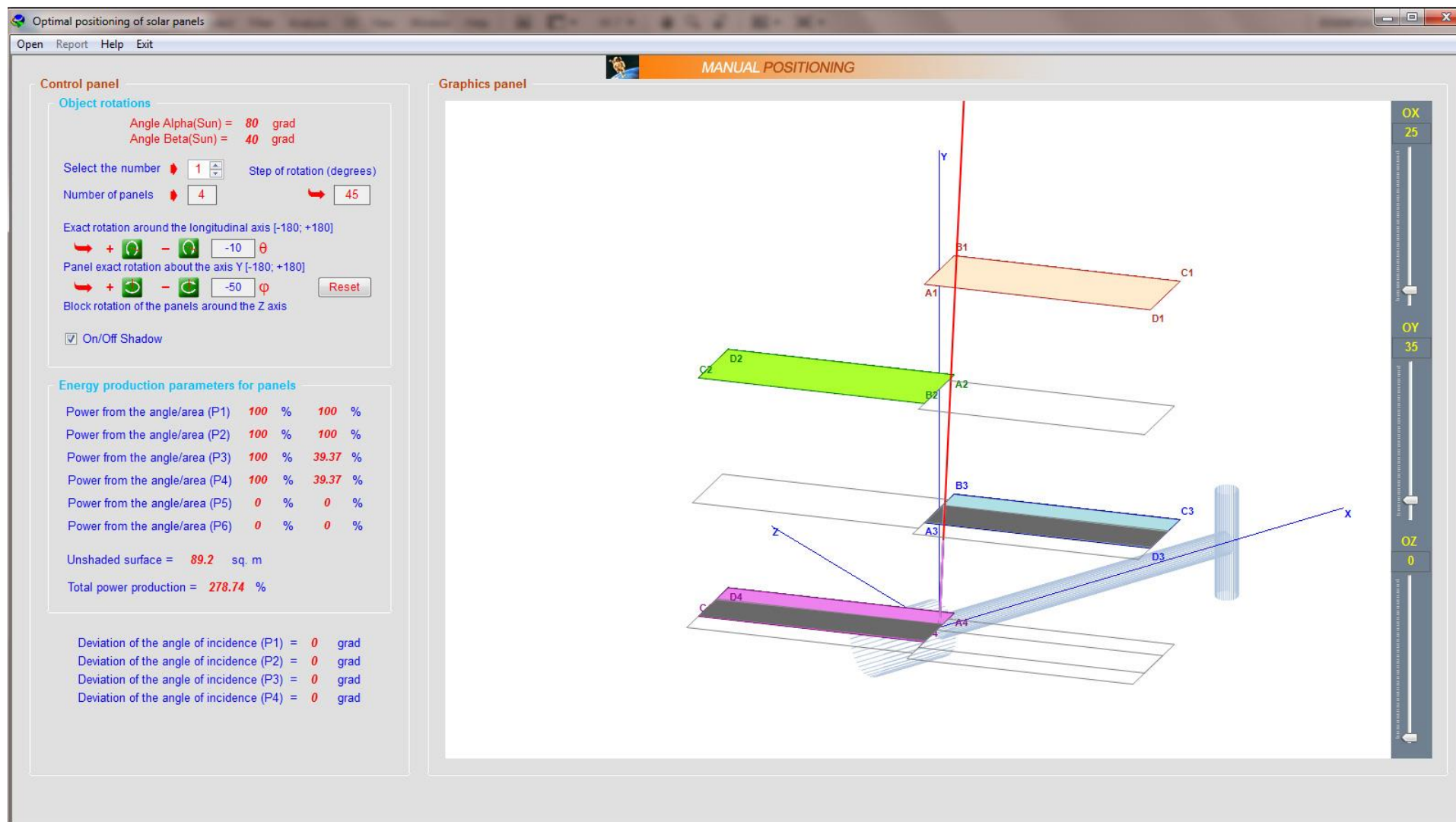
Интерфейс программы «глобальной» оптимизации позиционирования панелей по тени (для комплекса платформ).
Приложение для анализа решений (стандартные одноуровневые платформы)

Приложение 3



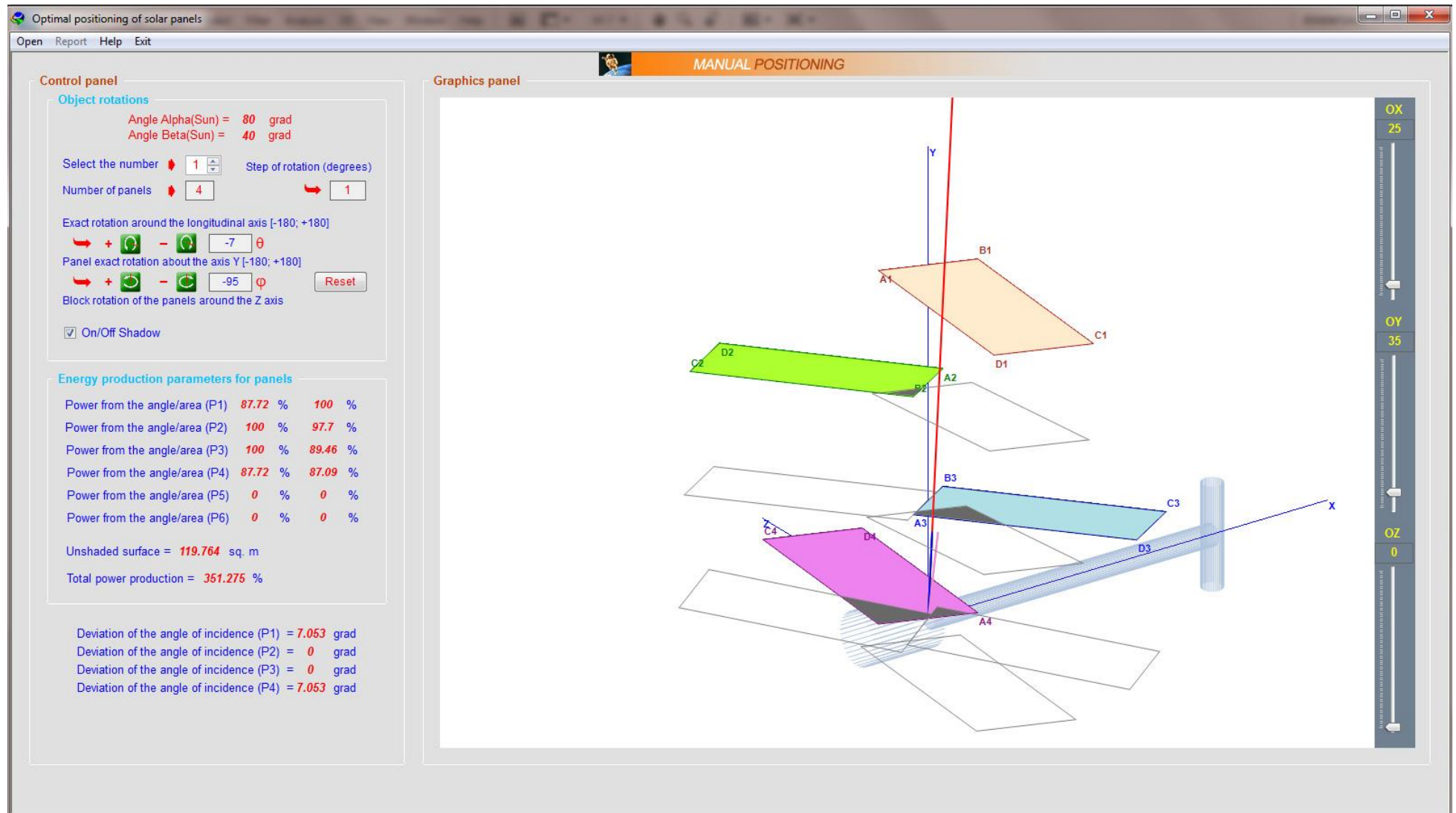
Интерфейс программы «глобальной» оптимизации позиционирования панелей по тени (для комплекса платформ).
Приложение для анализа решений (модифицированные четырехуровневые платформы)

Приложение 4



Интерфейс программы «локальной» оптимизации панелей (по углу и по тени).
Приложение для изучения поведения системы

Приложение 5



Интерфейс программы «локальной» оптимизации панелей (по углу и по тени).
Приложение для изучения поведения системы

Раздел 4
Технико-экономический
анализ
воздушных линий
разной конструкции

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ РІЗНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

ОБГРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТНОГО НАПРЯМКУ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Черемісін М.М.¹, Черкашина В.В.²

¹ – Національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка
(Україна, Харків)

² – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
(Україна, Харків)

Анотація

Розділ 1 присвячений побудові і аналізу критеріальним методом техніко-економічних моделей повітряних ліній 110-750 кВ з урахуванням вартості відводу земельних ділянок під трасу ліній.

При побудові техніко-економічних моделей практично неможливо врахувати усі внутрішні часто стохастичні зв'язки, елементи яких не можуть бути виражені однозначно, що призводить до неповноти інформації. Тому для аналізу розроблених моделей ліній було застосовано критеріальний метод, який дозволяє прийняти рішення при неповній і невизначеній вихідній інформації. Реалізуючи кожне рівняння критеріальним методом отримано співвідношення складових в оптимальному варіанті проектування повітряних ліній різних конструкцій у відповідному класі напруги.

В розділі 2 представлено передпроектний аналіз оптимальних варіантів проектування повітряних ліній з використанням розроблених в розділі 1 техніко-економічних моделей та обгрунтовано методом Т. Сааті пріоритетний напрямок проектування ліній, що дозволяє вирішити задачу по впровадженню в практику проектування повітряних ліній підвищеної пропускної здатності і зниженого електромагнітного впливу.

Проведені у **розділах 1 і 2** дослідження показали, що пріоритетним напрямком проектування повітряних ліній 110-750 кВ при транспортуванні потужності у діапазоні $P_{min} \leq P_n < 0,5(P_{max} + P_{min})$ являються компактні повітряні лінії, а при транспортуванні потужності у діапазоні $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_n \leq P_{max}$ пріоритетний напрямок проектування повітряних ліній залежить від класу напруги: для 110 кВ – керовані самокомпенсуючі повітряні лінії; 330 кВ – компактні повітряні лінії; 750 кВ – традиційні повітряні лінії.

Список умовних позначень

АРМ	автоматизоване робоче місце
БНіП	будівельні норми і правила
ВН	висока напруга
ВООЗ	всесвітня організація охорони здоров'я
ДБН	державні будівельні норми
ЕЕС	електроенергетична система
ЕМП	електромагнітне поле
ЕП	електричне поле
КП	компенсуючий пристрій
КПЛ	компактна повітряна лінія
КСПЛ	керована самокомпенсуюча повітряна лінія
ЛЕП	лінія електропередачі
МП	магнітне поле
ОПР	особа, що приймає рішення
ПЕОМ	персональна електроннообчислювальна машина
ПЛ	повітряна лінія
ПЛП	повітряна лінія з ізолюваними проводами
ПУЕ	правила устаткування електроустановок
СНіП	санітарні норми і правила
ФР	фазове регулювання

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ МОДЕЛІ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ РІЗНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Принципи побудови техніко-економічних моделей і шляхи їх реалізації

Принцип взаємозв'язку економічного аналізу з рішенням технічних питань - актуальний напрямок при переході до ринкових відносин. Одним з напрямків вирішення технічних питань удосконалення структури електроенергетичних систем є і удосконалення конструкцій ПЛ з метою підвищення ефективності транспортування електричної енергії. До основних економічних питань слід віднести проблему зниження інвестиційних вкладень в проектування ПЛ.

Оскільки, зміни форм господарювання призвели до зміни відображення оцінки ефективності транспортування електричної енергії, а ринкові відносини передбачають нові підходи при аналізі дисконтованих витрат в проектування, будівництво та обслуговування ПЛ, то це й обґрунтовує необхідність приведення до сучасних ринкових умов моделей і методів техніко-економічного аналізу ПЛ.

Актуальність і складність проблеми обумовлена тим, що існуючий раніше підхід [1] не враховує деяких факторів, які впливають на загальні інвестиційні вкладення в електромережеві об'єкти. Так, капітальні витрати в проектування 1 км ПЛ мали питомі нормативи, які склалися з:

- витрат на підготовку території під об'єкт;
- витрат на монтаж обладнання;
- витрат на будівництво тимчасових будівель та споруд і на інші роботи;
- вартість проектно-дослідних робіт;
- резерву на непередбачені витрати [1].

А перехід до ринкових відносин обумовив наявність приватної власності, де територія під електромережевий об'єкт, зокрема для траси ПЛ, є товаром і повинна враховуватися у формуванні вартості даного об'єкту. Таким чином, виникла необхідність перегляду дисконтних витрат в проектування ПЛ для приведення їх у відповідність з сучасними ринковими відносинами. Так, розрахунок інвестиційних вкладень в проектування електромережевого об'єкту повинен бути доповнений такими питомими нормативи, як:

- вартість відводу території під електромережевий об'єкт з урахуванням його розмірів, так для ПЛ – довжини лінії;
- враховування темпів інфляції.

При вирішенні цього завдання доцільно керуватися системою ієрархічно побудованих і взаємозалежних техніко-економічних моделей різних функціональних рівнів при цьому оцінка пріоритетного напрямку ускладнюється неповнотою вихідної інформації та багатокритеріальністю [2].

Завдання техніко-економічного аналізу мають три складові:

- вибір критеріїв оптимальності;
- побудова математичної моделі;
- відшукування методу реалізації математичної моделі.

В залежності від умов задачі вибирається критерій оптимальності. Якщо ставиться задача відшукування оптимальних техніко-економічних зв'язків, то одним з головних критеріїв є мінімум дисконтних витрат $B(x) \rightarrow \min, x \in X$ [3].

Побудова техніко-економічної моделі - це таке завдання, яке може бути сформульоване в термінах - мета, засоби і результат.

Формалізація мети зводиться до мінімізації деякої функції, в даному випадку мінімуму дисконтних витрат, яка складається з безлічі усіх результатів і набуває дійсного значення. Ця функція носить назву функція мети.

Техніко-економічна модель є формальним описом складових її елементів: мети, засобів, а також зв'язку між засобами і результатами. Засоби і результати це множини, такі як:

X – множина альтернатив;

A – множина результатів.

Основні залежності результатів (A) від альтернатив (X) умовно підрозділяються на:

- кожна альтернатива призводить до єдиного результату, тобто є функціональною залежністю вихідних даних від альтернатив;
- кожна альтернатива може привести до безлічі результатів, кожен з яких має певну вірогідність появи;
- кожна альтернатива може привести до одного з декількох результатів (умова невизначеності).

При побудові розрахункової техніко-економічної моделі практично не можливо врахувати всі її внутрішні, часто стохастичні зв'язки, але, так як, інформація про такі зв'язки часом не повна і найчастіше невизначена, то формалізація завдання оптимальності вимагає врахування додаткових критеріїв. Усе це справедливо і для оптимізації ПЛ, з метою підвищення ефективності транспортування електроенергії, де за наявності головного критерію - мінімуму дисконтних витрат, діють і інші додаткові критерії. При цьому одним з шляхів реалізації багатокритеріальних завдань є рішення за критерієм економічності і заміною додаткових критеріїв системою обмежень на змінні техніко-економічного функціоналу [4].

Для оптимізації електроенергетичних об'єктів застосовують два класи моделей. До першого класу належать оціночні математичні моделі. Суть даних моделей виражається у можливості детального врахування індивідуальних особливостей конкретного об'єкту оптимізації, в простоті характеру зменшення параметрів об'єкта та їх функціонального зв'язку. Реалізація оціночних моделей можлива за допомогою алгоритмів та програмного розрахунку для визначеної кінцевої множини попередньо намічених рішень. Практика використання оціночних моделей показала їх достатню ефективність при розгляді системи математичних моделей, що дозволяє в остаточному підсумку зробити принципові висновки.

Незважаючи на певні переваги оціночних моделей, вони мають ряд недоліків. Основним недоліком є можливість вибору не оптимального варіанту, тому що можливість оцінки порівнюваних варіантів досить низька для того щоб із заданою точністю вибрати найкраще рішення з усієї множини припустимих рішень. Тому оціночні моделі вимагають ретельного мотивування вибору можливих варіантів порівняння.

До другої категорії моделей, з точки зору формування і математичного апарату, відносяться оптимізаційні моделі. В цьому випадку одна модель включає в себе опис усієї множини допустимих рішень. Можливості застосування таких моделей досить великі, але реалізація їх трудомістка і не завжди доступна, що служить певним поштовхом для автоматизації методів обчислення, що дозволяють з достатнім ступенем точності вирішити ці завдання.

Принцип побудови і реалізації техніко-економічної моделі передбачає спільне використання оціночних та оптимізаційних моделей. Для цього за допомогою оптимізаційної моделі вибираються варіанти, що лежать поблизу оптимального рішення. Після чого, за допомогою оціночної моделі йде пошук найкращого варіанту з попередньо намічених рішень [4].

При вирішенні загальної проблеми оптимальності необхідно враховувати характер вихідної інформації, яка може бути детермінованою, стохастичною або адаптивною [2]. Всі види інформації в тій чи іншій мірі використовуються в різних завданнях.

Детермінований підхід у вирішенні задачі дозволяє знайти оптимальне рішення досить просто. При стохастичному підході до вирішення завдання деяка частина вихідної інформації зберігає детермінований характер, а друга її частина замінюється статистичними характеристиками. Зі збільшенням часу знижується достовірність отриманої інформації, що

й призводить до невизначеності вихідної інформації. У цьому випадку застосовується адаптивний підхід [5].

Після того, як побудована техніко-економічна модель необхідно знайти метод її реалізації. Вибір того чи іншого методу реалізації залежить від класу функції і обмежень, які присутні в конкретному завданні. На сьогоднішній день найбільш розробленим є метод лінійного програмування. Основною перевагою даного методу є те, що він ефективний в реалізації завдань з великим числом змінних [2].

Наряду з методом лінійного програмування існують і інші методи математичного програмування. Це пов'язано з тим, що в більшості випадків детальна розробка техніко-математичних моделей виявила нелінійний характер основних економічних зв'язків оптимізованого об'єкту. Нині опублікована достатня кількість робіт теоретичного характеру, спрямованих на вдосконалення методів як лінійного так і нелінійного програмування. Застосування того або іншого методу, як відзначалося, залежить від того класу завдань, реалізація якого найбільш ефективна в даному випадку. Наприклад, якщо функція має марківську властивість, то в цьому випадку є ефективним метод динамічного програмування.

При проектуванні в електроенергетичній галузі виникає цілий ряд цілочисельних або комбінованих завдань, які можуть бути вирішені з використанням формалізованого методу.

Також при проектуванні в електроенергетичній галузі застосовують ряд методів реалізації, які побудовані на алгоритмах випадкового пошуку. Так для вирішення деяких задач дуже ефективний метод покоординатної оптимізації, що припускає відшукання глобального екстремуму на кожному кроці і по кожній змінній. Для задач оптимального управління електроенергетичними об'єктами в ряді випадків застосовується метод статистичних випробувань. Всі перераховані методи мають істотний недолік. Вони не дуже ефективні, виключаючи лінійне програмування, для реалізації задач великої розмірності при неповній вихідній інформації [6-10].

Для реалізації подібного роду задач, тобто аналізу техніко-економічних моделей, що представляють собою функції мети багатьох змінних і відносяться до певного підкласу, найбільш ефективним є критеріальний метод, що дозволяє провести комплексне дослідження рішення задачі при неповній та невизначеній інформації [2, 11, 12].

1.2 Визначення складових техніко-економічних моделей повітряних ліній різної конструкції

У практиці побудови та реалізації техніко-економічних моделей не існує загальноприйнятої концепції. У кожному конкретному випадку, як відзначалося раніше, побудова розрахункової моделі і метод її вирішення тісно взаємопов'язані. Крім того, при вирішенні загальної проблеми оптимальності необхідно враховувати характер вихідної інформації, достовірність якої буває низькою, що і призводить до невизначеності вихідної інформації. [3, 4].

Виходячи з вище викладеного, техніко-економічну модель для розрахунку дисконтних витрат 1 км ПЛ можна представити як

$$B = B_1 + B_2 = ((E + p)(a + \epsilon F)) + ((3I^2 \rho t \beta)/F), \quad (1.1)$$

де B_1 – інвестиційна складова техніко-економічної моделі ПЛ (інвестиційні вкладення);

B_2 – технічна складова техніко-економічної моделі ПЛ (експлуатаційні витрати);

E – реальна процентна ставка визначається як

$$E = [(E_{\text{ном}} + 100)/(i + 100) - 1] \cdot 100, \quad (1.2)$$

де $E_{\text{ном}}$ – номінальна процентна ставка %;

i – темп інфляції;

p – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, ремонт та обслуговування лінії $p = p_a + p_{\text{рем}}$ і обл;

a – постійна складова вартості, яка не залежить від перерізу проводу, г.о/км;

ϵ – коефіцієнт подорожчання, що враховує зміну вартості спорудження 1 км лінії в залежності від перерізу проводу г.о / (км мм²);

F – преріз проводу, мм²;

I – максимальний струм лінії при нормальному режимі, А ;

ρ – питомий опір провідникового матеріалу, Ом мм²/км;

τ – час максимальних втрат, ч, визначається як

$$\tau = (0,124 + T_{\max}/10^4)^2 8760, \quad (1.3)$$

де $T_{\max}$ – максимальний час використання;

β – питома вартість втрат електроенергії, г.о / (кВт год)

В умовах ринкових відносин інвестиційна складова на 1 км ПЛ складається з відрахування плати за кредит і амортизаційних відрахувань [46]. Ця залежність з урахуванням інфляції в умовах стабільної ринкової економіки для різних класів напруги складає:

$$B_1 = \left(\frac{E_{\text{ном}} + 100}{\alpha + 100} - 1 \right) \left(1 + \left[\left(\frac{E_{\text{ном}} + 100}{\alpha + 100} \right)^{T_{\text{сл}}} - 1 \right]^{-1} \right) K_i, \quad (1.4)$$

де B_1 – інвестиційна складова на 1 км ліній, г.о.;

$E_{\text{ном}}$ – номінальна процентна банківська ставка, %;

α – темп інфляції;

$T_{\text{сл}}$ – нормативний термін служби обладнання, рік;

K_i – вартість ПЛ i -го класу напруги.

Вартість ПЛ різного класу напруги залежить від конструкції об'єкта і складається з базових показників вартості ПЛ (без ПДВ), які враховують всі витрати виробничого призначення і відповідають середнім умовам будівництва та нормативного тиску по механічній міцності до 600 Па. Для одержання загальної вартості ПЛ до базисних показників додаються також:

- витрати на будівництво тимчасових будівель та споруд;
- вартість проектно-дослідних робіт та авторського нагляду;
- витрати на інші роботи [13, 14].

Оскільки перехід до ринкових відносин обумовив наявність приватної власності, то одним з суттєвих факторів, який впливає на загальну вартість ПЛ є витрати на відчуження земельної ділянки під електромережеві об'єкти.

Території уздовж повітряних ліній електропередачі згідно з нормативними актами України у вигляді земельної ділянки і повітряного простору, обмежених вертикальними площинами, що віддалені по обидві сторони лінії від крайніх проводів за умови невідхиленого їх положення мають мінімально допустимі відстані:

- до будинків, споруд нормуються відповідно класу напруги і складаються: для ПЛ напругою до 1 кВ – 2 м; до 20 кВ – 10 м; 35 кВ – 15 м; 110 кВ – 20 м; 150, 220 кВ – 25 м; 330 кВ – 30 м; 750 кВ – 40 м;

- у насадженнях низькорослих порід дерев висотою до 4 метрів - завширшки не менше за відстань між крайніми проводами повітряної лінії електропередачі плюс 6 метрів (по 3 метри з кожного боку від крайнього до гілок дерев проводу), за умови проходження повітряних ліній електропередачі над територією фруктових садів з насадженнями висотою до 4 метрів прокладання просік не обов'язкове;

- у насадженнях висотою понад 4 метри - завширшки не менше за відстань між крайніми проводами плюс відстань, що дорівнює середній висоті існуючих насаджень основного лісового масиву з кожного боку від крайнього проводу повітряної лінії електропередачі, при цьому окремі дерева або групи дерев, які ростуть на краю просіки, підлягають вирубці, якщо їх висота перевищує відстань по горизонталі від гілок дерев до проводів ПЛ електропередачі;

- у міських та районних парках, скверах, лісопарках, приполонинних, байрачних лісах, особливо цінних лісових масивах, лісах степових, лісостепових, гірських районів, які мають важливе значення для захисту навколишнього природного середовища, лісах населених пунктів, лісах зон округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій необхідно забезпечувати таку ширину просік, щоб відстань від проводів під час їх найбільшого відхилення до гілок дерев по горизонталі була не менш, як 2 метри для повітряних ліній напругою 20 кВ, 3 метри відповідно напругою 35 - 110 кВ, 4 метри - 150 - 220 кВ, 5 метрів - 330 - 500 кВ, 8 метрів - 750 кВ [15].

У таблиці 1.1 наведені середні значення складових вартості в загальній вартості 1 км ПЛ різних класів напруги.

Таблиця 1.1. Питома частина складових витрат в загальній вартості 1 км. ПЛ різних класів напруги, відн. од.

Призначення витрат	Напруга, кВ		
	110	330	750
Базисний показник вартості	78	81	82
Витрати на будівництво тимчасових будівель і споруд	2,5	2,5	3,0
Вартість проектно-дослідницьких робіт і авторського нагляду	7,5	7,5	8,0
Інші роботи і витрати	3,0	3,0	3,0
Витрати на відведення земельної ділянки	9	6	4

Вартість відведення земельної ділянки для ПЛ приймається з урахуванням класу напруги ПЛ, конструктивного виконання об'єкта, розрахункових значень площі відводу під опори ПЛ, розмірів траси ПЛ та оціночної вартості землі. Так, за даними Державного Комітету по земельних ресурсах офіційна оцінка землі в середньому по Україні складає 1602,5дол./10000 м². Площа відведення земельної ділянки для 1 км ПЛ різного класу напруги та різного конструктивного виконання розраховується згідно з нормативними документами та враховує особливості місцевості по якій проходить траса ПЛ [13-15].

Для визначення витрат на відведення земельної ділянки для 1 км ПЛ різних класів напруги та різних конструкцій були прийняті середні умови будівництва, тобто не враховувалося ускладнення обставин (лісові масиви, гірська місцевість).

У таблиці 1.2 представлені значення витрат на відведення земельної ділянки, як частини від загальної вартості 1 км ПЛ різних класів напруги, що виконано однодволанцюговими.

Таблиця 1.2 .Питома частина витрат на відведення земельної ділянки від загальної вартості 1 км ПЛ різних класів напруги і різної конструкції, відн. од.

Призначення витрат	Напруга, кВ				
	110		330		750
	Сталева опора	Залізобетонна опора	Сталева опора	Залізобетонна опора	Сталева опора
Витрати на відведення земельної ділянки для 1-ланцюгової ПЛ	9	11	6	7	4
Витрати на відведення земельної ділянки для 2-ланцюгової ПЛ	8	6	4	-	-

При проведенні розрахунків інвестиційних вкладень в 1 км ПЛ різних класів напруги та різного конструктивного виконання в умовах ринкових відносин взято до уваги варіанти виконання ПЛ перерізи проводів яких відповідають ПУЕ. Повна вартість 1 км ПЛ включає коефіцієнт інфляції на кінець року і враховує також резерв на непередбачені витрати [13, 14].

Інвестиційні вкладення в 1 км ПЛ різних класів напруги з урахуванням всіх складових, представлено в таблиці 1.3 і 1.4.

Таблиця 1.3. Інвестиційні вкладення у ПЛ 110 – 750 кВ, які виконано на сталевих опорах, тис.дол./км.

U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Базисна вартість	Вартість без урахування відводу земельного участка	Вартість з урахуванням відводу земельного участка	Вартість з урахуванням темпу інфляції	Загальна вартість	
110	120	1	47.72	53.93	58.74	67.55	70.93	71
		2	72.27	81.66	86.47	99.44	104.40	105
	240	1	53.18	60.10	64.91	74.65	78.38	79
		2	81.59	92.20	97.0	111.57	117.15	118
330	2х300	1	90.68	102.47	108.87	125.20	131.46	132
		2	141.59	159.99	167.07	192.13	201.73	202
	2х400	1	101.82	115.06	121.46	139.68	146.70	147
		2	166.36	187.99	194.39	223.55	234.73	235
750	5х300	1	257.27	294.57	304.17	349.80	367.29	368
	5х400	1	278.18	318.52	328.12	377.34	396.21	397

Таблиця 1.4. Інвестиційні вкладення у ПЛ 110 – 330 кВ, які виконано на залізобетонних опорах, тис.дол./км.

U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Базисна вартість	Вартість без урахування відводу земельного участка	Вартість з урахуванням відводу земельного участка	Вартість з урахуванням темпу інфляції	Загальна вартість	
110	120	1	38.64	43.66	48.47	55.75	58.53	59
		2	52.27	59.10	63.10	72.57	76.20	77
	240	1	43.18	48.79	53.60	61.64	64.74	65
		2	75.0	84.74	89.55	102.98	108.10	108
330	2х300	1	85.45	96.60	103.0	118.45	124.37	125
	2х400	1	91.36	103.24	109.64	126.07	132.36	133

Як видно з таблиць 1.3 і 1.4, інвестиційні вкладення в проектування ПЛ залежать від ряду факторів, які в тій чи іншій мірі впливають на вартість електромережевого об'єкту. Вагому частку цього впливу (табл. 1.3, 1.4) складає як конструктивне виконання так і вартість відведення земельної ділянки під ПЛ.

Дані, що наведено вище, відносяться до ПЛ традиційної конструкції, а якщо взяти до уваги конструктивне виконання ПЛ, які застосовуються в енергосистемах сусідніх країн для транспортування електричної енергії, то при визначенні оптимального варіанту для проектування доцільно провести порівняння ПЛ, які відрізняються по конструкції від представлених ПЛ. До таких ПЛ відносяться КПЛ і КСПЛ [16, 17].

При проведенні розрахунків інвестиційних вкладень в 1 км КПЛ різних класів напруги було враховано принцип створення КПЛ, який заснований на оптимізації конструкції фаз ПЛ. При цьому конструктивно, по розташуванню проводів в просторі, ПЛ даного типу не відрізняється від ПЛ традиційної конструкції. Вони також виконуються одно-дволанцюговими відповідно на одно- або двоколових опорах [16].

Таким чином, розрахунок інвестиційних вкладень в 1 км КПЛ різних класів не відрізняється від розрахунку інвестиційних вкладень в 1 км ПЛ різних класів традиційної конструкції. Встановлюючи відповідні для КПЛ конструктивні розміри, розрахунок виконано аналогічно представленому для ПЛ традиційної конструкції.

Інвестиційні вкладення в 1 км КПЛ різних класів напруги з урахуванням всіх складових, представлено в таблиці 1.5 і 1.6.

Як видно з таблиць 1.5 і 1.6, інвестиційні вкладення в проектування і будівництво 1 км КПЛ в умовах ринкових відносин являються майже рівнозначними з ПЛ традиційної конструкції.

Таблиця 1.5. Інвестиційні вкладення в **КПЛ 110 – 750 кВ**, які виконано на сталевих опорах, тис. дол./км.

U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Базисна вартість	Вартість без урахування відводу закладного участка	Вартість з урахуванням відводу закладного участка	Вартість з урахуванням темпу інфляції	Загальна вартість	
110	120	1	47.72	53.93	58.41	67.17	70.45	70
		2	72.27	81.66	86.14	99.06	104.01	104
	240	1	53.18	60.10	64.58	74.27	77.98	78
		2	81.59	92.20	96.68	111.18	116.75	117
330	2х300	1	90.68	102.47	108.23	124.46	130.6	131
		2	141.59	159.99	165.75	190.61	200.1	200
	2х400	1	101.82	115.06	120.45	138.51	145.8	146
		2	166.36	187.99	193.75	222.81	233.95	234
750	5х300	1	257.27	294.57	303.57	349.1	366.5	367
	5х400	1	278.18	318.52	327.48	376.6	395.4	395

Таблиця 1.6. Інвестиційні вкладення в **КПЛ 110 – 330 кВ**, які виконано на залізобетонних опорах, тис.дол./км.

U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Базисна вартість	Вартість без урахування відводу закладного участка	Вартість з урахуванням відводу закладного участка	Вартість з урахуванням темпу інфляції	Загальна вартість	
110	120	1	38.64	43.66	48.14	55.36	58.13	58
		2	52.27	59.10	63.58	73.12	76.77	77
	240	1	43.18	48.79	53.27	61.27	64.34	64
		2	75.0	84.74	89.22	102.6	107.73	108
330	2х300	1	85.45	96.60	102.36	117.71	123.5	124
	2х400	1	91.36	103.24	109.0	125.35	131.61	132

Оскільки КСПЛ конструктивно представляє дволанцюгову або багатоланцюгову ПЛ [17], то для коректної оцінки, КСПЛ потрібно порівнювати з лініями таких конструкцій. А на сьогоднішній день масово в енергосистемах використовуються дволанцюгові ПЛ, тому порівняння КСПЛ доцільно проводити з дволанцюговими ПЛ інших конструкцій. Враховуючи це, виконано розрахунок івестиційних вкладень в КСПЛ відповідного класу напруги. Розрахунки івестиційних вкладень в 1 км КСПЛ різних класів напруги виконано згідно з відомими в літературних джерелах результатами. Інвестиційні вкладення в 1 км КСПЛ різних класів напруги з урахуванням всіх складових, представлено в таблиці 1.7 і 1.8.

Таблиця 1.7. Інвестиційні вкладення в **КСПЛ 110 – 330 кВ**, які виконано на сталевих опорах, тис.дол./км.

U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Базисна вартість	Вартість без урахування відводу закладного участка	Вартість з урахуванням відводу закладного участка	Вартість з урахуванням темпу інфляції	Загальна вартість	
110	120	2	72.27	81.66	85.5	98.33	103.24	103
	240	2	81.59	92.20	96.04	110.45	115.96	106
330	2х300	2	141.59	159.99	165.11	189.88	199.37	199
	2х400	2	166.36	187.99	193.11	222.07	233.1	233

Таблиця 1.8 Інвестиційні вкладення в **КСПЛ 110 кВ**, які виконано на залізобетонних опорах, тис.дол./км.

U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Базисна вартість	Вартість без урахування відводу закладного участка	Вартість з урахуванням відводу закладного участка	Вартість з урахуванням темпу інфляції	Загальна вартість	
110	120	2	52.27	59.10	62.94	72.38	76.0	76
	240	2	75.0	84.74	88.58	101.87	106.9	107

Як видно з таблиць 1.7 і 1.8, інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ в умовах ринкових відносин мають менші значення в порівнянні з дволанцюговими ПЛ інших конструкцій

1.3 Побудова техніко-економічних моделей повітряних ліній різної конструкції в умовах ринкових відносин

Виходячи з вище викладеного, складова інвестиційних вкладень в проектування 1 км ПЛ, що входить в техніко-економічну модель дисконтованих витрат, описується лінійним двочленом [3 - 5]:

$$K = a + vF, \quad (1.5)$$

де a – постійна складова вартості, яка не залежить від перерізу проводу, г.о/км;

v – коефіцієнт подорожчання, що враховує зміну вартості спорудження 1 км лінії в залежності від перерізу проводу г.о / (км мм²);

F – переріз проводу, мм².

На певному етапі математичного програмування такий запис було виправдано. Але апроксимація лінійним двочленом припускає наявність постійної складової в розрахунковій моделі ПЛ електропередачі.

Залежно від поставленого завдання доля участі постійної складової функції мети може бути різною. У деяких завданнях вона складає всього декілька відсотків від загального значення функції, прийнятої за 100%, а більша частина доводиться на змінну частину. У цілому ряді завдань вона може складати більшу частину функції мети, тоді оптимізація тільки змінною складової не виправдовує себе.

Таким чином, для коректної постановки завданч і проведення її техніко-економічного аналізу, доцільно замінити існуючі розрахункові моделі ПЛ моделями, які не містять постійної складової в явному виді. Один з шляхів переходу від існуючих розрахункових моделей до нових розрахункових моделей можливий при заміні частини моделі апроксимованим виразом з достатньою мірою точності, причому до цієї частини моделі повинна увійти і постійна складова. Апроксимація, як окремих складових, так і цілих виразів, що входять у функцію, виконується на множині $D = (x_i: x_j, x_{min} \leq x_j \leq x_{max})$, яка є областю визначення початкової функції. Сукупність дійсних точок в заданій множині можна замінити сукупністю точок, що лежать на прямій, але це не влаштовує з міркувань появи постійною складовою, або сукупністю точок, що лежать на кривій, яка має постійну складову в неявному виді на цій множині [3].

Отже, для побудови нової розрахункової моделі ПЛ складову техніко-економічної моделі 1 км ПЛ замінено нелінійними апроксимуючим виразом

$$K_i = a_i F^{\alpha_i}, \quad (1.6)$$

де a_i – коефіцієнт апроксимації, що залежить від типу опор, конструкції лінії, класу напруги;

F – переріз, змінна величина, мм²;

α_i – показник апроксимованого виразу, отриманий з певною мірою точності методом найменших квадратів.

Якщо вартість електропередачі для різних класів напруги представити апроксимуючим виразом (1.6), тоді інвестиційна складова (1.4) техніко-економічної моделі ПЛ (1.1), г.о., матиме вигляд

$$B_1 = \left(\frac{E_{ном} + 100}{\alpha + 100} - 1 \right) \left(1 + \left[\left(\frac{E_{ном} + 100}{\alpha + 100} \right)^{T_{сл}} - 1 \right]^{-1} \right) \alpha_i F^{\alpha_i}. \quad (1.7)$$

Отримана розрахункова модель інвестиційної складової техніко-економічної моделі 1 км ПЛ носить приблизний характер, який залежить від заданої міри точності моделі, сукупності дійсних точок, що зумовлюють витрати в ПЛ.

Розрахунок коефіцієнтів α'_i і v_i проведено з використанням прикладної математичної програми ПЕОМ Mathcad і наведено в додатку А.

Для визначення коефіцієнтів α'_i і v_i за виразом (1.6) використано вартісні показники ПЛ для класів напруг 110 - 750 кВ включно. Для кожного класу напруги, і типу опор були отримані значення коефіцієнтів a і v , які представлено в таблицях 1.9-1.10.

Таблиця 1.9. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 110 - 750 кВ, які виконано на сталевих опорах, тис.дол./км.

U, кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{v_i}$	Коефіцієнти	
					a	v
110	120	1	70.93	70.88	35.59	0.144
	240	1	78.38	78.41		
	120	2	104.40	104.59	47.18	0.166
	240	2	117.15	116.75		
330	2x300	1	131.46	131.49	14.96	0.381
	2x400	1	146.70	146.64		
	2x300	2	201.73	201.75	9.98	0.527
	2x400	2	234.73	234.63		
750	5x300	1	367.29	368.71	81.94	0.263
	5x400	1	396.21	395.44		

Таблиця 1.10. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 110 - 330 кВ, які виконано на залізобетонних опорах, тис.дол. / км.

U, кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a_i F^{v_i}$	Коефіцієнти	
					a	v
110	120	1	58.53	58.557	29.22	0.145
	240	1	64.74	64.715		
	120	2	76.20	76.183	6.79	0.505
	240	2	108.10	108.113		
330	2x300	1	124.37	123.96	36.27	0.216
	2x400	1	132.36	132.95		

Для оптимізації розрахункової моделі інвестиційної складової техніко-економічної моделі 1 км ПЛ значення показника ступеня v_i усереднено і замінено значенням показника ступеня $\tilde{v}$ для різних класів напруги та визначено сукупністю значень v_i , що належать своєму класу напруги. В відповідності з отриманим значенням коефіцієнтів $\tilde{v}$ для варіантів ПЛ певного класу напруги, і типу опор були перераховані коефіцієнти a_i таким чином, щоб середня відносна похибка по варіанту була як найменша (табл. 1.11).

Таблиця 1.11. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 110 - 750 кВ для різних класів напруги, тис.дол. / км.

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{v}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{v}$
110	Сталева	120	1	70.93	70.95	22.49	0.24
		240	1	78.38	78.33	21.03	
		120	2	104.40	104.37	33.08	
		240	2	117.15	117.18	31.44	
	Залізобетона	120	1	58.53	58.56	18.56	
		240	1	64.74	64.72	17.37	
		120	2	76.20	76.17	24.14	
		240	2	108.10	108.13	29.02	
330	Сталева	2x300	1	131.46	131.44	15.93	0.37
		2x400	1	146.70	146.76	15.99	
		2x300	2	201.73	201.75	24.45	
		2x400	2	234.73	234.68	25.57	
	Залізобетона	2x300	1	124.37	124.33	15.07	
		2x400	1	132.36	132.44	14.43	
750	Сталева	5x300	1	367.29	367.23	83.37	0.26
		5x400	1	396.21	396.23	83.44	

Значення показників ступеня $\tilde{\epsilon}$ в таблиці 1.11 отримано без урахування вірогідності появи ПЛ представленої конструкції, класу напруги і типу опор. На цьому етапі по-перше немає таких статистичних даних, а по-друге, це не входило в завдання побудови розрахункової моделі ПЛ з певною мірою точності. Для точнішого визначення значень $\tilde{\epsilon}$ потрібен поглиблений аналіз нормативних показників з урахуванням частини участі значення показників ступеня, відповідного розрахунковому варіанту по конструктивному виконанню ПЛ електропередачі, типу опор і класу напруги.

Графічне відображення узагальнених моделей інвестиційних вкладень у ПЛ для різних класів напруги представлено на рисунках 1.1 – 1.3.

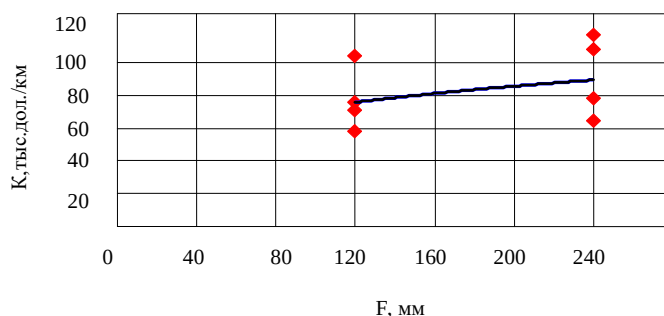


Рисунок 1.1 – Узагальнена модель інвестиційних вкладень у ПЛ 110 кВ

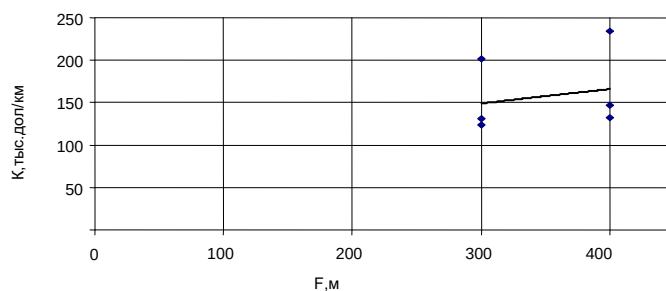


Рисунок 1.2 – Узагальнена модель інвестиційних вкладень у ПЛ 330 кВ

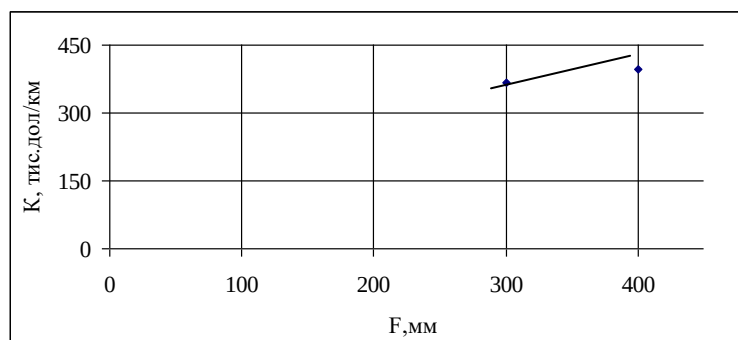


Рисунок 1.3 – Узагальнена модель інвестиційних вкладень у ПЛ 750 кВ

Представлені вище коефіцієнти апроксимації інвестиційних вкладень відносяться до техніко-економічної моделі ПЛ традиційної конструкції.

Аналогічно проводимо розрахунок коефіцієнтів апроксимації інвестиційних вкладень для КПЛ і КСПЛ. В таблицях 1.12 – 1.14 представлено інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ певного класу напруги, і типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a'_i і $\tilde{\epsilon}$.

Таблиця 1.12 Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 110 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{\epsilon}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{\epsilon}$
110	Сталева	120	1	70.5	70.52	23.45	0.23
		240	1	104.01	103.96	29.47	
		120	2	77.98	78.02	25.94	
		240	2	116.75	116.7	33.08	
	Залізобетона	120	1	58.13	58.14	19.33	
		240	1	76.77	76.76	21.76	
		120	2	64.33	64.3	21.38	
		240	2	107.73	107.76	30.55	

Таблиця 1.13 Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 330 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{\epsilon}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{\epsilon}$
330	Сталева	2х300	1	130.6	130.3	14.92	0.38
		2х400	1	145.8	145.9	14.97	
		2х300	2	200.1	200.0	22.89	
		2х400	2	233.95	234.0	24.02	
	Залізобетона	2х300	1	123.5	122.73	14.05	
		2х400	1	131.62	131.65	13.51	

Таблиця 1.14 Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 750 кВ, тис.дол. / км.

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{\epsilon}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{\epsilon}$
750	Сталева	5х300	1	366.5	366.51	83.19	0.26
		5х400	1	395.4	395.05	83.2	

В таблицях 1.15 – 1.16 приведені інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ відповідного класу напруги, і типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a'_i і $\tilde{\epsilon}$.

Таблиця 1.15 Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ 110 кВ, тис.дол./км.

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{\epsilon}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{\epsilon}$
110	Сталева	120	2	103.24	103.54	21.33	0.33
		240	2	115.96	115.93	18.99	
	Залізобетона	120	2	76.0	75.94	15.85	
		240	2	106.9	106.91	17.52	

Таблиця 1.16 Значення коефіцієнтів апроксимації та витрати в проектування 1 км КСПЛ 330 кВ, які виконано на сталевих опорах, тис.дол./км.

U,кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\epsilon}$	Коефіцієнти	
					a	ϵ
330	2х300	2	199.37	200.3	9.17	0.54
	2х400	2	233.73	232.75		

Для сформованих техніко-економічних моделей ПЛ проведено оцінку достовірності апроксимацій функції для різних класів напруги. В таблиці 1.17 наведено значення достовірності апроксимації інвестиційних вкладень в 1 км ПЛ змінного струму різних класів напруги.

Таблиця 1.17 Значення достовірності апроксимації інвестиційних вкладень в 1 км ПЛ змінного струму різних класів напруги.

Вид апроксимації $a_i F^{\tilde{\epsilon}}$	Середня похибка апроксимації,%		
	110 кВ	330 кВ	750 кВ
	1.5	2.25	2.0

Виходячи з вище представленого, апроксимуючий вираз, що входить в інвестиційну складову (1.7) техніко-економічної моделі ПЛ різної конструкції можна записати для кожного класу напруги:

- для напруги 110 кВ:

$$K_{110} = a_i F^{\tilde{\epsilon}_{110}}; \quad (1.8)$$

- для напруги 330 кВ:

$$K_{330} = a_j F^{\tilde{\epsilon}_{330}}; \quad (1.9)$$

- для напруги 750 кВ:

$$K_{750} = a_k F^{\tilde{\epsilon}_{750}}, \quad (1.10)$$

де a - значення коефіцієнта апроксимації для відповідних конструкцій ПЛ;

$\tilde{\epsilon}$ - усереднене значенням показника ступеня для різних класів напруги ПЛ відповідних конструкцій, представлено в табл. 1.18.

Таблиця 1.18. Середнє значення показника ступеня $\tilde{\epsilon}$ для різних класів напруги ПЛ відповідних конструкцій

U кВ	110 кВ	330 кВ	750 кВ
$\tilde{\epsilon}_v$ (традиційна ПЛ)	0.24	0.37	0.26
$\tilde{\epsilon}_v$ (КПЛ)	0.23	0.38	0.26
$\tilde{\epsilon}_v$ (КСПЛ)	0.33	0.54	-

Таким чином, інвестиційна складова техніко-економічної моделі 1 км ПЛ, г.о., різної конструкції і типу опор має вигляд:

$$B_1 = (A - 1) \left(1 + [A^{T_{cl}} - 1]^{-1} \right) a_i F^{\tilde{\epsilon}_i}, \quad (1.11)$$

$$\text{де} \quad A = \frac{E_{ном} + 100}{\alpha + 100}, \quad (1.12)$$

де $E_{ном}$ - номінальна банківська ставка, %;

α - темп інфляції;

T_{cl} - нормативний термін служби об'єкту, рік [5].

Аналізуючи техніко-економічні показники ПЛ різних конструкцій в умовах ринкових відносин техніко-економічної моделі можна представити залежно від класу напруги:

$$B = B_1 + B_2 = (A - 1) \left(1 + [A^{T_{cl}} - 1]^{-1} \right) K_{110} + (3I^2 \alpha \beta \cdot F^{-1}); \quad (1.13)$$

$$B = B_1 + B_2 = (A - 1) \left(1 + [A^{T_{cl}} - 1]^{-1} \right) K_{330} + (3I^2 \alpha \beta \cdot F^{-1}); \quad (1.14)$$

$$B = B_1 + B_2 = (A - 1) \left(1 + [A^{T_{cl}} - 1]^{-1} \right) K_{750} + (3I^2 \alpha \beta \cdot F^{-1}). \quad (1.15)$$

Враховуючи неповноту і невизначеність вихідної інформації представлені техніко-економічні моделі ПЛ різних конструкцій пропонується проаналізувати критеріальним методом для визначення частки складових в оптимальному варіанті при виборі пріоритетного напрямку проектування ПЛ в умовах ринкових відносин при неповній вихідній інформації.

1.4 Критеріальний метод аналізу техніко-економічних моделей повітряних ліній різної конструкції

Як відомо, техніко-економічна модель ПЛ електропередачі представляє собою суму доданків (1.1), в загальний вираз яких входить як постійна складова так і змінна.

В якості інструмента дослідження таких техніко-економічних завдань в електроенергетиці обирається критеріальний метод, що дозволяє вести аналіз при неповній вихідній інформації. Можливою реалізацією критеріального методу є рішення по одному з

критеріїв і заміна додаткових критеріїв системою обмежень. У кожному конкретному випадку виділення обмежень та побудова системи "головного критерію" пов'язане з умовами завдання, з тактикою і методикою його реалізації [11, 12].

Вибір напрямку залежить від виду підкласу до якого відноситься функція мети. Зазвичай техніко-економічні завдання в енергетиці описуються за допомогою поліноміальних рівнянь декількох змінних з урахуванням технічних вимог до цих змінних.

У 70-х роках минулого століття на кафедрі Московського енергетичного інституту енергетики розроблено метод критеріального програмування, що базується на теорії подібності та дозволяє мінімізувати поліном виду

$$Y_{(x)} = \sum_{i=1}^{m_1} A_i \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_{ij}}, \quad x_j \geq 0 \quad (1.16)$$

де A_i - позитивні узагальнені константи, які несуть детермінований або ймовірнісний характер в залежності від умов завдання і представляють собою вихідну інформацію про об'єкт;

x_j - параметри оптимізації, позитивні змінні;

α_{ij} - показники ступеня, дійсні числа;

m_1 - число доданків в поліноми;

n - число незалежних параметрів.

Обмеження, які накладає на окремі змінні x_j і на їхні комплекси, представляються у вигляді поліномів аналогічних (1.16) [12]

$$q_k(x) = \sum_{i=m_{k+1}}^{m_{k+1}} A_i \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_{ij}} \leq 1. \quad (1.17)$$

В деяких випадках формування обмежень складне, а іноді неможливе, що викликає певні труднощі при аналізі об'єкта оптимізації.

Необхідною умовою існування умовного мінімуму функції з урахуванням всіх обмежень є вимога канонічності функції, під яким розуміють виконання наступного співвідношення:

$$M - n - 1 = 0, \quad (M = n + 1), \quad (1.18)$$

де M – загальне число доданків в поліноми і обмеженнях.

Алгоритми критеріального програмування дозволяють знайти оптимальні і кількісні економічні зв'язки об'єкту як при заданій, так і неповній вихідній інформації. Окрім цього, перевагою даного методу є, то що на ряду з визначенням оптимальних значень функції мети і параметрів оптимізації можливо оцінити стійкість функції до зміни параметрів в межах точки мінімуму, дослідити чутливість рішення задачі до зміни вихідної інформації.

Перевагою критеріального методу є:

- визначення оптимальних значень функції мети;
- параметрів оптимізації; оцінка стійкості функції до зміни параметрів в діапазоні точки мінімуму;
- дослідження чутливості рішення задачі при зміні вихідної інформації. [11, 12]

При вирішенні техніко-економічних завдань важливо знати вплив відхилення вихідної інформації на вихідний економічний варіант. Дослідження чутливості дозволить обґрунтувати необхідну ступінь точності вихідної інформації. Особливо добре даному аналізу піддаються канонічні моделі.

Канонічні моделі в енергетиці можуть бути представлені у вигляді поліному

$$Y = A_0 \sum_{i=1}^{n+1} A_i \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_{ij}}. \quad (1.19)$$

Критеріальний метод дозволяє дослідження даної функції (1.19) в діапазоні $n+1$ базисної точки - мірному просторі параметрів оптимізації x_j та функції Y . Постійна складова A_0 (1.19) має значення тільки при оцінці повної величини функції, в інших випадках нею можна знехтувати, тоді

$$Y_1 = \sum_{i=1}^{n+1} A_i \prod_{j=1}^n x_j. \quad (1.20)$$

Дуже часто узагальнені константи A_i відомі лише наближено, тому застосовується критеріальний метод дозволяє вести дослідження на моделях, представлених в критеріальній формі і які мають вигляд:

$$Y_{*1} = \sum_{i=1}^{n+1} \pi_i \prod_{j=1}^n x_{*j}^{\alpha_{ij}}, \quad (1.21)$$

де π_i - критерій подібності, який визначається як:

$$\pi_i = \frac{A_i}{y_{*i}} \prod_{j=1}^n x_{*j}^{\alpha_{ij}}, \quad i = \overline{1, n+1}, \quad (1.22)$$

де x_{*j} - відносне значення параметрів оптимізації;

α_{ij} - дійсні числа.

y_{*1} - відносна величина змінної частини функції (рис. 1.4)

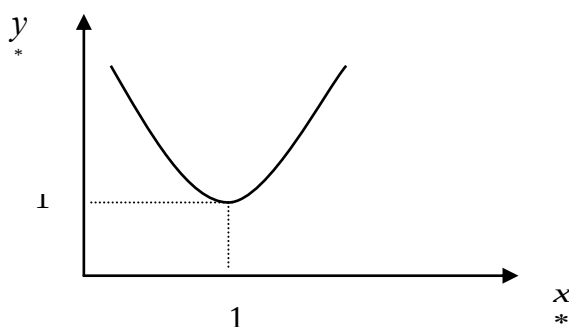


Рисунок 1.4 – Критеріальна форма представлення моделі.

Для визначення критеріїв подібності π_i з (1.22) необхідно знати величину узагальнених констант A_i , заздалегідь вибравши базисне значення функції y_i . У тому випадку, якщо відсутня інформація про A_i , то визначення критеріїв подібності базується на умовах ортогональності і нормування:

$$\sum_{i=1}^{m_1} \pi_i = 1 \quad (1.23)$$

$$\frac{dy}{dx_j} \bigg|_{x_j = x_{j0}} = \frac{y_0}{x_{j0}} \sum \alpha_{ij} \pi_i = 0, \quad j = \overline{1, n} \quad (1.24)$$

Сформулювавши основні ознаки канонічності функції (1.21) необхідно дотримуватися умови – число доданків в поліномі повинно на одиницю перевищувати число змінних $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$. Систематизування процедури проводиться, аналізуючи матрицю складену із

показників ступеня x_j . Так, як аналогічні матриці використовуються при визначенні критеріїв подібності методом аналізу розмірностей, то вони називаються матриці розмірностей [12].

Розглянемо квадратичну матрицю A_1 порядку $(n+1)$, отриману шляхом приєднання до матриці розмірностей (α_{ij}) стовпця, складеного з одиниць

$$A_1 = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} & 1 \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n+11} & \alpha_{n+12} & \dots & \alpha_{n+1n} & 1 \end{pmatrix}. \quad (1.25)$$

Для того щоб функція (1.20) була канонічної необхідно, щоб алгебраїчні доповнення елементів останнього стовпця матриці A_1 були відмінні від нуля і мали один знак. Якщо дотримується умова канонічності, то функція має єдину точку екстремуму x_0 , в якій досягається мінімум

$$d^2 y(x_0) = 0. \quad (1.26)$$

Для аналізу стійкості таких функцій до зміни параметрів оптимізації в межах базисної точки була запропонована апроксимація функції мети (1.21) членами другого порядку розкладання Тейлора в точці мінімуму [126]. В цьому випадку область економічної стійкості представляється приблизно еліпсоїдом. Для аналізу функції з обмеженнями застосовують функцію Логранжа, мінімум якої по змінним збігається з умовою мінімумів функції мети з обмеженнями. Ця функція має вид:

$$L(x) = y(x) + \sum_{k=1}^p \mu_{k0} [q_k(x) - 1], \quad (1.27)$$

де $L(x)$ - функція Логранжа;

$y(x)$ - функція мети;

$q_k(x)$ - кількісні обмеження;

μ_{k0} - невизначені множники Логранжа, значення яких визначається при знаходженні умовного мінімуму.

Функція $y(x)$ з обмеженнями $q_k(x)$ має умовний мінімум якщо система рівнянь:

$$\sum_{i=1}^M \alpha_{ij} \pi_i = 0, \quad j = \overline{1, n} \quad (1.28)$$

отримана з часних похідних функції Логранжа в точці мінімуму, що має хоча б одне позитивне рішення $\pi_i > 0, i = 1, M$ (M - загальне число доданків функції мети і обмежень) [5].

Таким чином, при виконанні умов канонічності, техніко-економічні моделі вирішуються досить просто і практично реалізують усі техніко-економічні завдання критеріального програмування (стійкість, чутливість та ін.) як при заданій, так і при невизначеній вихідній інформації. Ось чому однією з оптимальних форм вирішення техніко-економічних завдань є дане представлення моделей, що задовольняє умовам канонічності і може використовувати для реалізації існуючі алгоритми критеріального методу та прикладні програми ПЕОМ [115]. Але в електроенергетиці не завжди виконуються умови канонічності функції мети, а саме $M_1 \neq n + 1$. Це пов'язано з мірою складності завдання d , тобто $d = M_1 - n - 1$. У разі, коли $M_1 < n + 1$, не має такого рішення, що задовільняло б умові канонічності. З цього витікає, що система однорідних рівнянь або квадратна, або має число рядків більше числа змінних. В цьому випадку повинна існувати лінійна залежність між змінними. Отже, якщо число змінних зменшити, то нова модель можливо стане канонічною, або система рівнянь в даному випадку не матиме рішення. Якщо $M_1 > n + 1$, то система лінійних рівнянь неоднорідна і відноситься до завдань з позитивною мірою складності. В даному випадку буде прямокутна матриця, а з неї завжди можна виділити квадратну матрицю порядку $n + 1$. Причому, якщо алгебраїчні доповнення Δ_i останнього рядка такої матриці відмінні від нуля і мають один знак, то це рівносильно умові існування єдиного позитивного рішення системи

лінійних рівнянь за визначенням критеріїв подібності. При цьому значення отриманих критеріїв подібності π_i ($i = 1, n+1$) виражаються через значення інших критеріїв π_{iM-n-1} подібності. Виходячи з вище викладеного техніко-економічної моделі (1.13-4.15) представлено для відповідного класу напруги і конструкції в критеріальній формі

$$B_{*}^{110} = \pi_1' F_{*}^{\tilde{\epsilon}^{110}} + \pi_2' F_{*}^{-1}; \quad (1.29)$$

$$B_{*}^{330} = \pi_1'' F_{*}^{\tilde{\epsilon}^{330}} + \pi_2'' F_{*}^{-1}; \quad (1.30)$$

$$B_{*}^{750} = \pi_1''' F_{*}^{\tilde{\epsilon}^{750}} + \pi_2''' F_{*}^{-1}, \quad (1.31)$$

де $\pi_1', \pi_2', \pi_1'', \pi_2'', \pi_1''', \pi_2'''$ - критерій подібності для певного класу напруги і конструкції ПЛ;

$\tilde{\epsilon}^{110}, \tilde{\epsilon}^{330}, \tilde{\epsilon}^{750}$ - узагальнені коефіцієнти апроксимації певного класу напруги і конструкції ПЛ;

F_{*} - переріз проводу відповідно до класу напруги, відн.од.

Реалізуючи кожне рівняння критеріальним методом проаналізовано техніко-економічні моделі ПЛ 110 -750 кВ включно і отримано співвідношення в оптимальному варіанті для ПЛ різних конструкцій в відповідному класі напруги (табл. 1.19).

Таблиця 1.19. Співвідношення складових в техніко-економічних моделях ПЛ 110-750 кВ різних конструкцій в оптимальному варіанті

110 кВ	Традиційна ПЛ	$\pi_1' = 0,80, \pi_2' = 0,20$
	КПЛ	$\pi_1' = 0,81, \pi_2' = 0,19$
	КСПЛ	$\pi_1' = 0,75, \pi_2' = 0,25$
330 кВ	Традиційна ПЛ	$\pi_1'' = 0,73, \pi_2'' = 0,27$
	КПЛ	$\pi_1'' = 0,72, \pi_2'' = 0,28$
	КСПЛ	$\pi_1'' = 0,65, \pi_2'' = 0,35$
750 кВ	Традиційна ПЛ	$\pi_1''' = 0,79, \pi_2''' = 0,21$
	КПЛ	$\pi_1''' = 0,79, \pi_2''' = 0,21$

При проектуванні ПЛ змінного струму окрім економічної ефективності необхідно враховувати їх технічні характеристики. Неєкономічні критерії в задачах проектування ПЛ зазвичай мають вирішальне значення. Тому аналізуючи техніко-економічні показники при виборі пріоритетного напрямку проектування ПЛ необхідно виконати зіставлення інвестиційних вкладень у ПЛ з економічним еквівалентом підвищення пропускної здатності.

Відповідно з цим було проаналізовано вплив складових ($\pi_1', \pi_1'', \pi_1'''$) техніко-економічних моделей ПЛ 110-750 кВ на еквівалент пропускної здатності (P_n) ПЛ різних конструкцій в оптимальному варіанті. Результати дослідження впливу інвестиційної складової техніко-економічних моделей ПЛ 110-750 кВ з еквівалентом пропускної здатності ПЛ різних конструкцій в оптимальному варіанті представлено на рис.1.5.

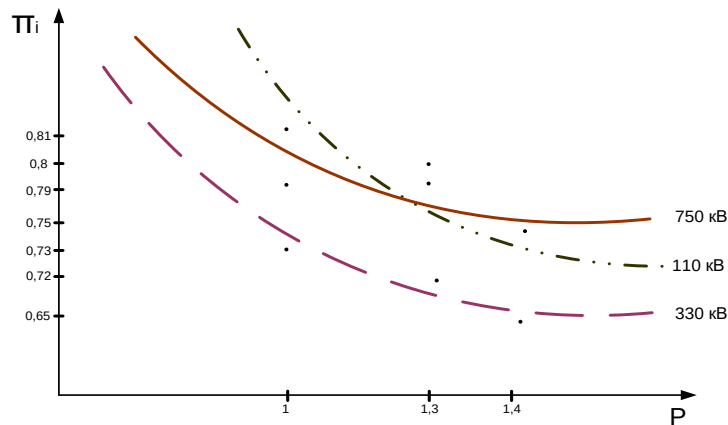


Рисунок 1.5 – Залежність складових техніко-економічних моделей відносно пропускної здатності ПЛ 110-750 кВ в оптимальному варіанті

Список використаних джерел у розділі 1

1. Сборник нормативов удельных капитальных вложений в строительство воздушных линий электропередачи 35 – 750 кВ. Руководящие материалы / Минэнерго СССР, 1986.– 30 с.
2. Лежнюк П.Д. Аналіз чутливості оптимальних рішень в складних системах критеріальним методом. / П.Д. Лежнюк . Монографія. - Вінниця: Універсум-Вінниця, 2003. - 131 с.
3. Черемісін М.М. Економічні розрахунки в інженерній діяльності. Навчальний посібник / М.М.Черемісін, В.І. Романченко. // Харків: Факт, 2006.– 167 с.
4. Бондаренко В.Е. Формирование технико-экономических моделей воздушных линий электропередачи в условиях рыночных отношений и анализ их критерияльным методом / В.Е. Бондаренко, Н.М. Черемисин, В.В. Черкашина // Технічна електродинаміка – 2010. – № 6.– С. 59 – 64.
5. Бондаренко В.О. Системний підхід передпроектної оцінки повітряних ліній в умовах ринкових відносин. / В.О. Бондаренко, Н.М. Черемісін, В.В. Черкашина. Монографія– Харків: Факт, 2013. – 259 с.
6. Ляшенко И.Н. Линейное и нелинейное программирование. / И.Н. Ляшенко, Карагодова Е.В., Черникова Н.В., Шор Н.З. – К: “Вища школа”, 1975 – 372 с.
7. Карманов В.Г. Математическое программирование./ В.Г. Карманов. – М: Наука, 1975 – 270 с.
8. Веников В.А. Электрические сети и системы. Кибернетика электрических систем / Ю.Н. Автахов, В.А. Веников, Ю.М. Горский. – М.: Высшая школа, 1974 – 328 с.
9. Химельбау Д. Нелинейное программирование. / Д. Химельбау – М: “Мир”, 2007 – 267 с.
10. Беллман Р. Динамическое программирование /Р.Беллман–М.:Изд-во илит.,1960–400с.
11. Лежнюк П.Д. Методи оптимізації в електроенергетиці. Критеріальний метод. / П.Д. Лежнюк, С.В. Бевз. – Вінниця: ВДТУ, 1999. – 177 с.
12. Черемисин, Н. М. Критеріальний метод аналізу техніко-економічних задач в електричних сетях и системах / Н. М. Черемисин, В. В. Черкашина. – Харьков: Факт, 2014. – 88 с.
13. ГКД 340.000.001-95. Визначення економічної ефективності капіталовкладень в енергетику. Методика. (Загальні методичні положення). - К.: Міненерго України, 1995. - 34 с.
14. ГКД 340.000.002-97. Визначення економічної ефективності капіталовкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми та електричні мережі. - К.: Міненерго України, 1997-54 с.
15. ДБН В.2.5-16-99. Інженерне обладнання споруд, зовнішніх мереж. Визначення розмірів земельних ділянок для об'єктів електричних мереж, К.:Держбуд України, 1999.– 24с.
16. Александров Г.Н. Передача электрической энергии переменным током. / Г.Н. Александров – М.: Знак, 1998. – 271 с.
17. Постолатий В.М. Управляемые электропередачи / В.М. Постолатий, Е.В. Быкова // Труды института энергетики АН Молдовы – 2007 – № 8 (23) – 234 с.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР ПРІОРИТЕТНОГО НАПРЯМКУ ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЙ

2.1 Передпроектна оцінка вибору пріоритетного напрямку проектування повітряних ліній змінного струму

Передпроектна оцінка - це комплект документів, необхідний для проходження регламенту у відповідному регіоні і отримання початкової дозвільної документації для створення проекту електроенергетичного об'єкту. Крім того, це матеріали, що дозволяють оцінити проект і сформулювати точні вимоги до подальшого проектування.

Передпроектна оцінка проводиться з метою встановлення принципових (функціональних, конструктивних, технічних та ін.) рішень проекту, що дають загальне уявлення про принцип функціонування проекту, взаємодію як окремих частин, так і проекту в цілому. На основі передпроектної оцінки розробляється бізнес-план інвестиційного проекту і технічне завдання для проектування.

Проведення передпроектної оцінки один із кращих способів заздалегідь оцінити і отримати уявлення про проектуємий електромережевий об'єкт. Цей етап особливо важливий для протяжних об'єктів, якими є ПЛ, оскільки дозволяє уникнути багатьох складнощів в ході подальшого проектування.

На основі проведеної передпроектної оцінки і точно сформульованого технічного завдання проводиться обробка обраного варіанту проекту. Тому, принципово важливо визначити конструктивне виконання об'єкту, оскільки від цього залежать як технічні характеристики так і економічні.

По матеріалам передпроектної оцінки готується дозвільна документація, і тому помилки на цій стадії впливають на подальше проектування і терміни будівництва об'єкту.

Передпроектна стадія є вирішальною для проектування електромережевого об'єкту.

Завдання визначення оптимальних параметрів і габаритів ПЛ вирішуються в першу чергу на передпроектній стадії при розробці техніко-економічного обґрунтування об'єкту.

Враховуючи наявність ринкових відносин процес обґрунтування параметрів і габаритів ПЛ стає складніший не лише в методичному відношенні, а і в дотриманні техніко-економічних вимог. Замовники все частіше висувають підвищені вимоги до розмірів інвестицій, технічних показників проекту і термінів його будівництва, до екологічної безпеки об'єкту, надійності і якості електроенергії, яка транспортується. При цьому необхідно враховувати взаємозв'язок технічних характеристик ПЛ з обмеженістю території під об'єкт, при якому можуть бути досягнуті найкращі економічні показники. Визначити ефективність такого об'єкту, тобто прибуток або чистий дисконтований дохід (ЧДД), а також термін окупності інвестиційних вкладень можливо, розраховавши заздалегідь для кожного варіанту проекту потік грошей у вигляді суми щорічних показників.

Сформовані техніко-економічні моделі дозволяють вирішити дане завдання з позицій економічної ефективності. Але при проектуванні електроенергетичних об'єктів окрім економічної ефективності необхідно враховувати і їх технічні характеристики, екологічну дію. Тому це потребує багатокритерійного рішення задачі з позицій техніко-економічної оцінки і системного підходу при передпроектному аналізі альтернативних варіантів проектування ПЛ.

Проектування ПЛ з урахуванням багатьох критеріїв пов'язане з необхідністю аналізу альтернативних варіантів з урахуванням значної кількості критеріїв і технічних аспектів (єдність процесу виробництва, передачі і споживання електроенергії, обмеження по пропускній здатності при транспортуванні електроенергії, вимоги до надійності електропостачання), що і обумовлює специфіку завдання. У зв'язку з цим існуючі методики вимагають значних зусиль ОПР. Будь то просте рішення, або складно організований багатоетапний план, рішення є актом вибору з безлічі можливих варіантів (альтернатив). Чим більшою є безліч альтернатив, тим вище вірогідність отримання найкращого з можливих рішень.

У загальному випадку процедура ухвалення рішення має дві складових - емоційну (імпульсивні рішення) і раціональну. Домінуючою в теорії ухвалення рішень є гіпотеза раціонального, зокрема, багатокритерійного вибору, коли емоційна складова не береться до уваги [1, 2]

2.2. Методологічні основи ухвалення пріоритетного напрямку проектування повітряних ліній змінного струму на базі методу Т. Сааті

Т. Сааті [3] запропонував мультиплікативну модель обчислення важливості критеріїв, а потім і альтернатив по кожному з обраних критеріїв. Він припустив, що важливість визначається в результаті оцінки експертом, в скільки разів одна альтернатива важливіша за іншу за цим критерієм.

Для вибору пріоритетного напрямку проектування ПЛ є безліч альтернатив вирішення проблеми:

$$A = \{a_i\}_{i=1}^n \quad (2.1)$$

і безліч критеріїв для оцінки корисності альтернатив:

$$Q = \{q_j\}_{j=1}^m, \quad (2.2)$$

Спочатку послідовно розглядаються і обчислюються важливості критеріїв

$$w_i = \sum_{j=1}^m q_{ij} \quad q_j, j = 1, \dots, m. \quad (2.3)$$

Потім кожній альтернативі a_i ОНР виставляють оцінки x_{ij} по усій безлічі критеріїв (2.2). Оцінки виставляються безпосередньо в балах або в долях важливості. Результати представляються як таблиця рішень (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Таблиця рішень

	a_1	a_2	...	a_n
q_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}
...	...	...	...	...
q_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}

Для кожного вектора оцінок $\bar{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ обчислюється модель вибору функції мети, і перспективною є та альтернатива, для якої функція мети має значення наближене до оптимального. Для ПЛ функцією мети є мінімум дисконтованих витрат.

На рисунку 2.1 представлено схему процедури ухвалення рішення.

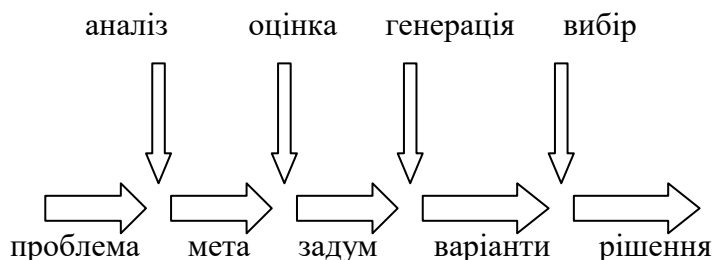


Рисунок 2.1 – Схема процедури ухвалення рішення

Горизонтальні стрілки на рис. 2.1 характеризують елементи циклу ухвалення рішення, вертикальні - дії ОНР. Така схема є реалізацією процесу ухвалення рішення, як раціональної процедури, при якій вибір є останнім етапом.

Схема процесу ухвалення рішення у рамках цієї моделі (рис.2.1) може бути представлена і як процедура відрядкового заповнення ОПР таблиці порівнянь, рядки і стовпці якої мають назви альтернатив вибору пріоритетного напрямку (табл. 2.1). Від ОПР вимагається по рядках таблиці, починаючи з першого, послідовно порівнювати важливість альтернативи a_1 з $a_2, a_3, \dots, a_n$; далі - a_2 з $a_3, a_4, \dots, a_n$ і так до a_{n-1} . Результати порівнянь y_{ij} преставляються у відповідні клітини таблиці порівнянь (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Таблиця порівнянь.

	a_1	a_2	$\dots$	a_n
a_1	y_{11}	y_{12}	$\dots$	y_{1n}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
a_n	y_{n1}	y_{n2}	$\dots$	y_{nn}

Як правило, значення елементів порівнянь визначаються, як точки на шкалі:

$$y_{ij} = 1, \text{ якщо } a_i \succ a_j, y_{ij} = 0, \text{ якщо } a_i \prec a_j \text{ і } y_{ij} = 0,5, \text{ якщо } a_i \approx a_j. \quad (2.4)$$

Важливість об'єктів, які порівнюються, (спочатку критеріїв, а потім відповідно альтернатив) обчислюються таким чином:

$$w_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m y_{ij}} \quad (2.5)$$

$$w_i' = \frac{w_i}{\sum_{k=1}^m w_k} \quad i, j \in [1.m] \quad (2.6)$$

Вичислені відповідно до співвідношення (2.6) значення важливості w_i' є оцінками альтернатив a_i за критерієм $q_j : w_i' \rightarrow x_{ij}, i = 1, \dots, n$.

Отримані відповідно до (2.6) значення представляють відповідний рядок табл. 2.1. Після проведення серії з m порівнянь (по числу критеріїв) для кожної альтернативи із заповненої табл. 2.1 визначаються вектори оцінок $\bar{x}_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi})$, які згортаються в скалярну оцінку корисності кожної альтернативи a_i , як зваженої суми

$$y_{\Sigma i} = \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot w_j, \quad (2.7)$$

де w_j - значення важливості критерія розраховані відповідно до (2.5 - 2.6).

Оцінки важливості альтернатив x_{ij} по кожному з критеріїв визначаються в серії з m процедур порівнянь, в кожній з яких визначається важливість за критерієм q_j відповідно до співвідношень (2.4 - 2.6).

Потім значення m - число критеріїв, замінюється на n - число альтернатив [58].

Альтернативи ранжируються по зниженню важливості w_i , які визначаються як:

$$w_i = \sum_{j=1}^n y_{ij}, \quad (2.8)$$

де важливість нормується, як

$$w_i' = \frac{w_i}{\sum_{k=1}^n w_k}. \quad (2.9)$$

Кращою вважається альтернатива з найбільшою важливістю (2.9).

2.3. Аналіз перспективних альтернатив при виборі пріоритетного напрямку проектування повітряних ліній змінного струму

В енергосистемах Росії і Молдови, що межують з енергосистемами України, успішно експлуатуються КПЛ [4] і КСПЛ [5]. Беручи до уваги досвід паралельно працюючих енергосистем при розробці передпроектного техніко-економічного обґрунтування доцільно виконувати порівняльний аналіз цих ПЛ з традиційними ПЛ, які масово використовуються в енергосистемах України [6]. Таким чином, при виборі пріоритетного напрямку проектування ПЛ є три перспективні альтернативи: традиційні ПЛ, КПЛ, КСПЛ.

2.3.1. Визначення межі зони електромагнітного впливу при аналізі альтернативних варіантів повітряних ліній змінного струму

Для аналізу альтернативних варіантів методом Т Сааті ці данні не усереднюються, що дозволяє більш точно визначити ширину території для ПЛ відповідної конструкції у своєму класі напруги. В таблицях 2.3. – 2.7. представлено дані для розрахунку території під ПЛ.

Таблиця 2.3. Результати розрахунку межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ перевищує значення, яке нормується для одноланцюгової традиційної ПЛ 750 кВ

Габарит H , м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м
10	38	0,985	56	0,458
12	40	0,984	58	0,498
14	42	0,989	62	0,482
16	44	0,998	64	0,497
20	46	0,988	68	0,492
30	50	0,987	76	0,487
40	50	0,970	78	0,499

Таблиця 2.4. Результати розрахунку межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ перевищує значення, яке нормується для одноланцюгової традиційної ПЛ 330 кВ

Габарит H , м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м
8	18	0,992	28	0,499
10	20	0,957	30	0,456
12	22	0,902	32	0,445
14	22	0,903	32	0,483
16	22	0,949	34	0,457
20	22	0,942	34	0,492
24	22	0,940	36	0,464

Таблиця 2.5. Результати розрахунку межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ перевищує значення, яке нормується для дволанцюгової традиційної ПЛ 330 кВ

Габарит H , м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м
8	18	0,974	26	0,498
10	20	0,957	28	0,463
12	22	0,982	30	0,499
14	24	0,996	34	0,477
16	26	0,991	38	0,451
20	30	0,960	42	0,492
24	32	0,998	48	0,476

Таблиця 2.6. Результати розрахунку межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ перевищує значення, яке нормується для КПЛ 330 кВ

Габарит H , м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м
8	18	0,974	24	0,498
10	20	0,992	28	0,463
12	22	0,998	30	0,499
14	24	0,996	34	0,477
16	26	0,991	36	0,497
20	28	0,999	42	0,499
24	30	0,998	46	0,499

Таблиця 2.7. Результати розрахунку межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ перевищує значення, яке нормується для КСПЛ 330 кВ

Габарит H , м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м	Відстань L_3 , м	E , кВ/м
8	14	0,914	20	0,437
10	16	0,846	22	0,450
12	16	0,957	24	0,494
14	18	0,864	26	0,445
16	18	0,927	28	0,439
20	18	0,984	30	0,471
24	18	0,952	32	0,496

2.3.2 Розрахунок території з урахуванням санітарно-захисної зони альтернативних варіантів повітряних ліній змінного струму.

Розміри території під ПЛ електропередачі залежать від конструкції ПЛ і ширини охоронної та санітарно-захисної зон. Як правило, в охоронній та санітарно-захисній зоні ПЛ змінного струму забороняється постійне перебування людей. В усіх випадках ця територія не залишається у власності енергокомпаній, але вони залишають за собою право вільного доступу до ПЛ для її огляду і ремонту. Ширина території ($Ш_T$) необхідної для ПЛ з урахуванням санітарно-захисної зони складає [7]

$$Ш_T = (2D + a) + 2 L_3, \quad (2.10)$$

де D – відстань між центрами фаз ПЛ, м;

a – відстань між проводами в фазі (шаг розщеплення фази), см;

$L_3 = f(H)$ – відстань від проекції на землю крайнього проводу фази до межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ відповідає нормуємому значенню, в напрямку перпендикулярному до ПЛ змінного струму (табл. 2.4 – 2.7), м. Ширину території ($Ш_T$) необхідної для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням санітарно-захисної зони представлено в таблицях 2.8 – 2.12.

Таблиця 2.8. Ширина території для одного прольоту одноланцюгової традиційної ПЛ 750 кВ з урахуванням санітарно-захисної зони

Габарит H , м	$Ш_T$, на якій $E \geq 1$ кВ/м, м	$Ш_T$, на якій $E \geq 0,5$ кВ/м, м
10	115	151
12	119	155
14	121	163
16	127	167
18	127	171
20	131	175
24	135	185
30	139	191
40	139	195

Таблиця 2.9. Ширина території для одного прольоту одноланцюгової традиційної ПЛ 330 кВ з урахуванням санітарно-захисної зони

Габарит H , м	$Ш_T$, на якій $E \geq 1$ кВ/м, м	$Ш_T$, на якій $E \geq 0,5$ кВ/м, м
8	54	74
10	58	78
12	62	90
14	62	90
16	66	86
20	66	86
24	70	90

Таблиця 2.10. Ширина території для одного прольоту дволанцюгової традиційної ПЛ 330 кВ з урахуванням санітарно-захисної зони

Габарит H , м	$Ш_T$, на якій $E \geq 1$ кВ/м, м	$Ш_T$, на якій $E \geq 0,5$ кВ/м, м
8	54	70
10	58	74
12	62	78
14	66	86
16	70	56
20	78	102
24	82	114

Таблиця 2.11. Ширина території для одного прольоту дволанцюгової КПЛ 330 кВ з урахуванням санітарно-захисної зони

Габарит H , м	$Ш_T$, на якій $E \geq 1 \text{ кВ/м}$, м	$Ш_T$, на якій $E \geq 0,5 \text{ кВ/м}$, м
8	48	60
10	52	68
12	54	72
14	60	80
16	64	84
20	68	96
24	72	104

Таблиця 2.12. Ширина території для одного прольоту КСПЛ 330 кВ з урахуванням санітарно-захисної зони

Габарит H , м	$Ш_T$, на якій $E \geq 1 \text{ кВ/м}$, м	$Ш_T$, на якій $E \geq 0,5 \text{ кВ/м}$, м
8	40	52
10	46	56
12	44	60
14	48	64
16	48	68
20	48	72
24	48	76

А так, як ПЛ змінного струму є протяжним об'єктом, то при визначенні площі для відводу територій (S_T) під цей об'єкт враховано його довжину. Таким чином, згідно з [7] S_T під ПЛ змінного струму з урахуванням санітарно-захисної зони складає:

$$S_T = ((2D + a) + 2 L_3)L = Ш_T \cdot L, \quad (2.11)$$

де D – відстань між центрами фаз ПЛ, м;

a – відстань між проводами в фазі, см;

L_3 – відстань від проекції на землю крайнього проводу фази до межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ дорівнює значенню, яке нормується, м;

L – довжина ПЛ змінного струму, км.

Розрахунки доводять, що напруженість ЕП ПЛ змінюється в залежності від габариту ПЛ, а це дозволяє при передпроектному аналізі альтернативних варіантів врахувати граничну зміну стріли провису проводу і більш точно визначити межу охоронної і санітарно-захисної зон, що впливають на техніко-економічні показники об'єкту. На рис. 2.2 представлено зображення зони ПЛ 330 - 750 кВ, в якій напруженість ЕП ПЛ перевищує значення, яке нормується.

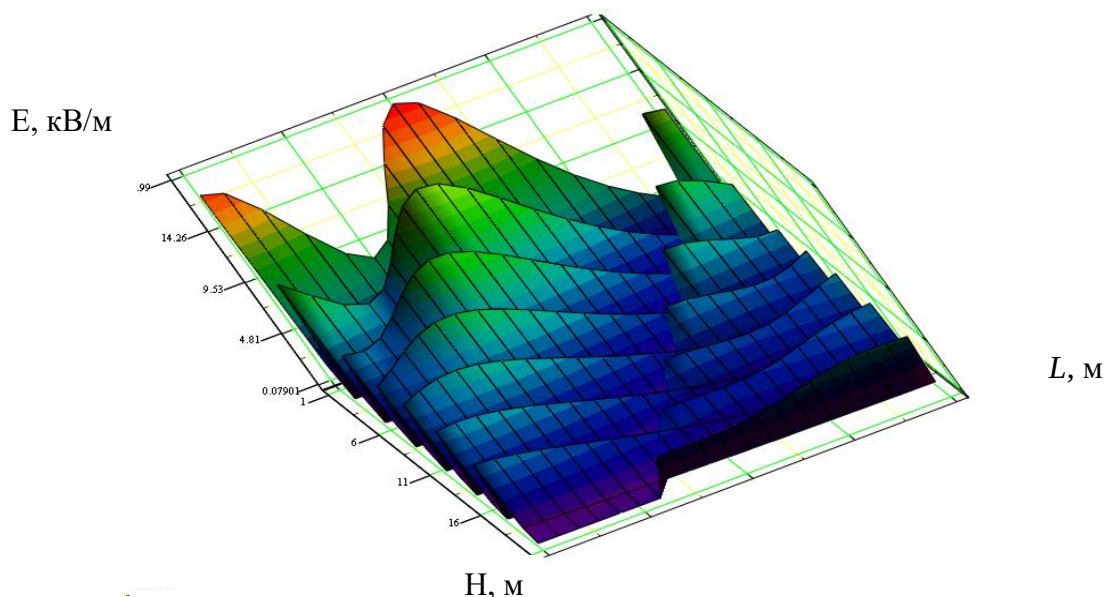


Рисунок 2.2 – Зображення зони, в якій напруженість ЕП ПЛ перевищує значення, яке нормується для ПЛ 330 - 750 кВ

Таким чином, спираючись на отримані розрахунки, площа відводу необхідної території під ПЛ змінного струму з урахуванням санітарно-захисної зони буде складати:

$$S_T = ((2D + a) + 2 L_3)L = III_T \cdot L, \quad (2.12)$$

де D – відстань між центрами фаз ПЛ, м;

a – відстань між проводами в фазі, см;

$L_3 = f(H)$ – відстань від проекції на землю крайнього проводу фази до межі зони, в якій напруженість ЕП ПЛ дорівнює нормуємому значенню (табл.2.4-2.7)

III_T – ширина території необхідної для ПЛ з урахуванням санітарно-захисної зони (табл. 2.8 – 2.12 і рис. 2.2), м;

L – довжина ПЛ змінного струму, км, яка складається з суми довжин зони з відповідним значенням напруженості ЕП ПЛ і визначається як

$$L = \sum_0^n l_i, \quad (2.13)$$

де l_i – довжина зони з відповідним значенням напруженості ЕП ПЛ, м.

Відповідно до розрахунків (ф. 2.12) площа земельної ділянки під ПЛ з урахуванням санітарно-захисної зони має еквіпотенціальну форму. На рисунку 2.3 представлено конфігурацію території з урахуванням санітарно-захисної зони для ПЛ змінного струму.

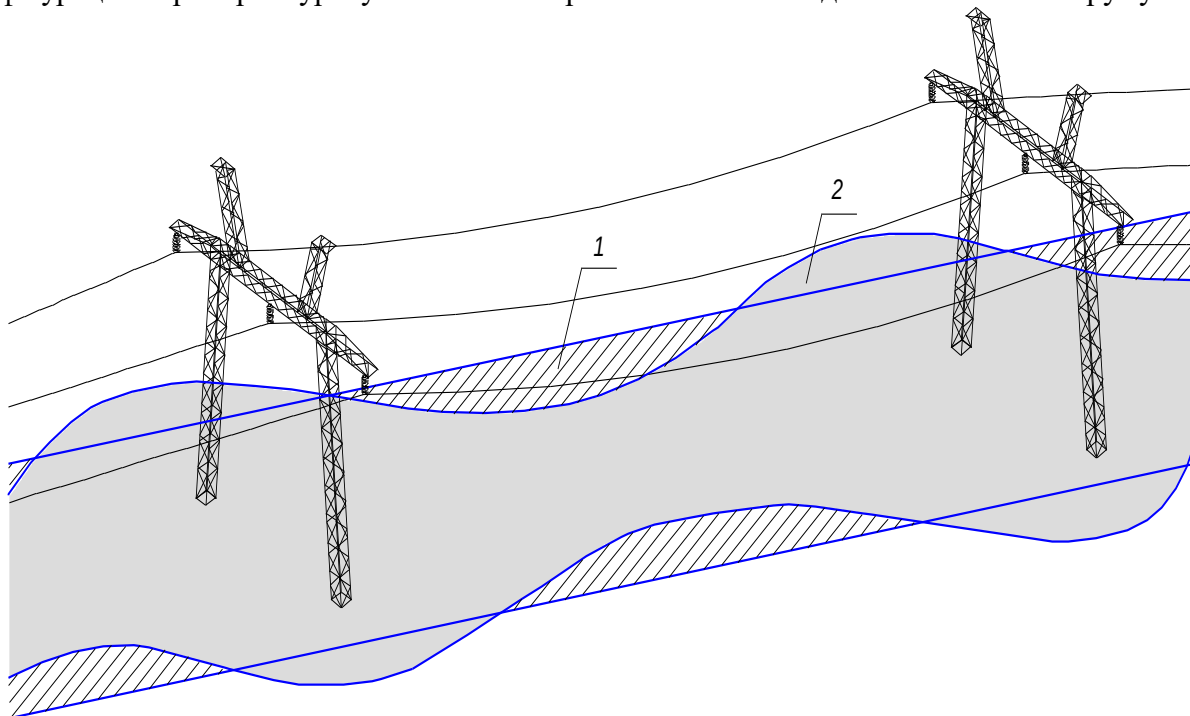


Рисунок 2.3 – Конфігурація території з урахуванням санітарно-захисної зони для ПЛ змінного струму

1 – нормуєма територія для ПЛ з урахуванням с-з зони

2 – розрахована територія для ПЛ з урахуванням с-з зони

Площа території з урахуванням санітарно-захисної зони для одного прольоту ПЛ (рис. 2.3) визначено у відповідності з методикою розрахунку еквіпотенціальної поверхні [8]:

$$S = \int_0^a f(ax^2 + bx + \gamma)dx, \quad (2.14)$$

де a – довжина прольоту ПЛ, м;

a, b, γ – точки на еквіпотенціальній поверхні, визначаються як

$$d'_a = 2(\alpha \frac{a^2}{4} + b \frac{a}{2} + \gamma - y_2) \cdot \frac{a^2}{4} + 2(\alpha a^2 + ba + \gamma)a^2;$$

$$d'_b = 2(\alpha \frac{a^2}{4} + b \frac{a}{2} + \gamma - y_2) \cdot \frac{a}{2} + 2(\alpha a^2 + ba + \gamma)a;$$

$$d'_\gamma = 2\gamma + 2(\alpha \frac{a^2}{4} + b \frac{a}{2} + \gamma - y_2) + 2(\alpha a^2 + ba + \gamma)$$
(2.15)

Результати розрахунків S_T для одного прольоту ПЛ змінного струму різної конструкції з урахуванням санітарно-захисної зони, згідно ф. 2.12 – 2.15 представлено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13. Площа території для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням санітарно-захисної зони

Конструкція і клас напруги ПЛ	Довжина прольоту ПЛ, м	S_T для одного прольоту ПЛ, м ²
Традиційна одноланцюгова ПЛ 750 кВ	500	58830
Традиційна одноланцюгова ПЛ 330 кВ	350	19530
Традиційна дволанцюгова ПЛ 330 кВ	350	19990
Дволанцюгова КПЛ 330 кВ	350	17730
КСПЛ 330 кВ	350	11820

А так як, на сьогоднішній день, в нормативній документації ширина охоронних та санітарно-захисних зон умовно відкреслюється прямими лініями, то згідно з ф. 2.11 площа території необхідної для одного прольоту ПЛ 750 кВ (провід 5хАС-400/51, відстань між проводами в фазі 60 см, відстань між центрами фаз 19,5 м) довжиною 500 м буде складати 59800 м², а для одного прольоту ПЛ 330 кВ (провід 2хАС-400/51, відстань між проводами в фазі 50 см, відстань між центрами фаз 9 м) довжиною 350 м буде складати 20475 м².

Як видно з таблиці 2.13, розміри території необхідної для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги відрізняється від розмірів території необхідної для одного прольоту ПЛ з прямолінійною формою санітарно-захисної зони.

В таблиці 2.14 показано економію розмірів земельної ділянки необхідної для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням санітарно-захисної зони.

Таблиця 2.14. Економія розмірів земельної ділянки необхідної для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням санітарно-захисної зони

Конструкція і клас напруги ПЛ	Довжина прольоту ПЛ, м	S_T для одного прольоту ПЛ, м ²
Традиційна одноланцюгова ПЛ 750 кВ	500	970
Традиційна одноланцюгова ПЛ 330 кВ	350	945
Традиційна дволанцюгова ПЛ 330 кВ	350	485
Дволанцюгова КПЛ 330 кВ	350	2745
КСПЛ 330 кВ	350	8655

Таким чином, при формуванні перспективних альтернатив, доцільно звернути увагу і на цей факт (табл.2.14).

2.3.3 Визначення вартості території для альтернативних варіантів повітряних ліній змінного струму

Розрахунки р. 2.3.2 науково обґрунтовують необхідні розміри території під ПЛ з урахуванням санітарно-захисної зони. Визначення вартості цієї території дозволить сформулювати перспективні альтернативні варіанти при виборі оптимального напрямку реконструкції та проектування ПЛ з позиції економічної ефективності.

Вартість землі в середньому по Україні становить 0,16025 дол/м². Тоді вартість земельної ділянки для одного прольоту ПЛ 750кВ, санітарно-захисна зона якої відповідає нормативним документам, тобто має прямолінійну форму, буде становити 76664 грн/м², а вартість землі для одного прольоту ПЛ 330 кВ - 26250 грн/м².

Використовуючи розрахунки р. 2.3.2, вартість території для одного прольоту ПЛ різної конструкції з урахуванням санітарно-захисної зони представлено в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15. Вартість території необхідної для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням санітарно-захисної зони

Конструкція і клас напруги ПЛ	Довжина прольоту ПЛ, м	Вартість одного прольоту ПЛ, грн/м ²
Традиційна одноланцюгова ПЛ 750 кВ	500	75420
Традиційна одноланцюгова ПЛ 330 кВ	350	25040
Традиційна дволанцюгова ПЛ 330 кВ	350	25620
Дволанцюгова КПЛ 330 кВ	350	22730
КСПЛ 330 кВ	350	15150

Відповідно до проведених розрахунків, економію коштів на вартості території для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням еквівалентної форми санітарно-захисної зони в порівнянні з прямолінійною, яка відповідає нормативним документам, представлено в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16. Економія коштів на вартості території необхідної для одного прольоту ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням санітарно-захисної зони

Конструкція і клас напруги ПЛ	Довжина прольоту ПЛ, м	Економія коштів на вартості одного прольоту ПЛ, грн/м ²
Традиційна одноланцюгова ПЛ 750 кВ	500	1244
Традиційна одноланцюгова ПЛ 330 кВ	350	1210
Традиційна дволанцюгова ПЛ 330 кВ	350	630
Дволанцюгова КПЛ 330 кВ	350	3520
КСПЛ 330 кВ	350	11100

Як видно з табл. 2.15 – 2.16, при виборі пріоритетного напрямку реконструкції та проектування ПЛ вартість території може мати одне з вирішальних значень.

Таким чином, результати розрахунку розмірів і вартості території з урахуванням санітарно-захисної зони дозволили визначити перспективні альтернативи з позиції економічної ефективності.

2.4. Визначення техніко-економічних показників в альтернативних варіантах повітряних ліній змінного струму

2.4.1. Визначення інвестиційної складової в техніко-економічних моделях альтернативних варіантів повітряних ліній змінного струму

В техніко-економічну модель ПЛ в умовах ринкових відносин входить інвестиційна (B_1) і технічна складова (B_2). Існуючі ринкові відносини в Україні обумовлюють платне користування землею, тому при розрахунку інвестиційних вкладень (B_1) в ПЛ враховано вартість території по якій проходить ПЛ [9]. Згідно з діючими нормативними документами України [10 - 12] при побудові техніко-економічних моделей ПЛ змінного струму в умовах ринкових відносин прийнято ширину території для 1 км ПЛ відповідного класу напруги, такою, яку необхідно для обслуговування електромережевого об'єкту за умов дотримання правил безпеки.

При розрахунках B_1 в 1 км традиційних ПЛ різних класів напруги в умовах ринкових відносин взято до уваги варіанти виконання ПЛ перерізи проводів яких відповідають ПУЕ. Повна вартість 1 км ПЛ розрахована з урахуванням коефіцієнта інфляції на кінець року і резерва на непередбачені витрати.

При проведенні розрахунків B_1 в 1 км КПЛ різних класів напруги враховано принцип створення КПЛ, який заснований на оптимізації конструкції фаз ПЛ.

КСПЛ конструктивно представляє дволанцюгову або багатоланцюгову ПЛ, тому для коректної оцінки КСПЛ потрібно порівнювати з лініями таких конструкцій. На сьогоднішній

день масово в енергосистемах використовуються дволанцюгові ПЛ. Враховуючи це проведено порівняння КСПЛ з дволанцюговими ПЛ інших конструкцій.

Інвестиційні вкладення в 1 км ПЛ різного конструктивного виконання у відповідному класі напруги представлено в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17. Інвестиційні вкладення в 1 км ПЛ 110 – 750 кВ, тис. дол.

Тип ПЛ	U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Інвестиційні вкладення
1	2	3	4	5
Сталеві опори				
Традиційна ПЛ	110	120	1	70,93
			2	104,40
		240	1	78,38
			2	117,15
	330	2x300	1	131,46
			2	201,73
		2x400	1	146,70
			2	234,73
750	5x300	1	367,29	
	5x400	1	396,21	
Залізобетонні опори				
1	2	3	4	5
Традиційна ПЛ	110	120	1	58,53
			2	76,20
		240	1	64,74
			2	108,10
	330	2x300	1	124,37
		2x400	1	132,36
Сталеві опори				
КПЛ	110	120	1	70,45
			2	104,01
		240	1	77,98
			2	116,75
	330	2x300	1	130,6
			2	200,1
		2x400	1	145,8
			2	233,95
	750	5x300	1	366,5
		5x400	1	395,4
Залізобетонні опори				
КПЛ	110	120	1	58,13
			2	76,77
		240	1	64,34
			2	107,73
	330	2x300	1	123,5
		2x400	1	131,61
Сталеві опори				
КСПЛ	110	120	2	103,24
		240	2	115,96
	330	2x300	2	199,37
		2x400	2	233,1
Залізобетонні опори				
КСПЛ	110	120	2	76,0
		240	2	106,9

Як видно з таблиці 2.17, інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ являються майже рівнозначними з інвестиційними вкладеннями в традиційні ПЛ. А інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ мають менші значення в порівнянні з інвестиційними вкладеннями в дволанцюгові традиційні ПЛ і КПЛ.

2.4.2. Визначення технічної складової в математичних моделях альтернативних варіантів повітряних ліній змінного струму

Оскільки мова йде про електроенергетичний об'єкт, тому при аналізі перспективних альтернатив першочергове значення мають його технічні аспекти. Як відомо, у відповідному класі напруги можливо передати певний діапазон потужності (*min-max*) від якого залежать технічні показники ПЛ. В таблиці 2.18 представлено діапазон потужності, яка передається традиційними ПЛ у відповідному до класі напруги [6].

Таблиця 2.18. Діапазон потужності, яка передається традиційними ПЛ змінного струму

Номинальна напруга, кВ	Діапазон потужності <i>min - max</i> , МВт
110	25 – 50
330	300 – 400
750	1800 – 2200

КПЛ дозволяє підвищити пропускну здатність за інших рівних умов на 25-35% в порівнянні з традиційною ПЛ. А КСПЛ підвищує пропускну здатність за інших рівних умов на 20 - 40% в порівнянні з традиційними ПЛ. Це було враховано при розрахунку B_2 техніко-економічної моделі ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги при передачі певної потужності. Значення B_2 в 1 км ПЛ змінного струму відповідного класу напруги з урахуванням діапазону потужності, яка передається, представлено в таблицях 2.19 - 2.20.

Таблиця 2.19. Значення технічної складової техніко-економічних моделей 1 км ПЛ 110–750 кВ при транспортуванні потужності $P_{min} \leq P_{\pi} < 0,5(P_{max} + P_{min})$, тис.дол/кВт

Тип ПЛ	U,кВ	Переріз проводу, мм²	Кількість ланцюгів	B₂
Сталеві опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	10,28
		240	2	5,02
	330	2х300	2	51,90
		2х400	2	39,68
	750	5х300	1	104,49
		5х400	1	78,57
Залізобетонні опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	10,28
		240	2	5,02
Сталеві опори				
КПЛ	110	120	2	16,36
		240	2	7,86
	330	2х300	2	68,56
		2х400	2	52,80
	750	5х300	1	132,03
		5х400	1	98,42
Залізобетонні опори				
КПЛ	110	120	2	16,36
		240	2	7,86
Сталеві опори				
КСПЛ	110	120	2	7,49
		240	2	3,61
	330	2х300	2	32,48
		2х400	2	24,98
Залізобетонні опори				
КСПЛ	110	120	2	7,49
		240	2	3,61

Таблиця 2.20. Значення технічної складової техніко-економічних моделей 1 км ПЛ 110 – 750кВ при транспортуванні потужності $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{п} \leq P_{max}$, тис.дол/кВт

Тип ПЛ	U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	B ₂
Сталеві опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	41,63
		240	2	20,08
	330	2x300	2	75,0
		2x400	2	57,82
	750	5x300	1	128,63
		5x400	1	96,03
Залізобетонні опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	41,63
		240	2	20,08
Сталеві опори				
КПЛ	110	120	2	75,97
		240	2	36,53
	330	2x300	2	118,5
		2x400	2	91,8
	750	5x300	1	188,85
		5x400	1	138,99
Залізобетонні опори				
КПЛ	110	120	2	75,97
		240	2	36,53
Сталеві опори				
КСПЛ	110	120	2	40,82
		240	2	19,68
	330	2x300	2	62,63
		2x400	2	48,71
Залізобетонні опори				
КСПЛ	110	120	2	40,82
		240	2	19,68

В таблицях 2.21 – 2.22 представлено результати розрахунку дисконтованих витрат (В) 1 км ПЛ різної конструкції у відповідному класі напруги з урахуванням діапазону потужності, що передається.

Таблиця 2.21. Дисконтовані витрати в 1 км ПЛ різної конструкції відповідного класу напруги при транспортуванні потужності $P_{min} \leq P_{п} < 0,5 (P_{max} + P_{min})$

Тип ПЛ	U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	В
Сталеві опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	114,68
		240	2	122,17
	330	2x300	2	253,63
		2x400	2	274,41
	750	5x300	1	471,78
		5x400	1	474,78
Залізобетонні опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	86,48
		240	2	113,12
Сталеві опори				
КПЛ	110	120	2	120,37
		240	2	124,61
	330	2x300	2	268,66
		2x400	2	286,75
	750	5x300	1	498,32
		5x400	1	493,82
Залізобетонні опори				
КПЛ	110	120	2	93,13
		240	2	115,59
Сталеві опори				
КСПЛ	110	120	2	110,73
		240	2	119,57
	330	2x300	2	231,85
		2x400	2	258,08
Залізобетонні опори				
КСПЛ	110	120	2	83,49
		240	2	110,5

Таблиця 2.22. Дисконтовані витрати в 1 км ПЛ різної конструкції відповідного класу напруги при транспортуванні потужності $0,5 (P_{max} + P_{min}) < P_{п} \leq P_{max}$

Тип ПЛ	U,кВ	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	В
Сталеві опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	146,03
		240	2	137,23
	330	2х300	2	276,73
		2х400	2	292,55
	750	5х300	1	495,92
		5х400	1	492,24
Залізобетонні опори				
Традиційна ПЛ	110	120	2	117,83
		240	2	128,18
Сталеві опори				
КПЛ	110	120	2	179,98
		240	2	153,28
	330	2х300	2	318,60
		2х400	2	325,75
	750	5х300	1	555,14
		5х400	1	534,39
Залізобетонні опори				
КПЛ	110	120	2	152,74
		240	2	144,26
Сталеві опори				
КСПЛ	110	120	2	144,06
		240	2	135,64
	330	2х300	2	262,0
		2х400	2	281,81
Залізобетонні опори				
КСПЛ	110	120	2	116,82
		240	2	125,58

Як видно з таблиць 2.21 – 2.22, дисконтовані витрати залежать від величини потужності, яку потрібно передати. Тому вибір перспективного варіанту потрібно проводити з урахуванням діапазону потужності, яка передається ПЛ різної конструкції відповідного класу напруги.

2.5. Обґрунтування вибору пріоритетного напрямку сучасних проектування повітряних ліній змінного струму

2.5.1. Вибір перспективного варіанту при ухваленні пріоритетного напрямку проектування ПЛ змінного струму

Як зазначалось раніше, одним із головних технічних чинників в перспективних альтернативах є пропускна здатність ПЛ, а також технологічні втрати потужності під час її транспортування, які залежать від перерізу проводу і потужності, що передається. А для ПЛ 330 кВ і вище обов'язково враховують і втрати на корону.

При формуванні перспективних альтернатив також взято до уваги відносні витрати на одиницю потужності, яка передається. Враховуючи, що КСПЛ конструктивно представляє дволанцюгову або багатоланцюгову ПЛ, порівняльний аналіз проведено між лініями таких конструкцій [4 - 6].

У відповідності з вищевикладеним, проведено порівняльний аналіз перспективних альтернатив з урахуванням діапазону потужності ($P_{п}$), яка передається, що дозволяє визначити перспективний варіант проектування ПЛ у відповідному класі напруги.

Результати порівняльного аналізу перспективних альтернатив представлено в таблицях 2.23 – 2.28.

Таблиця 2.23. Порівняння альтернатив напругою 110 кВ при передачі $P_{min} \leq P_{п} < 0,5(P_{max} + P_{min})$

Номер альтернативи	Пропускна здатність відн. од.	Відносні витрати на одиницю переданої потужності, відн. од.		Технологічні втрати на транспортування електричної енергії, відн. од.		Конструкція
		120 мм ²	240 мм ²	120 мм ²	240 мм ²	
1	1	3,5	3,93	0,05	0,025	Традиційна ПЛ
2	1,25	2,78	3,11	0,06	0,03	КПЛ
3	1,20	2,88	3,23	0,06	0,029	КСПЛ

Таблиця 2.24. Порівняння альтернатив напругою 110 кВ при передачі $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{п} \leq P_{max}$

Номер альтернативи	Пропускна здатність відн. од.	Відносні витрати на одиницю переданої потужності, відн. од.		Технологічні втрати на транспортування електричної енергії, відн. од.		Конструкція
		120 мм ²	240 мм ²	120 мм ²	240 мм ²	
1	1	1,75	1,97	0,1	0,05	Традиційна ПЛ
2	1,35	1,29	1,45	0,13	0,067	КПЛ
3	1,40	1,23	1,38	0,14	0,069	КСПЛ

Таблиця 2.25. Порівняння альтернатив напругою 330 кВ при передачі $P_{min} \leq P_{п} < 0,5(P_{max} + P_{min})$

Номер альтернативи	Пропускна здатність відн. од.	Відносні витрати на одиницю переданої потужності, відн. од.		Технологічні втрати на транспортування електричної енергії, відн. од.		Конструкція
		2х300 мм ²	2х400 мм ²	2х300 мм ²	2х400 мм ²	
1	1	0,56	0,65	0,023	0,017	Традиційна ПЛ
2	1,25	0,44	0,52	0,02	0,019	КПЛ
3	1,20	0,45	0,54	0,02	0,019	КСПЛ

Таблиця 2.26. Порівняння альтернатив напругою 330 кВ при передачі $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{п} \leq P_{max}$

Номер альтернативи	Пропускна здатність відн. од.	Відносні витрати на одиницю переданої потужності, відн. од.		Технологічні втрати на транспортування електричної енергії, відн. од.		Конструкція
		2х300 мм ²	2х400 мм ²	2х300 мм ²	2х400 мм ²	
1	1	0,42	0,49	0,03	0,019	Традиційна ПЛ
2	1,35	0,31	0,36	0,029	0,022	КПЛ
3	1,40	0,3	0,34	0,029	0,023	КСПЛ

Таблиця 2.27. Порівняння альтернатив напругою 750 кВ при передачі $P_{min} \leq P_{п} < 0,5(P_{max} + P_{min})$

Номер альтернативи	Пропускна здатність відн. од.	Відносні витрати на одиницю переданої потужності, відн. од.		Технологічні втрати на транспортування електричної енергії, відн. од.		Конструкція
		5х300 мм ²	5х400 мм ²	5х300 мм ²	5х400 мм ²	
1	1	0,16	0,18	0,014	0,02	Традиційна ПЛ
2	1,25	0,13	0,15	0,014	0,011	КПЛ

Таблиця 2.28. Порівняння альтернатив напругою 750 кВ при передачі $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{п} \leq P_{max}$

Номер альтернативи	Пропускна здатність відн. од.	Відносні витрати на одиницю переданої потужності, відн. од.		Технологічні втрати на транспортування електричної енергії, відн. од.		Конструкція
		5х300 мм ²	5х400 мм ²	5х300 мм ²	5х400 мм ²	
1	1	0,14	0,15	0,014	0,011	Традиційна ПЛ
2	1,35	0,10	0,11	0,016	0,012	КПЛ

В таблицях 2.23 – 2.28 жирним шрифтом відмічено кращу альтернативу, яка є перспективним варіантом ПЛ 110-750 кВ.

Для остаточного вибору перспективного варіанту проектування ПЛ 110-750 кВ використано розробки р.2. Результати визначення перспективного варіанту проектування ПЛ представлено в таблицях 2.29 – 2.34.

110 кВ	Традиційна ПЛ	$\pi'_1 = 0,80, \pi'_2 = 0,20$
	КПЛ	$\pi'_1 = 0,81, \pi'_2 = 0,19$
	КСПЛ	$\pi'_1 = 0,75, \pi'_2 = 0,25$

Таблиця 2.29. Співвідношення складових в розробленій техніко-економічній моделі ПЛ 110кВ різної конструкції при передачі $P_{min} \leq P_{II} < 0,5(P_{max} + P_{min})$

Альтернатива	Тип опор	Кількість ланцюгів/ переріз проводу	π_1	π_2	Конструкція
1	Сталева	2/120	0,91	0,09	Традиційна ПЛ
	з/б	2/120	0,88	0,12	
2	Сталева	2/120	0,86	0,14	КПЛ
	з/б	2/120	0,82	0,18	
3	Сталева	2/120	0,93	0,07	КСПЛ
	з/б	2/120	0,91	0,09	
1	Сталева	2/240	0,95	0,05	Традиційна ПЛ
	з/б	2/240	0,95	0,05	
2	Сталева	2/240	0,93	0,07	КПЛ
	з/б	2/240	0,93	0,07	
3	Сталева	2/240	0,96	0,04	КСПЛ
	з/б	2/240	0,97	0,03	

Таблиця 2.30. Співвідношення складових в розробленій техніко-економічній моделі ПЛ 110кВ різної конструкції при передачі $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{II} \leq P_{max}$

Альтернатива	Тип опор	Кількість ланцюгів/ переріз проводу	π_1	π_2	Конструкція
1	Сталева	2/120	0,72	0,28	Традиційна ПЛ
	з/б	2/120	0,65	0,35	
2	Сталева	2/120	0,58	0,42	КПЛ
	з/б	2/120	0,5	0,5	
3	Сталева	2/120	0,72	0,28	КСПЛ
	з/б	2/120	0,65	0,35	
1	Сталева	2/240	0,85	0,15	Традиційна ПЛ
	з/б	2/240	0,84	0,16	
2	Сталева	2/240	0,76	0,24	КПЛ
	з/б	2/240	0,75	0,25	
3	Сталева	2/240	0,85	0,15	КСПЛ
	з/б	2/240	0,85	0,15	

330 кВ	Традиційна ПЛ		$\pi_1'' = 0,73, \pi_2'' = 0,27$		
	КПЛ		$\pi_1'' = 0,72, \pi_2'' = 0,28$		
	КСПЛ		$\pi_1'' = 0,65, \pi_2'' = 0,35$		

Таблиця 2.31. Співвідношення складових в розробленій техніко-економічній моделі ПЛ 330кВ різної конструкції при передачі $P_{min} \leq P_{II} < 0,5(P_{max} + P_{min})$

Альтернатива	Тип опор	Кількість ланцюгів/ переріз проводу	π_1	π_2	Конструкція
1	Сталева	2/5х300	0,79	0,21	Традиційна ПЛ
2	Сталева	2/5х300	0,74	0,26	КПЛ
3	Сталева	2/5х300	0,85	0,15	КСПЛ
1	Сталева	2/5х400	0,86	0,14	Традиційна ПЛ
2	Сталева	2/5х400	0,81	0,19	КПЛ
3	Сталева	2/5х400	0,9	0,1	КСПЛ

Таблиця 2.32. Співвідношення складових в розробленій техніко-економічній моделі ПЛ 330кВ різної конструкції при передачі $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{II} \leq P_{max}$

Альтернатива	Тип опор	Кількість ланцюгів/ переріз проводу	π_1	π_2	Конструкція
1	Сталева	2/5х300	0,73	0,27	Традиційна ПЛ
2	Сталева	2/5х300	0,63	0,37	КПЛ
3	Сталева	2/5х300	0,76	0,24	КСПЛ
1	Сталева	2/5х400	0,8	0,2	Традиційна ПЛ
2	Сталева	2/5х400	0,72	0,28	КПЛ
3	Сталева	2/5х400	0,83	0,17	КСПЛ
750 кВ	Традиційна ПЛ		$\pi_1''' = 0,79, \pi_2''' = 0,21$		
	КПЛ		$\pi_1''' = 0,79, \pi_2''' = 0,21$		

Таблиця 2.33. Співвідношення складових в розробленій техніко-економічній моделі ПЛ 750кВ різної конструкції при передачі $P_{min} \leq P_{\pi} < 0,5(P_{max} + P_{min})$

Альтернатива	Тип опор	Кількість ланцюгів/ переріз проводу	π_1	π_2	Конструкція
1	Сталева	1/5х300	0,78	0,22	Традиційна ПЛ
2	Сталева	1/5х300	0,74	0,26	КПЛ
1	Сталева	1/5х400	0,83	0,17	Традиційна ПЛ
2	Сталева	1/5х400	0,8	0,2	КПЛ

Таблиця 2.34. Співвідношення складових в розробленій техніко-економічній моделі ПЛ 750кВ різної конструкції при передачі $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{\pi} \leq P_{max}$

Альтернатива	Тип опор	Кількість ланцюгів/ переріз проводу	π_1	π_2	Конструкція
1	Сталева	1/5х300	0,74	0,26	Традиційна ПЛ
2	Сталева	1/5х300	0,66	0,34	КПЛ
1	Сталева	1/5х400	0,8	0,2	Традиційна ПЛ
2	Сталева	1/5х400	0,74	0,26	КПЛ

В табл. 2.29 – 2.34 жирним шрифтом відмічено альтернативи, які максимально наближені до оптимального варіанту у відповідному класі напруги.

Результати аналізу перспективних альтернатив з урахуванням діапазону потужності (P_{π}), яка передається у відповідному класі напруги, і оптимальних варіантів представлено в таблицях 2.35 і 2.36

Таблиця 2.35. Перспективний варіант проектування ПЛ у відповідному класі напруги при транспортуванні потужності $P_{min} \leq P_{\pi} < 0,5(P_{max} + P_{min})$

Напруга ПЛ	Конструкція ПЛ
110 кВ	КПЛ
330 кВ	КПЛ
750 кВ	КПЛ

Таблиця 2.36. Перспективний варіант проектування ПЛ у відповідному класі напруги при транспортуванні потужності $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{\pi} \leq P_{max}$

Напруга ПЛ	Конструкція ПЛ
110 кВ	КСПЛ
330 кВ	КПЛ
750 кВ	Традиційна ПЛ

Проведені дослідження показали:

- при транспортуванні потужності, величина якої знаходиться в діапазоні $P_{min} \leq P_{\pi} < 0,5(P_{max} + P_{min})$ перспективним варіантом проектування ПЛ являються КПЛ (табл. 2.35);
- при транспортуванні потужності, величина якої знаходиться в діапазоні $0,5(P_{max} + P_{min}) < P_{\pi} \leq P_{max}$ перспективний варіант проектування ПЛ залежить від класу напруги (табл. 2.36).

Список використаних джерел у розділі 2

1. Ларичев О.И. Теории и методы принятия решений. / О.И. Ларичев. – М.:Логос, 2002.– 392с.
2. Беляев И.П. Основы теории принятия решений./ И.П. Беляев. – М.: МГСУ, 2005. – 375 с
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. / Т.Л. Саати — М.: Из-во ЛКИ, 2008. — 360 с.
4. Александров Г.Н. Передача электрической энергии переменным током. / Г.Н. Александров – М.: Знак, 1998. – 271 с.
5. Постолатий В.М. Управляемые электропередачи / В.М. Постолатий, Е.В. Быкова // Труды института энергетики АН Молдовы – 2007 – № 8 (23) – 234 с.
6. Барбашов И.В. Общая характеристика современных электрических систем и сетей. Учебно-методическое пособие. / И.В. Барбашов – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2003. – 124 с.
7. Чехов В.И. Экологические аспекты передачи электроэнергии. Учебное пособие. / В.И. Чехов, Г.К. Зарудский. – М.:МЭИ, 1991.– 44 с.
8. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике./ М.Я. Выгодский. – М.:Наука, 2006.– 991с.
9. Бондаренко В.О. Системний підхід передпроектної оцінки повітряних ліній в умовах ринкових відносин. / В.О. Бондаренко, Н.М. Черемісін, В.В. Черкашина. Монографія– Харків: Факт, 2013. – 259 с.
10. ГКД 340.000.001-95. Визначення економічної ефективності капіталовкладень в енергетику. Методика. (Загальні методичні положення). - К.: Міненерго України, 1995. - 34 с.
11. ГКД 340.000.002-97. Визначення економічної ефективності капіталовкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми та електричні мережі.- К.: Міненерго України, 1997.-54с.
12. ДБН В.2.5-16-99. Інженерне обладнання споруд, зовнішніх мереж. Визначення розмірів земельних ділянок для об'єктів електричних мереж, К.:Держбуд України, 1999.– 24с.

ДОДАТОК А

Блок-схема і розрахунок значень коефіцієнтів апроксимованих виразів інвестиційної складової в техніко-економічних моделях повітряних ліній змінного струму.

Приводяться алгоритм розрахунку і блок-схема апроксимації інвестиційної складової техніко-економічних моделей 1 км ПЛ різної конструкції напругою 110-750 кВ виразом aF^6 .

Апроксимація подібним чином дозволяє представити модель ПЛ у вигляді:

$$Y = \sum_{i=1}^{m_1} A_i \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_{ij}} \quad (\text{A.1})$$

Як видно з (A.1), функція мети Y не містить постійної складової A_0 , що вигідно відрізняє подібного роду побудовану техніко-економічну модель ПЛ від раніше відомих тим, що до цих моделей застосовано метод критеріального аналізу, який дозволяє апроксимувати всю модель в цілому, а не тільки змінну складову моделі, як це робилося раніше.

Для коректної постановки завдання і аналізу його критеріальним методом представлено модель ПЛ адекватною моделю, яка має вигляд:

$$Y(x) \approx \varphi(x) \quad (\text{A.2})$$

Один з шляхів реалізації (Б.2) полягає в заміні частини моделі апроксимованим виразом з достатньою мірою точності, причому в цю частину моделі повинна увійти постійна складова A_0 . Апроксимацію як окремих складових, так і цілих виразів, що входять у функцію мети необхідно виконувати тільки на множині $D = \{x: x > 0, x_\alpha \leq x_j \leq x_\beta\}$, яка є областю визначення вихідної функції мети $\varphi(x)$.

Алгоритм апроксимації інвестиційної складової техніко-економічних моделей повітряних ліній змінного струму

Як вказувалося раніше, інвестиційну складову техніко-економічних моделей ПЛ змінено апроксимуючим виразом $a_i F^{6_i}$. Значення коефіцієнтів a_i і 6_i визначено рішенням системи рівнянь, отриманих в результаті реалізації методу Гауса:

$$\frac{dR}{dA} = 0, \quad \frac{dR}{d6} = 0 \quad (\text{A.3})$$

чи

$$\begin{cases} (n+1)A + 6 \sum_{i=1}^n F_i - \sum_{i=1}^n Y_i = 0 \\ A \sum_{i=1}^n F_i + 6 \sum_{i=1}^n F_i^2 - \sum_{i=1}^n Y_i F_i = 0 \end{cases} \quad (\text{A.4})$$

де $R = \sum_{i=1}^n (Y_i - A - 6F_i)^2$

$$Y_i = \lg y_i, \quad F_i = \lg 6_i$$

Y_i - інвестиційні вкладення в проектування 1км ПЛ певного конструктивного виконання, класу напруги і типу опор;

F_i - переріз проводу.

З отриманої сукупності коефіцієнтів 6_i було вибрано середнє значення коефіцієнта $\tilde{6}$, яким є:

$$\tilde{6}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 6_i \quad (\text{A.5})$$

У відповідності з (А.5) отримано значення коефіцієнтів $\tilde{\epsilon}$ для варіантів ПЛ певного конструктивного виконання, класу напруги і типу опор було перераховано коефіцієнти a_i таким чином, щоб середня відносна похибка по варіанту була як найменша. Тобто, даний розрахунок було виконано з метою зменшення похибки апроксимації. (табл. А.1)

Таблиця А.1 Середні значення похибки апроксимації інвестиційних вкладень в ПЛ

Вид апроксимації	Середня похибка апроксимації, %		
	110 кВ	330 кВ	750 кВ
$K = a_i F^{\tilde{\epsilon}}$	1,54	2,25	2,0

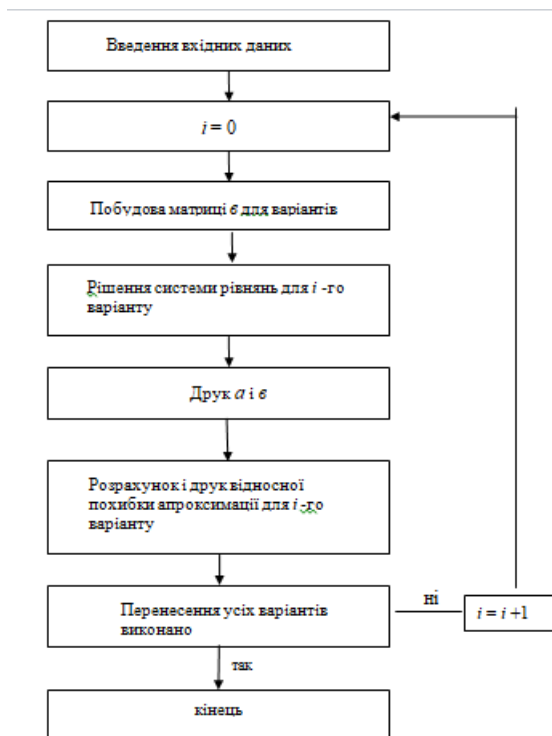


Рисунок А.1 – Блок - схема для автоматизованого розрахунку коефіцієнтів апроксимації та відносної похибки апроксимації.

На рисунку А.1 приведена блок-схема рішення задачі апроксимації розрахунку коефіцієнтів та відносної похибки апроксимації. Розрахунок згідно данної структурної блок – схеми виконувався за допомогою прикладної програми ПЕОМ Mathcad.

В таблицях А.2 – А.6 приведено інвестиційну складову техніко-економічних моделей в проектування 1 км ПЛ певного конструктивного виконання, класу напруги і типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a_i і ϵ_i .

Таблиця А.2. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 110 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол. / км

U, кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\epsilon}$	Коефіцієнти	
					a	ε
110	120	1	70,93	70,88	35,59	0,144
	240	1	78,38	78,41		
	120	2	104,40	104,59	47,18	0,166
	240	2	117,15	116,75		

Таблиця А.3. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 330 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол. / км

U, кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\epsilon}$	Коефіцієнти	
					a	ε
330	2х300	1	131,46	131,49	14,96	0,381
	2х400	1	146,70	146,64		
	2х300	2	201,73	201,75	9,98	0,527
	2х400	2	234,73	234,63		

Таблиця А.4. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 750 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол. / км

U, кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\epsilon}$	Коефіцієнти	
					a	ε
750	5х300	1	367,29	368,71	81,94	0,263
	5х400	1	396,21	395,44		

Таблиця А.5. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 110 кВ, яку виконано на залізобетонних опорах, тис.дол. / км

U, кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^a$	Коефіцієнти	
					a	b
110	120	1	58,53	58,557	29,22	0,145
	240	1	64,74	64,715		
	120	2	76,20	76,183	6,79	0,505
	240	2	108,10	108,113		

Таблиця А.6. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 330 кВ, яку виконано на залізобетонних опорах, тис.дол. / км

U, кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^a$	Коефіцієнти	
					a	b
330	2х300	1	124,37	123,96	36,27	0,216
	2х400	1	132,36	132,95		

В таблицях А.7 – А.9 приведені інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ певного конструктивного виконання, класу напруги, і типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a_i і $\tilde{b}$. В таблицях А.10 – А.12 приведені значення коефіцієнтів апроксимації a_i і $\tilde{b}$ та середня похибка по варіантам апроксимації

Таблиця А.7. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 110 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{b}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{b}$
110	Сталева	120	1	70,93	70,95	22,49	0,24
		240	1	78,38	78,33	21,03	
		120	2	104,40	104,37	33,08	
		240	2	117,15	117,18	31,44	
	Залізобетонна	120	1	58,53	58,56	18,56	
		240	1	64,74	64,72	17,37	
		120	2	76,20	76,17	24,14	
		240	2	108,10	108,13	29,02	

Таблиця А.8. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 330 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{b}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{b}$
330	Сталева	2х300	1	131,46	131,44	15,93	0,37
		2х400	1	146,70	146,76	15,99	
		2х300	2	201,73	201,75	24,45	
		2х400	2	234,73	234,68	25,57	
	Залізобетонна	2х300	1	124,37	124,33	15,07	
		2х400	1	132,36	132,44	14,43	

Таблиця А.9. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км ПЛ 750 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{b}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{b}$
750	Сталева	5х300	1	367,29	367,23	83,35	0,26
		5х400	1	396,21	396,23	83,43	

Таблиця А.10. Значення коефіцієнтів апроксимації та середня похибка апроксимації для ПЛ 110 кВ

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Коефіцієнти		$\delta, \%$
				a'	$\tilde{b}$	
110	Сталева	120	1	22,42	0,24	1,0
		240	1	21,12		2,5
		120	2	33,08		1,5
		240	2	31,5		1,5
	Залізобетонна	120	1	18,56		1,5
		240	1	17,37		1,0
		120	2	24,14		1,5
		240	2	29,08		1,5

Таблиця А.11 Значення коефіцієнтів апроксимації та середня похибка апроксимації для ПЛ 330 кВ

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Коефіцієнти		δ, %
				a'	$\tilde{b}$	
330	Сталева	2х300	1	15,93	0,37	1,0
		2х400	1	15,99		3,0
		2х300	2	24,45		1,0
		2х400	2	25,57		2,5
	Залізобетонна	2х300	1	15,07		2,0
		2х400	1	14,43		4,0

Таблиця А.12. Значення коефіцієнтів апроксимації та середня похибка апроксимації для ПЛ 750 кВ

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Коефіцієнти		δ, %
				a'	$\tilde{b}$	
750	Сталева	5х300	1	83,37	0,26	3,0
		5х400	1	83,44		1,0

Представлені вище результати розрахунку коефіцієнтів апроксимації інвестиційних вкладень виконано для ПЛ традиційної конструкції.

Аналогічно проведено розрахунок коефіцієнтів апроксимації інвестиційних вкладень для КСПЛ і КПЛ. Оскільки КСПЛ конструктивно представляє дволанцюгову ПЛ, то для коректного аналізу було проведено порівняння КСПЛ з дволанцюговими лініями інших конструкцій. Враховуючи це, розрахунок коефіцієнтів апроксимації інвестиційних вкладень в КСПЛ і КПЛ проведено для дволанцюгових ПЛ відповідного класу напруги.

В таблицях А.13 – А.16 приведено інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ певного конструктивного виконання, класу напруги, і типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації.

Таблиця А.13. Значення коефіцієнтів апроксимації a_i і b_i та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ 110 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол./км

U, кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^b$	Коефіцієнти	
					a	b
110	120	2	103,24	103,54	46,2	0,168
	240	2	115,96	115,93		

Таблиця А.14. Значення коефіцієнтів апроксимації a_i і b_i та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ 110 кВ, яку виконано на залізобетонних опорах, тис.дол. / км

U, кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^b$	Коефіцієнти	
					a	b
110	120	2	76,0	75,94	7,21	0,492
	240	2	106,9	106,91		

В таблиці А.15 приведені інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ 110 кВ певного типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a' і $\tilde{b}$.

Таблиця А.15. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ 110 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'F^{\tilde{b}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{b}$
110	Сталева	120	2	103,24	103,54	21,33	0,33
		240	2	115,96	115,93	18,99	
	Залізобетона	120	2	76,0	75,94	15,85	
		240	2	106,9	106,91	17,52	

В таблиці А.16 приведені інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ 330 кВ певного типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a' і $\tilde{b}$.

Таблиця А.16. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КСПЛ 330 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол./км

U,кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\tilde{e}}$	Коефіцієнти	
					a'	$\tilde{e}$
330	2х300	2	199,37	199,33	9,16	0,54
	2х400	2	233,1	233,11	9,17	

В таблицях А.17 – А.20 приведені інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ певного конструктивного виконання, класу напруги і типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a_i і $\tilde{e}_i$.

Таблиця А.17. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 110 кВ, яку виконано на залізобетонних опорах, тис.дол. / км

U,кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\tilde{e}}$	Коефіцієнти	
					a	$\tilde{e}$
110	120	1	58,13	58,14	28,91	0,146
	240	1	64,34	64,32		
	120	2	76,77	76,7	7,389	0,489
	240	2	107,73	107,77		

Таблиця А.18. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 330 кВ, яку виконано на залізобетонних опорах, тис.дол. / км

U,кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\tilde{e}}$	Коефіцієнти	
					a	$\tilde{e}$
330	2х300	1	123,5	122,73	35,02	0,22
	2х400	1	131,61	131,63		

Таблиця А.19. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 110 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол./км

U,кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\tilde{e}}$	Коефіцієнти	
					a	$\tilde{e}$
110	120	1	70,45	70,47	35,2	0,145
	240	1	77,98	77,92		
	120	2	104,01	103,99	46,75	0,167
	240	2	116,75	116,76		

Таблиця А.20. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 330 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол./км

U,кВ	Перетин проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K_i = aF^{\tilde{e}}$	Коефіцієнти	
					a	$\tilde{e}$
330	2х300	1	130,6	130,3	14,7	0,383
	2х400	1	145,8	145,9		
	2х300	2	200,1	200,0	9,04	0,543
	2х400	2	233,95	234,0		

Таблиця А.21. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 750 кВ, яку виконано на сталевих опорах, тис.дол./км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F^{\tilde{e}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{e}$
750	Сталева	5х300	1	366,5	366,51	83,18	0,26
		5х400	1	395,4	395,05		

В таблицях А.22 – А.24 приведені інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ відповідного класу напруги і типу опор та значення коефіцієнтів апроксимації a_i і $\tilde{e}$.

Таблиця А.22. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 110 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F_i^{\tilde{\epsilon}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{\epsilon}$
110	Сталева	120	1	70,5	70,52	23,45	0,23
		240	1	104,01	103,96	29,47	
		120	2	77,98	78,02	25,94	
		240	2	116,75	116,7	33,08	
	Залізобетонна	120	1	58,13	58,14	19,33	
		240	1	76,77	76,76	21,76	
		120	2	64,33	64,3	21,38	
		240	2	107,73	107,76	30,55	

Таблиця А.23. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 330 кВ, тис.дол. / км

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F_i^{\tilde{\epsilon}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{\epsilon}$
330	Сталева	2х300	1	130,6	130,3	14,92	0,38
		2х400	1	145,8	145,9	14,97	
		2х300	2	200,1	200,0	22,89	
		2х400	2	233,95	234,0	24,02	
	Залізобетонна	2х300	1	123,5	122,73	14,05	
		2х400	1	131,62	131,65	13,51	

Таблиця А.24. Значення коефіцієнтів апроксимації та інвестиційні вкладення в проектування 1 км КПЛ 750 кВ, тис.дол. / км.

U, кВ	Тип опор	Переріз проводу, мм ²	Кількість ланцюгів	Загальна вартість	$K'_i = a'_i F_i^{\tilde{\epsilon}_i}$	Коефіцієнти	
						a'	$\tilde{\epsilon}$
750	Сталева	5х300	1	366,5	366,51	83,19	0,26
		5х400	1	395,4	395,05	83,2	

Сведения об авторах



Черемисин Николай Михайлович, профессор, кандидат технических наук, профессор кафедры электроснабжения и энергетического менеджмента Национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенка (Украина), cheremisin.energy@rambler.ru

Основатель и руководитель научной школы: "Методы и средства повышения эффективности управления и транспорта электрической энергии в электрических сетях".

Автор более 150 научных публикаций, более 30 авторских свидетельств СССР и патентов Украины



Черкашина Вероника Викторовна, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры передачи электрической энергии Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (Украина), cherk34@rambler.ru

Научное направление «Модели и методы технико-экономического анализа воздушных линий электропередачи. Перспективы развития воздушных линий переменного тока».

Автор более 80 научных трудов.

Раздел 5

Вопросы

энергетической безопасности

СИСТЕМА ИНДИКАТОРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОЛДОВЫ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЕЁ МОНИТОРИНГА

Быкова Е.В., Кириллова Т.И.
Институт энергетики АНМ

Введение

«Энергетическая безопасность—это состояние защищенности страны,(группы стран, региона и т.д.) ее граждан, общества, государства (объединения государств, региона и т.д.) от угрозы дефицита в обеспечении потребностей в энергии экономически доступными топливно-энергетическими ресурсами приемлемого качества в нормальных условиях и при чрезвычайных ситуациях, а также от угрозы нарушения стабильности энергоснабжения», [1].

Целью исследований в области энергетической безопасности Республики Молдова является разработка методических подходов к анализу и мониторингу энергетической безопасности, прогнозированию перспективного состояния с учетом имевшейся ретроспективы и разработке мероприятий и рекомендаций по обеспечению и повышению энергетической безопасности.

Работы по теме ведутся несколько лет и включили ряд этапов по развитию методических подходов. Рассматривалось использование разных систем индикаторов - первоначальной (24), расширенной (41), отраслевой (19), ключевых индикаторов (10), систем для анализа экономической безопасности (28) и экологической (12, 19, 40 индикаторов) безопасности. На текущий момент общая система для анализа энергетической безопасности включает 46 индикаторов. Разделы по экономической и экологической безопасности выделены в отдельные направления и являются дополнительными при исследованиях вопросов энергетической безопасности. Объектом исследования является топливно-энергетический комплекс (ТЭК) страны и национальная энергетическая система.

1.Краткое описание ТЭК Молдовы

В Правобережном регионе имеется 3 ТЭЦ (240, 66, 24 МВт), блок-станции сахарных заводов суммарной мощностью 97,5 МВт, Костештская ГЭС(16 МВт) на пограничной с Румынией реке Прут; в Левобережной части находится самый крупный энергообъект – Молдавская ГРЭС (2520 МВт) и Дубоссарская ГЭС (48 МВт) на реке Днестр. В последние годы построены дополнительные когенерационные мощности в суммарном объеме 36 МВт в Левобережье.

Производство электроэнергии собственными источниками Правобережья составляет 1,016 млрд. кВт.ч (2011),или на душу населения-1,17 тыс. кВт.ч в год (2011). В 2013 г. производство электроэнергии в Правобережье составило 895 млн. кВт.ч.

Покрытие баланса в Правобережье осуществляется от собственных источников (на 1/3) и за счет импорта.

Общий импорт электроэнергии в Правобережье имел место из Украины (2008-2009) в объемах - 2,8-2,9 млрд. кВт.ч, а с 2009 г. - от МГРЭС в количестве 2,9; 3; 2,4 млрд. кВт.ч (2009-2011). В 2013 году поставки электроэнергии в Правобережье в тех же объемах осуществлялись и из Украины и от Молдавской ГРЭС примерно в одинаковых объемах. Загрузка Молдавской ГРЭС составляет менее трети ее установленной мощности, и имеется большой потенциал для экспорта электроэнергии. Экспорт в Румынию осуществляется нерегулярно и в небольших объемах.

Потребление электроэнергии в Молдове в 2012 году составило 5,793 млрд кВт*ч, в том числе в Правобережье 4216 млн. кВт.*ч. Потребление топлива в последние 10 лет было на уровне 3 млн тут, из них природный газ составляет 46-52%. Собственные ресурсы (древесина и сельскохозяйственные отходы, гидроэнергия в малых объемах) использовались на уровне 90-100 тыс. тут,[3].

Для оценки энергетической безопасности используется *методология индикативного анализа*. Её суть состоит в оценке степени кризисности каждого индикатора из сформированной системы индикаторов путём сравнения его текущих значений с кризисными (пороговыми). Пороговые величины разделяют границей оцениваемое состояние объекта на нормальное или кризисное. При этом используются шкалы кризисности, которые разрабатываются для каждого индикатора отдельно на основе пороговых значений.

Помимо кризисного интервала, на шкалах выделен предкризисный интервал. Каждый из них дополнительно может быть разделен на участки по степени утяжеления ситуации.

Для РМ рассматривались варианты равномерной шкалы с тремя интервалами, неравномерной шкалы, но в конечном итоге была выбрана равномерная шкала с 8 интервалами, [2,4].

Каждый интервал имеет наименование для качественной оценки с соответствующим баллом (нормальное состояние – 1 балл, предкризисное с дополнительными зонами -2-4 балла, кризисное с дополнительными участками ухудшения -5-8 баллов).

Ключевыми моментами являются пороговые кризисные значения, которые приняты экспертными в литературе [1-2], сделан ряд попыток перейти к расчетным величинам. В ИЭ АНМ предложен метод функциональных взаимосвязей, который позволяет вычислять пороговые значения индикаторов в зависимости только от одного задаваемого наперед индикатора - уровня ВВП. Это позволило снизить субъективный фактор, [4].

2. Система индикаторов

На текущий момент система включает 46 индикаторов, отражающих сектора:

- топливоснабжения (собственные ТЭР и импорт ТЭР);
- электроснабжение (производство, распределение, импорт и потребление);
- теплоснабжение (производство на централизованных и децентрализованных источниках, потребление);
- экономические показатели и эффективность (тарифы, задолженности, энергоёмкость и электроёмкость ВВП);
- структуру энергосистемы (установленные мощности генерирующих источников, пропускные способности ЛЭП, уровень износа оборудования);
- социальные аспекты (численность работающих в отрасли, уровень зарплат, численность выпускников инженеров-энергетиков).

Индикаторы структурированы по 10 блокам по этапам энергоснабжения потребителей «топливо-преобразование в энергию- конечное потребление», [4,6]. В каждом блоке имеются ключевые индикаторы, на базе которых может выполняться экспресс-анализ.

Система индикаторов сформирована на основе свойств больших систем, в том числе учтены: иерархичность; динамичность (в момент времени); наличие подсистем; эффективность, надежность, многокритериальность при оценке эффективности; способность к адаптации.

Она также отражает наиболее существенные характеристики и производственные возможности энергосистемы - обеспеченность ТЭР, гибкость, маневренность; разнообразие структуры; централизацию и концентрацию; состояние оборудования, надежность; управляемость; связи с другими системами; резервные возможности; взаимодействие с окружающей средой.

Реализация методологии индикативного анализа для большого числа индикаторов потребовала разработки вычислительного комплекса. Эта работа была начата несколько лет назад и включила несколько этапов по совершенствованию структуры, наполненности, математической базы. На текущий момент в существующей версии также имеются незавершенности, но она уже позволяет выполнять основные задачи анализа и мониторинг, а именно:

- 1) систематизацию первичных данных (база данных в Excel и Access);
- 2) расчет текущих значений индикаторов;
- 3) расчет пороговых значений и балльной оценки состояния каждого индикатора, а также итогового уровня энергетической безопасности;
- 4) моделирование описывающих кривых и прогнозирования значений индикаторов;

- 5) моделирования угроз (сценарии);
- 6) мониторинг основных макроэкономических показателей, необходимых для общего отражения ситуации в экономике или связанных с энергетикой;
- 7) мониторинг выбросов загрязнителей от энергетической отрасли для 30 веществ по двум методологиям, используемых при подготовке Национальных Инвентарей по выбросам - Межправительственной Группы Экспертов по Изменению Климата и Европейской Программы Мониторинга и Оценки Трансграничных Выбросов «European Monitoring and Evaluation Program» (ЕМЕР).

При дальнейшем совершенствовании вычислительного комплекса планируются к решению следующие задачи: а) доработка модуля по экономической безопасности; б) расширение модуля по экологической безопасности (загрязнения не только атмосферы, но и гидро-, литосферы; в) разработка специального модуля и программы VBA Excel по анализу взаимосвязей индикаторов; г) картирование обеспеченности топливом по районам, уровней выбросов от точечных и площадных источников загрязнений, уровней энергетической безопасности для правобережного и левобережного регионов и др. Модули построены таким образом, чтобы задействовать общую базу данных.

При исследованиях по энергетической безопасности приходится выполнять ряд параллельно осуществляемых работ, а именно:

- 1) по развитию математической базы;
- 2) по разработке и расширению вычислительного комплекса;
- 3) по развитию базы данных;
- 4) по мониторингу текущих значений индикаторов и итоговой оценки;
- 5) по моделированию угроз и прогнозированию;
- 6) по расчету загрязнителей;
- 7) по решению текущих задач анализа в связи с новыми угрозами или появлением дополнительных данных;

3. Структура вычислительного комплекса

Стартовая страница вычислительного комплекса позволяет перейти к базе первичных данных (входной информации) и каждому блоку (расчетная выходная информация), имеется ряд других возможностей (рис.1).



Рис. 1. Стартовая страница вычислительного комплекса

Входная информации систематизирована в группе одинаковых для каждого года по структуре файлов «в» содержит информацию по секторам - топливному, электро- и теплоэнергетическому, а также общеэкономическую (рис.2).

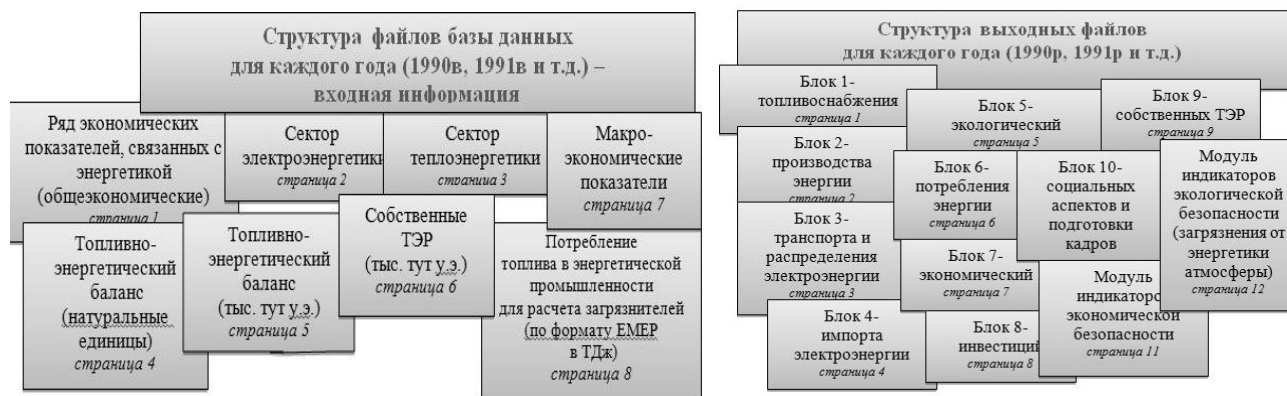


Рис. 2. Структура файлов входной и выходной информации

Выходная информация сосредоточена также в группе одинаковых для каждого года по структуре расчетных файлов «р», в которых вычисляются фактические значения всех индикаторов в текущий год, балльная оценка состояния с использованием таблицы пороговых значений. Далее информация для всех лет систематизируется в двух обобщающих файлах в виде рядов данных (уже имеются для 23 лет).

Полученные балльные оценки по каждому блоку из расчетных файлов используются в отдельном файле расчета итоговой балльной оценки по улучшенной формуле, которая учитывает равнозначность индикаторов и дополнительные коэффициенты, отражающие ограничения по доступу к электроэнергии, теплоэнергии и топливу. В этом файле строятся кривые уровня энергетической безопасности (рис. 3).

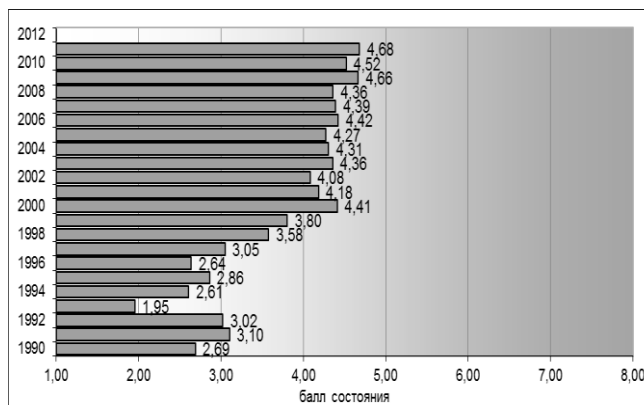


Рис.3. График итогового уровня энергетической безопасности



Рис.4. График динамики изменения индикатора производства электроэнергии за 15 лет

4.Задачи, которые позволяет решать вычислительный комплекс

При мониторинге каждого индикатора осуществляется дополнение графика точкой за текущий год (рис. 4), и вся система ежегодно обновляется и дополняется.

Ряды данных позволяют выполнить моделирование их в виде описывающих функций и прогнозирование для нескольких лет вперед (рис.5). Это осуществляется с помощью специального программного модуля „COMOD”, который позволяет построить моделирующие кривые четырех видов,[5].

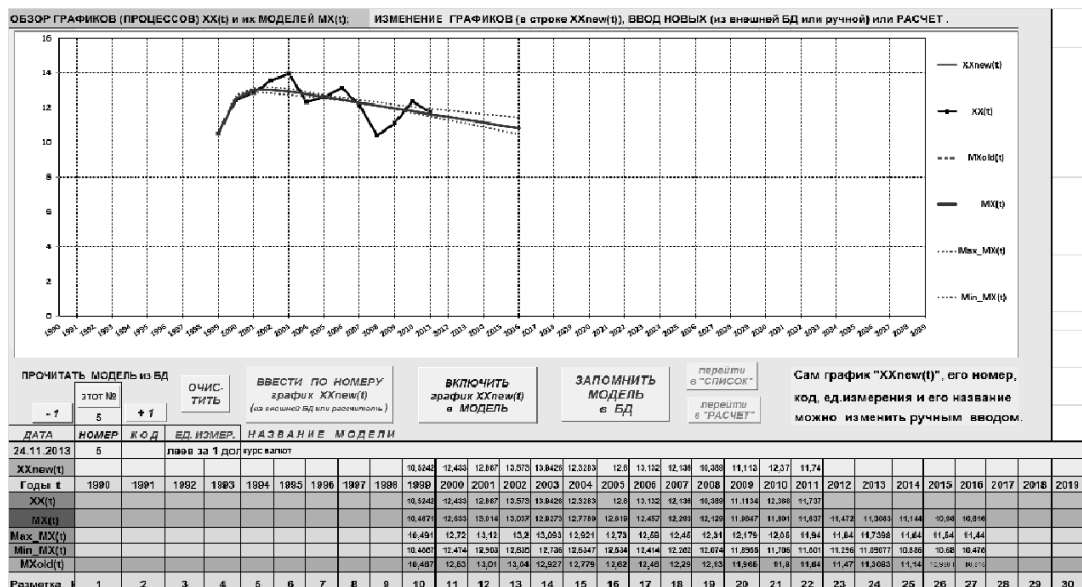


Рис. 5. Моделирующая функция с прогнозируемым участком

С помощью приложения «Сценарии» промоделированы ситуации при наступлении наиболее тяжелых случаев в энергосистеме - отключения системообразующих ЛЭП и основных генерирующих источников (рассмотрены группы сценарии с определенным шагом утяжеления).

Полученные уровни итоговой балльной оценки и общего уровня энергетической безопасности по каждой группе сценариев показывают чрезвычайное кризисное состояние при наступлении рассмотренных угроз (рис. 6). Важным итогом этого анализа является требование по недопущению развития таких угроз в действительности.



Рис.6. Итоговые уровни безопасности для группы сценариев, связанных с ограничением импорта электроэнергии

За предшествующий период были выполнены исследования для различных отдельных факторов в методическом плане и в практическом использовании результатов анализа энергетической безопасности, в том числе:

- 1) построены регрессионные описывающие зависимости для индикаторов и найдены корреляционные коэффициенты, выявлены наиболее влияющие индикаторы в группах с помощью аппарата множественной регрессии;

- 2) разработана расчетная модель с реализацией метода скаляризации для выявления наиболее влияющих индикаторов в блоках;
- 3) для ряда групп индикаторов построены описывающие поверхности;
- 4) выполнен анализ допустимости операций по шкалам кризисности;
- 5) разработан метод функциональных взаимосвязей, позволяющий снизить элемент субъективности, присущий методу экспертных пороговых значений;
- 6) предложена улучшенная формула обобщающей оценки уровня безопасности;
- 7) выполнен ряд других исследований в рамках тематики (исследование тарифов, затрат на ТЭР населения, разработаны индикаторы для ранее не рассмотренного сектора децентрализованного теплоснабжения, выявлены неиспользуемые возможности экономии топлива на ТЭЦ, которые зависят только от организационных мероприятий и др);
- 8) постоянно ведется работа по совершенствованию базы данных, в 2014 году собраны данные для создания модуля по левобережному региону;
- 9) база данных ведется в двух вариантах – Excel , Access.
- 10) выполнен анализ текущего состояния по внедрению объектов ВИЭ в стране;

Результаты этих работ позволили высветить ряд проблем и скрытых угроз, которым ранее не уделялось внимания.

В целом проводимые исследования сформировали новый взгляд в обществе на энергетику и требования к ней. Обеспечение и повышение энергетической безопасности отмечено во всех документах в области энергетики в качестве одной из главных целей - Энергетической стратегии Республики Молдова до 2020 года и до 2030 года, Законе об энергетике, Законе об охране атмосферного воздуха, Законе о газе, Законе об электроэнергии, Законе о тепловой энергии (Проект), Законе о ВИЭ, Стратегии ВИЭ (Проект), Законе об энергосбережении, Регламенте по теплоснабжению Кишинёва и других населённых пунктов; Законе, Программе и Плана действий по энергоэффективности (2013), Постановлении Правительства №141 о создании системы энергетической статистики (2014).

Заключение

Вычислительный комплекс, разрабатываемый в Институте энергетики АН Молдовы для анализа и мониторинга энергетической безопасности, может служить полезным инструментом для лиц, принимающих решения при управлении отраслью.

Литература

- 1.Бушуев В.В., Воропай Н.И., Мастепанов А.М., Шафраник Ю.К. и др. Энергетическая безопасность России//Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998.302 с.
- 2.Благодатских В.Г, Богатырев Л.Л., Бушуев В.В., Воропай Н.И.и др. Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов России//Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 1998 г. 195 с.
- 3.Топливо-энергетический баланс за 2013 г. Национальное Бюро статистики, www.statstica.md.
- 4.Быкова Е.В. Методы расчета и анализ показателей энергетической безопасности (на примере энергосистемы Молдовы)//Монография, Кишинев, Типография АН РМ, 158 с.,2005. Серия «Энергетическая безопасность», книга №2.
- 5.Гродецкий.М.В , Быкова Е.В. Модели взаимных связей индикаторов в программном комплексе анализа и мониторинга энергетической безопасности//Сборник трудов Конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов» 29 – 31 мая 2013 г. г. Благовещенск, Амурская область. с.437-442. ISBN 978-5-93493-154-5.
- 6.Быкова Е.В. Методология анализа энергетической безопасности//Сборник научных статей «Современная наука», 2013, №3(5), с.138-145.

Статья опубликована в сборнике трудов 2014 международного научного семинаре им. Ю.Н. Руденко «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», 86 заседание 30 июня – 4 июля 2014 г. в г. Санкт-Петербург, тема: «Надежность либерализованных систем энергетики».

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД УСЛОВНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

М.В. Гродецкий

Институт энергетики АН Молдовы

Реферат. Рассмотрен метод условного нелинейного математического программирования UniMin для унимодальных целевых функций при большом (очень большом) числе ограничений типа линеаризованных равенств, представленных системой уравнений со слабо заполненной матрицей коэффициентов. Ограничения неравенств и плохо линеаризуемые равенства учитываются штрафами. Метод не очень чувствителен к нарушениям гладкости в целевой функции. В его основу положен геометрический подход – последовательное понижение размерности пространства оптимизации построением дополнительных условий равенства в виде плоскостей, секущих поверхности уровня целевой функции. Для работы с исходными и дополнительными равенствами используется схема Гаусса.

Ключевые слова: Нелинейное математическое программирование, большое число ограничений равенства, штрафные функции неравенств.

1. ВВЕДЕНИЕ

Во многих приложениях требуется решать в пространстве $\mathbf{R}^n$ математические задачи нахождения минимума (максимума) непрерывных функций с большим (или очень большим) числом переменных и ограничений типа равенства.

Для таких задач наиболее успешным является метод линейного программирования. Но часто целевые функции линеаризуются плохо или в принципе не могут быть линеаризованы и их решение линейным программированием не очень удобно.

В таких случаях применяется метод, сводящий с помощью модифицированной функции Лагранжа условную оптимизационную задачу к безусловной [1, 2, 3, 4]. В данной работе описан несколько отличающийся метод условной нелинейной оптимизации [5], также предназначенный для задач с большим числом ограничений.

В его основу положен геометрический подход. Ограничения типа линейных (линеаризованных) равенств уже ограничивают размерность пространства оптимизации. Дальнейшее последовательное понижение размерности до 1 производится построением дополнительных условий равенства в виде плоскостей, секущих поверхности уровня целевой функции.

Только ограничения типа неравенства включаются в целевую функцию по методу внешних квадратичных штрафных функций, к которым добавляются абсолютные штрафные функции, хотя и нарушающие на границе гладкость целевой функции, но зато для точности соблюдения ограничений не требующие увеличения штрафных коэффициентов.

К полезным качествам метода можно отнести успешность решения овражных функций и малую чувствительность к нарушениям гладкости целевой функции. Метод использует градиенты целевой функции, так что по принятой классификации относится к методам первого порядка. Но для многих задач сходится не хуже методов второго порядка, а для задач квадратичного программирования – теоретически за одну итерацию при гипотетических расчетах без округлений.

Идеальной задачей для описанного здесь метода является задача минимизации выпуклой целевой функции при ограничениях линейными равенствами. В случае унимодальной функции каждая итерация работает в той её части, которую можно рассматривать как выпуклую и находит условный минимум на некоторой условной границе, превращающей участок унимодальной функции в выпуклый.

При нелинейных ограничениях равенства требуются дополнительные процедуры линеаризации и последовательность решений линеаризованных задач.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В пространстве $\mathbf{R}^n$ заданы допустимая область $\mathbf{D}$ и унимодальная функция $f(X)$ размерности n или меньше. Требуется найти её минимум в заданной области

$$f(X^*) = \min_X f(X), \quad X \in D. \quad (1)$$

Область $\mathbf{D}$ задана системами из m равенств, в общем случае нелинейных

$$r_i(X) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m < n \quad (2)$$

и из произвольного числа p неравенств, также в общем случае нелинейных

$$q_j(X) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p. \quad (3)$$

Неравенства (3) учитываются с помощью внешних штрафных функций, так что исходная целевая функция (1) принимает модифицированный вид

$$F(X) = f(X) + C \cdot \sum_{j=1}^p (1 + q_j(X)) \cdot q_j(X) \cdot \delta_j. \quad (4)$$

$$\text{где } \delta_j = \begin{cases} 0 & \text{при } q_j(X) \leq 0 \\ 1 & \text{при } q_j(X) > 0 \end{cases}.$$

Коэффициент штрафа C может быть общим и не требующим итерационного подбора. Будет ли функция (4) унимодальной, зависит от конкретной задачи. Хотя на границе ограничений функция (4) и становится негладкой, предлагаемый метод минимизации к этому может оказаться нечувствительным. Но если в какой-то задаче решение и не получается, можно применить проверенный метод модифицированной функции Лагранжа [3].

Предлагаемый метод оптимизации требует линейности ограничений равенства (2). Если это не так, то требуются дополнительные процедуры линеаризации и последовательность решений линеаризованной задачи. Чтобы этот процесс не затягивался, можно очередную линеаризованную задачу не доводить до полного решения. Сильно нелинейные равенства можно переводить в штрафные функции, включая их в формулу (4).

Далее подробно описывается собственно способ UniMin, решающий только базовую задачу минимизации унимодальной функции

$$F(X^*) = \min_X F(X), \quad X \in \bar{D}, \quad (5)$$

где область $\bar{D}$ задана только системой из m линейных уравнений

$$\bar{r}_i(X) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

3. МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ UniMin

Как уже было сказано, в основу предлагаемого метода условной нелинейной оптимизации унимодальной целевой функции (5) при системе линейных уравнений (6) положен геометрический подход. Равенства (6) уже ограничивают размерность пространства оптимизации. Дальнейшее его последовательное понижение до размерности 1 производится построением дополнительных условий равенства в виде плоскостей, секущих поверхности уровня целевой функции. Для работы с исходными и дополнительными линейными равенствами используется схема

Гаусса. В принципе метод Ньютона безусловной оптимизации тоже основан на идее секущих поверхностей – частных производных, приравненных нулю, и их последовательной линеаризации (Гессиян).

Вопрос в том, как строить эти поверхности. Возможно, между методом UniMin и методами Ньютона и сопряженных направлений можно найти некоторую связь. Метод UniMin использует плоскости, секущие поверхности уровня целевой функции. В качестве нормали этих плоскостей берется разность градиентов в двух точках поверхности уровня, взятых на выпуклой её части, а точка, через которую проводится плоскость, находится как минимум целевой функции на отрезке между этими точками. При этом обе эти точки (и найденная точка минимума между ними) лежат в подпространстве, ограниченном равенствами (6) и уже построенными ранее секущими плоскостями.

Сходимость обеспечивается тем, что точка минимума отрезка задает новую поверхность уровня, внутреннюю к предыдущей поверхности. Таким образом, весь процесс условной минимизации состоит в следующем. Сначала размерность пространства поиска сужается линейными равенствами (6), а затем проводится серия итераций, в каждой из которых последовательным построением секущих плоскостей продолжается сужение пространства поиска и уменьшение его размерности от $n - m$ до 1. Итерации прекращаются, когда решение найдено с заданной точностью. Особенностью метода UniMin является то, что большое число линейных ограничений не усложняет, а наоборот, облегчает оптимизацию, уменьшая размерность пространства, в котором идет оптимизация, с n до $n - m$.

Решение задач с нелинейными ограничениями (2) непосредственно в метод UniMin не входит. В этом случае строится внешний цикл, вычисляющий решение уравнений (2) и подходящую их линейную аппроксимацию (6) и дающий для процедуры UniMin исходную точку X^0 , в которой значение (5) не ухудшается. И здесь критерий окончания – дальнейшее улучшение (5) меньше заданной величины.

Все необходимые операции в линейном пространстве R^n обеспечиваются методом Гаусса [6]. Используется программа, работающая со слабо заполненной матрицей коэффициентов уравнений. В ней при последовательном задании уравнений (секущие плоскости вычисляются последовательно) строятся верхняя и нижняя треугольные матрицы U и L (L - для пересчета правых частей, U - для обратных подстановок). С их помощью решаются и системы уравнений, и находятся необходимые в процессе расчета вектора (об этом ниже). Эти вектора лежат в подпространстве, определенном уже включенными в матрицы U и L равенствами.

Алгоритм метода UniMin

Предполагается, что система уравнений (6) уже решена и в точке X^0 найдено одно из множества возможных её решений. В обеих матрицах U и L первые верхние m строк уже заполнены и они остаются неизменными в течение всего решения. Остальные $k = n - m$ строк (кроме последней) перезаполняются при каждой итерации.

Решение задачи (5) при линейности (6) состоит из цикла однотипных итераций, оканчивающегося при достижении заданной точности, когда две последовательные итерации дают улучшение минимума меньше, чем на величину ε . Номер текущей итерации обозначается верхним индексом i .

Итерация состоит из $k - 1$ однотипных шагов. Номер текущего шага обозначается нижним индексом j .

В каждом j -м шаге i -й итерации используется **рабочая поверхность уровня**

$$\varphi_j^i(X) = \Phi_j^i, \quad X \in R^n. \quad (7)$$

Для первой итерации берется уровень рабочей поверхности несколько больший (например, на 100ε), чем значение целевой функции в исходной точке X^0 .

Сущность каждой итерации состоит в построении $k - 1$ пересекающихся плоскостей α_j , ($j = 1, 2, \dots, k - 1$), секущих рабочие поверхности уровня (7). Останется отрезок прямой (поэтому не надо заполнять последнюю строку матриц). На нем ищется точка X_k^i , в которой достигнут минимум в этой итерации

$$F_k^i = F(X_k^i). \quad (8)$$

Сущность каждого j -го шага состоит в определении следующей рабочей поверхности для $j + 1$ -го шага, уровень которой ниже уровня исходной рабочей поверхности (7). Спуском из исходной рабочей точки X_j^i находится точка минимума шага X_{j+1}^i . Плоскость α_j проходит через эту точку и строится таким описанным далее способом, что проходит близко от точки условного минимума. Она добавляется в матрицу U , что ведет к понижению размерности пространства оптимизации с $n - m - j + 1$ до $n - m - j$.

Уровень новой рабочей поверхности спускается (не до конца) к значению целевой функции в точке минимума шага X_{j+1}^i

$$F(X_{j+1}^i) < \Phi_{j+1}^i < \Phi_j^i. \quad (9)$$

Формально j -й шаг i -й итерации можно записать следующим образом. Из заданной исходной точки X_j^i , лежащей внутри поверхности (7), проводится «зондирование» целевой функции в оставшемся еще свободном от ограничений пространстве. В нем, ограниченном m равенствами (6) и $j - 1$ секущими плоскостями α_j , вычисляется направление «зондирования» - вектор V . Выбор направления очень важен, от него зависит качество «зондирования». Предлагается его вычислять обратной подстановкой в матрицу U нулевых значений правых частей и нулевых же значений оставшихся ещё независимыми переменных, кроме одной (в принципе, произвольной), равной единице. При таком методе на практике получаются удовлетворительные результаты, например, лучше, чем случайные направления. Через исходную точку X_j^i в направлении V проводится прямая линия (естественно, она получается в ограниченном пространстве, так как в нем находится точка X_j^i). По этой прямой производится одномерный спуск (при унимодальной целевой функции на ней может оказаться несколько локальных минимумов, тогда следует брать ближайший). Найденная точка минимума будет исходной рабочей точкой следующего шага X_{j+1}^i . Кроме того, на этой прямой ищутся еще две вспомогательные точки X_a и X_b , лежащие на поверхности (7) вплотную к точке минимума (по обе стороны от неё). Разность градиентов G_a и G_b в них будет нормалью N искомой секущей плоскости α_j .

$$N = G_a - G_b, \quad N \in R^n. \quad (10)$$

Такой способ вычисления нормали (10) является ключевым для метода UniMin. После этого стандартным способом строится и включается в матрицы Гаусса секущая плоскость α_j с нормалью (10), проходящая через точку X_{j+1}^i . Далее вычисляется уровень для следующей рабочей поверхности (см. (9))

$$\Phi_{j+1}^i = F(X_{j+1}^i) + (\Phi_j^i - F(X_{j+1}^i)) \cdot \gamma, \quad (11)$$

где γ задается в пределах чуть больше 0 и обязательно меньше 1. Таким образом, уровень рабочей поверхности постоянно снижается, но не достигает минимума $F(X_{j+1}^i)$ в новой рабочей

точке X_{j+1}^i , которая опять остается внутренней, теперь уже следующей поверхности уровня при индексе $j+1$. На этом шаг заканчивается

В последнем шаге находится точка минимума итерации, но выполнять действия (10) и (11) уже не надо. Естественно, перед решением желательно проводить масштабирование как интегральной целевой функции (5), так и вектора переменных (и уравнений (6)). Наглядно шаг алгоритма представлен на рисунке Рис. 1.

В особых случаях алгоритм эффективен абсолютно. При квадратичной целевой функции и линейных равенствах он найдет решение за одну итерацию (конечно, при гипотетическом счете без округлений) даже при очень большой «вытянутости» этой функции. При тех же вычислительных условиях минимум целевой функции в виде многогранника с $n + 1$ гранями может быть найден сразу. Но это не относится к случаю большого числа граней. Здесь возможно зависание в неудобной точке. В таких случаях может помочь скачок рабочей точки в случайном направлении или в как-нибудь усредненном направлении предыдущих удачных спусков. Можно запретить использовать в одной и той же итерации одну и ту же грань более двух раз.

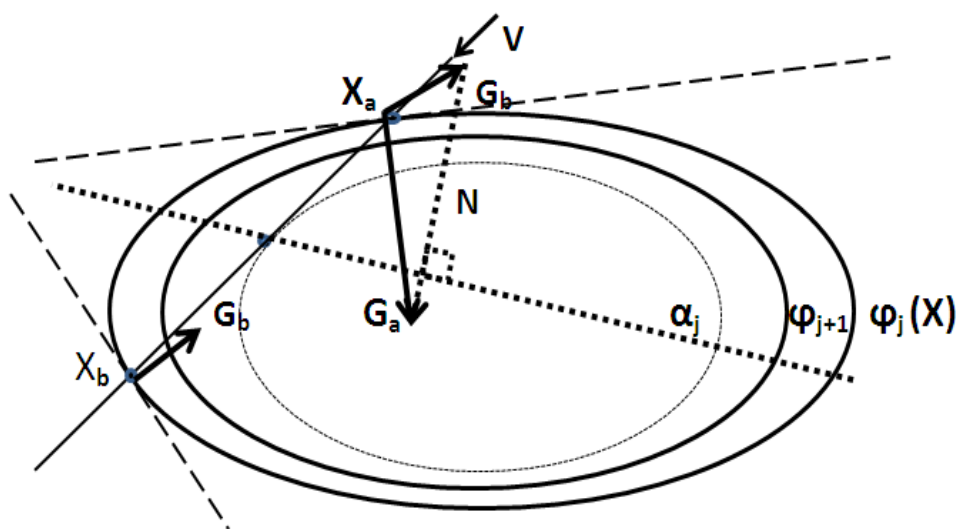


Рис. 1. Основные геометрические построения при выполнении j -го шага алгоритма UniMin.

Одномерный спуск можно проводить самыми различными способами. Опыт показывает, что даже в упомянутых выше особых случаях для решения требуется не одна итерация. Это происходит из-за неточности вычислений и необходимости удостовериться в окончании счета — задача может быть не дифференцируемой без равных нулю частных производных, и когда ограничения равенства не линейны. Так что экономия на одномерном спуске будет не очень заметна. Возможно, больше можно экономить при рациональном программировании целевой функции и процессе линеаризации нелинейных равенств. Но, с другой стороны, непосредственно в самом алгоритме UniMin больше всего можно экономить именно на одномерном спуске, потому что все остальное практически однозначно. Существенной экономии можно добиться, если поиск минимума и двух точек X_a и X_b на рабочей поверхности уровня проводить не очень точно. Но это надо проверять экспериментально для конкретных задач.

4. РЕАЛИЗАЦИЯ

Первоначально программа, использующая метод UniMin и последовательную линеаризацию нелинейных ограничений типа равенства, работающая с сильно разреженными матрицами, была написана на языке FORTRAN в восьмидесятые годы и могла работать на вычислительных машинах с очень ограниченным объемом памяти. Эффективность метода была проверена на

машине PC/AT-286/287 по тестовым примерам, опубликованным с решениями в работах [1, 2]. Результаты этой проверки приведены в [5]. Трудная 9-я тестовая задача из [2] (18-я в [1]), многими известными методами не решаемая, была решена. Легко решились характерные задачи 6, 8 и 11 из [2].

Этим методом решались научно-практические задачи расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и их оптимизации, например, задачи уменьшения потерь, распределения нагрузки между электростанциями и другие. Расчеты велись для энергосистемы Молдавии и примыкающей части энергосистемы Украины с эквивалентом её более удаленных частей. Всего рассматривалось порядка 500 узлов (1000 переменных) и соответствующих источников активной и реактивной мощности. Это отражено в работах [7, 8] и более ранних публикациях.

Сейчас эта программа улучшена и переведена на язык VBA в приложении Excel 2010 и используется в составе вычислительного комплекса для анализа и мониторинга энергетической безопасности. В нем она решает задачи регрессионного анализа – аппроксимацию нелинейными кусочно-разностными уравнениями временных рядов по критерию метода наименьших квадратов. Эти уравнения рассматриваются как модели различных динамических процессов, используемых для анализа и прогноза [9]. Применение языка VBA показало, что по своим возможностям и быстродействию он не уступает другим языкам высокого уровня.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод UniMin выгодно отличается прежде всего тем, что позволяет решать оптимизационные задачи с большим и очень большим числом условий – ограничений типа равенства. При этом эти условия не затрудняют, а наоборот, могут облегчать расчет.

К таким задачам относятся различные энергетические задачи оптимизации при наличии очень большого числа ограничений типа равенства со слабо заполненной матрицей коэффициентов, например, задач оптимизации режима работы электроэнергетических или теплофикационных сетей, задач расчета режимов работы сложных энергетических агрегатов, таких как конденсационные и теплофикационные энергоблоки, технико-экономические задачи.

Так программа по методу UniMin. успешно применялась в оптимизационных задачах расчета режимов работы электроэнергетических систем [7, 8] и задачах аппроксимации временных рядов нелинейными моделями методом наименьших квадратов с учетом ограничений [9].

Использование программы UniMin в составе приложения Excel, позволяющего создавать базы данных, интегрироваться с другими приложениями, писать на языке VBA различные программы, дает возможность создавать сложные оптимизационные комплексы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. Химмельблау. Прикладное нелинейное программирование. «Мир», М., 1975, 534 с.
- [2]. Б.П. Поляк. Введение в оптимизацию. «Наука». М., 1983, 384 с.
- [3]. Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт, Практическая оптимизация. «МИР», М., 1985. 510 с.
- [4]. Е.В. Алексеева, О.А. Кутненко, Ф.В. Плясунов. Численные методы оптимизации. Новосибирск, 2008. WWW.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/Posobie3/pdf
- [5]. М.В. Гродецкий, *Прикладной метод условного нелинейного программирования*//Труды Института энергетики Академии наук Республики Молдова, Кишинев, 1996, с.113 – 124.
- [6]. Дж. Райс. Матричные вычисления и математическое обеспечение. М., «МИР», 1984, 264 с.
- [7]. М.В. Гродецкий, В.Г.Денисенко, М.А.Чиник. *Расчет режима работы энергетической системы как экспертная задача* // Сборник трудов 3-ей Международной конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, РФ, 2003, 6 с.
- [8]. М.В. Гродецкий, *Решение оптимизационных задач в энергетике при большом числе ограничений типа равенства*// Международная конференция «Энергетика Молдовы-2012», Сборник докладов, Кишинев 2012, с.185 - 187.
- [9]. Быкова, Е.В., Гродецкий, М.В. *Разработка среднесрочного прогнозирования в составе вычислительного комплекса для анализа и мониторинга энергетической безопасности*. Сборник трудов Третьей Международной Конференции «INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT», 29 September – 01 October, 2016. Chisinau, Republic of Moldova, с. 28-35.

Раздел 6

Анализ некоторых макроэкономических показателей

.

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Быкова Е.В., Челак И.В., Берзан В.П.

Институт энергетики АНМ

Аннотация. В работе проанализирована динамика изменения ряда макроэкономических показателей страны (Правобережье) за период 2001-2015 г. для следующих сфер:

- *демографической;*
- *рынка труда;*
- *инфляции и курса валют;*
- *уровня жизни населения (доходов, зарплат, пенсии, прожиточного минимума);*
- *жилищного фонда страны;*
- *доступа к ТЭР населения;*
- *ВВП;*
- *промышленности, в т.ч. энергетики;*
- *ТЭБ;*
- *инвестиций в экономику и энергетику;*
- *внешнеэкономической сферы (импорт-экспорт, внешний долг);*
- *сферы науки;*
- *сферы правопорядка;*
- *обеспечения продовольствием.*

Рассмотрено более 30 показателей, для которых была собрана первичная информация из официально публикуемых Статистических Ежегодников изданий (СЕ) и некоторых других официальных изданий. В ряде сфер экономики специально выделен сектор энергетики.

В результате приведенного анализа были установлены тенденции изменения макроэкономических показателей страны.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СФЕРА
2. СФЕРА РЫНКА ТРУДА
3. КУРС ВАЛЮТ И ИНФЛЯЦИЯ
4. СФЕРА УРОВНЯ ЖИЗНИ
5. ЖИЛИЩНЫЙ ФОНД СТРАНЫ И ДОСТУП К ТЭР
6. ВАЛОВЫЙ ВНУТРЕННИЙ ПРОДУКТ
7. СФЕРА ПРОМЫШЛЕННОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ЭНЕРГЕТИКА
8. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС
9. СФЕРА ИНВЕСТИЦИЙ
10. ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКАЯ СФЕРА
11. СФЕРА НАУКИ
12. СФЕРА ПРАВОПОРЯДКА
13. СФЕРА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВИЕМ
14. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРАНЫ
Заключение
ЛИТЕРАТУРА

Список сокращений

РМ - Республика Молдова
ОЕСД - Организация экономического сотрудничества и развития
МВФ - Международный валютный фонд
СЕ - Статистический ежегодник
ТЭЦ - Теплоэлектроцентраль
СДД - Среднедушевой доход
ПМ - Прожиточный минимум
ВВП - Валовый внутренний продукт

ВСД - Валовая добавленная стоимость
ТЭБ - Топливо-энергетический баланс
ТЭР - Топливо-энергетические ресурсы
СНГ - Сжиженный нефтяной газ
т.у.т. - тонна условного топлива
ОС - Основные средства
ОПФ - Основные производственные фонды
доллар - доллар США

1.ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СФЕРА

Для краткого анализа демографической сферы рассмотрены показатели общей численности населения, численности экономически активного населения, продолжительности жизни и смертности населения.

1) Общая численность населения

Общая численность населения Правобережной части Молдовы составила 3555 тыс. чел. (2015 г.), уменьшившись на 80 тыс. человек (на 2,2 %) по сравнению с численностью в 2001 году (3635 тыс. чел.). Ежегодное снижение имело место на уровне 0,03÷0,29 % в указанный период.

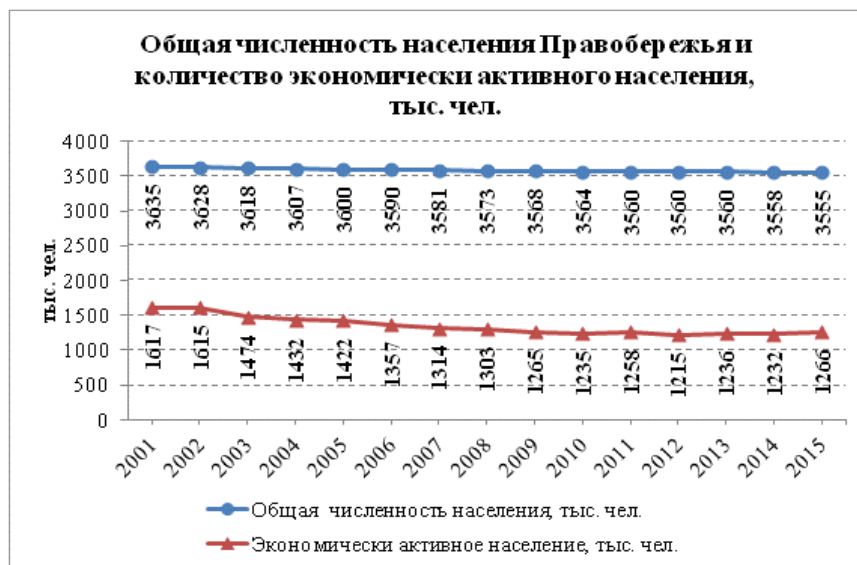


Рис. 1. Общая численность населения и количество экономически активного населения, тыс. чел.

2) Численность экономически активного населения уменьшилась с 1617 (2001 г.) до 1266 тыс. чел. (2015 г.) (на 351 тыс. чел.). Общее снижение за период 2001 г./2015 г. составило 21,7 %. Доля экономически активного населения в общей численности жителей снизилась с 44,48 % до 35,61 % (2001 г./2015 г.). Ярко выраженный скачок наблюдается в 2002/2003 годах, когда численность экономически активного населения уменьшилась на 141 тыс. чел. (9,6 %). В последние годы (2011 г., 2013 г., 2015 г.) стала наблюдаться положительная динамика роста данного показателя. Например, в 2015 г. численность экономически активного населения увеличилась на 34 тыс. чел. по сравнению с предыдущим годом (рис. 1).

Таблица 1. Общая численность населения и экономически активное население в Правобережье

Год	Общая численность населения, тыс. чел.	Экономически активное население, тыс. чел.	Доля экономически активного населения по отношению к общей численности населения страны, %	Ежегодное изменение, %	Снижение экономически активного населения к фиксированному 2001 году, %
2001	3635	1617	44,48		0
2002	3628	1615	44,52	-0,20	-0,12
2003	3618	1474	40,74	-0,26	-8,84
2004	3607	1432	39,70	-0,30	-11,44
2005	3600	1422	39,50	-0,19	-12,06
2006	3590	1357	37,80	-0,29	-16,08
2007	3581	1314	36,69	-0,25	-18,74
2008	3573	1303	36,47	-0,23	-19,42
2009	3568	1265	35,46	-0,15	-21,77
2010	3564	1235	34,65	-0,11	-23,62
2011	3560	1258	35,33	-0,09	-22,20
2012	3560	1215	34,13	-0,03	-24,86
2013	3560	1236	34,72	0,00	-23,56
2014	3558	1232	34,63	-0,05	-23,81
2015	3555	1266	35,61	-0,07	-21,71

Источник: Т.2.1.1; Т.3.1.1 СЕ -2016



Рис. 2. Изменение доли экономически активного населения по отношению к общей численности населения

3) Уровень естественной убыли населения на 1000 человек

Данный показатель считается кризисным при количестве 7 чел. на 1000 чел. населения и выше. Для Правобережного региона имели место следующие значения: 14,7 чел./1000 чел.; в 2005 г. – 12,4 чел./1000 чел.; в 2015 г. – 11,2 чел./1000 чел., (таблица 2 и рис. 3).

Таблица 2. Уровень естественной убыли и продолжительность жизни населения Правобережья

	Уровень естественной убыли населения, человек	Уровень естественной убыли населения, чел./на 1000 чел.	Продолжительность жизни- Мужчины, лет	Продолжительность жизни- Женщины, лет	Средняя продолжительность жизни населения, лет
1995	52969	14,7	нет данных	нет данных	нет данных
1996	49748	13,8	нет данных	нет данных	нет данных
1997	42957	11,8	62,9	70,3	66,6
1998	39922	10,9	64,0	71,4	67,7
1999	41315	11,3	63,7	71,0	67,4
2000	41224	11,3	63,9	71,2	67,6
2001	40075	11,0	64,5	71,7	68,1
2002	41852	11,6	64,4	71,7	68,1
2003	43079	11,9	64,5	71,6	68,1
2004	41668	11,6	64,5	72,2	68,4
2005	44689	12,4	63,8	71,7	67,8
2006	43137	12,0	64,6	72,2	68,4
2007	43050	12,0	65,0	72,6	68,8
2008	41948	11,8	65,6	73,2	69,4
2009	42139	11,8	65,3	73,4	69,4
2010	43631	12,3	65,0	73,4	69,2
2011	39249	11,0	66,8	74,9	70,9
2012	39560	11,1	67,2	75,0	71,1
2013	38060	10,7	68,1	75,6	71,9
2014	39494	11,1	67,5	75,4	71,5
2015	39906	11,2	67,5	75,5	71,5

Источник: Т.2.2.9 СЕ-2016



Рис. 3. Изменение индикатора уровня естественной убыли населения на 1000 человек

4) Средняя продолжительность жизни

В экономической литературе [3,4] кризисной величиной указывается продолжительность жизни менее 65 лет. Показатель средней продолжительности жизни населения улучшился со среднего значения 66,6 лет (1997 г.), 67,6 (2000 г.), 67,8 (2005 г.) до 71,5 (2015 г.), (рис.4).

Таким образом, за последние 10 лет продолжительность жизни населения в среднем возросла почти на 4 года.

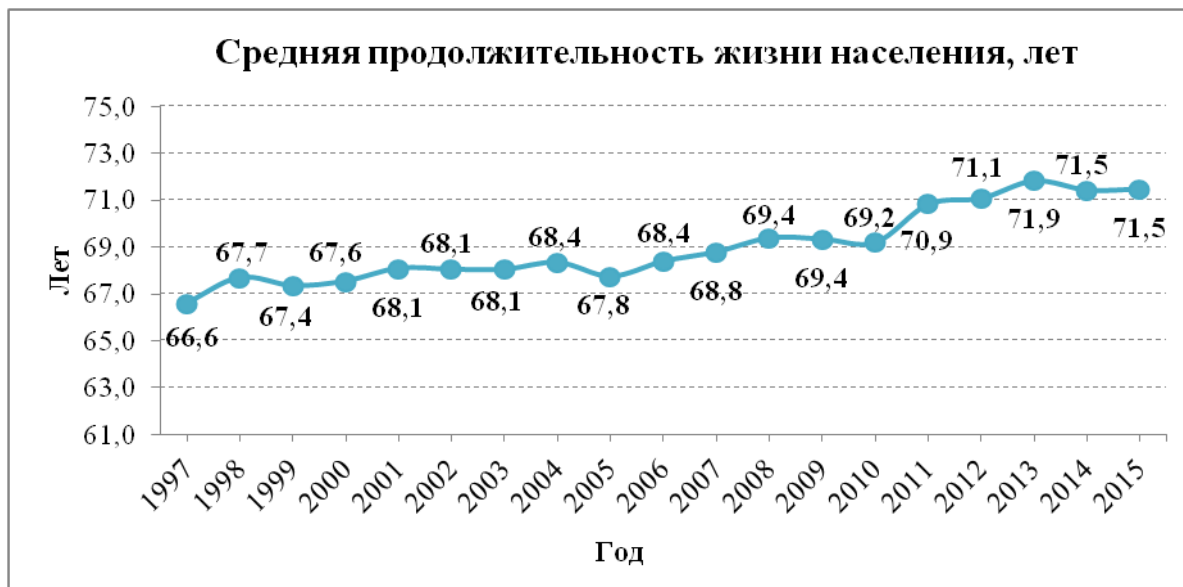


Рис. 4. Динамика изменения продолжительности жизни населения

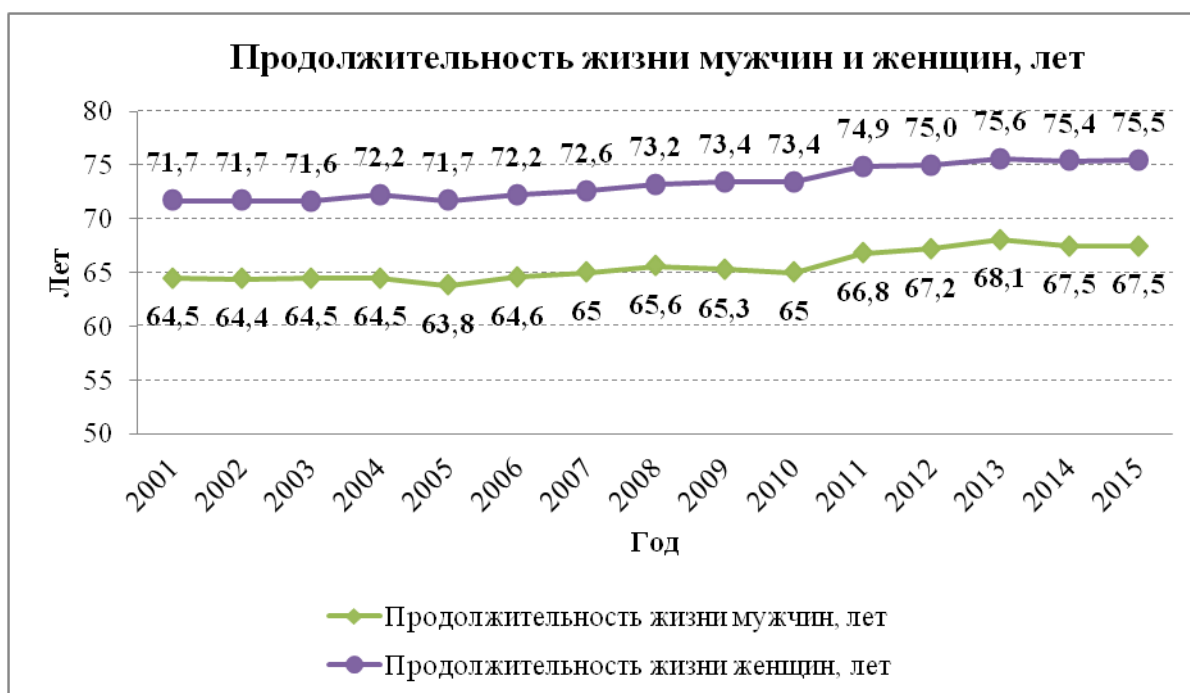


Рис. 5. Динамика изменения продолжительности жизни мужчин и женщин

Показатель средней продолжительности жизни мужчин и женщин также улучшился по сравнению с 2001 г. Самая большая продолжительность жизни в РМ наблюдалась в 2013 г. для женщин (75,6 лет) и для мужчин (68,1 лет), (рис. 5).

Можно также отметить, что разница между средней продолжительностью жизни женщин и мужчин в 2001 г. составляла 7,2 года, а в 2015 - 8,0 лет.

2. СФЕРА РЫНКА ТРУДА

1) **Численность безработных** фиксируется показателем общей официально зарегистрированной безработицы (по отношению к активному населению). При достижении его значения более 8,5 % ситуация в экономике считается кризисной

В исследуемый период уровень безработицы имел значения в диапазоне 3÷8 %. Наблюдались тенденции его снижения с 7,4 % (2010 г.) до 3,9 % (2014 г.). В последующий период снова наметился рост числа безработных граждан до 4,9 % в 2015 г. В 2008 г. и 2014 г. индикатор имел наименьшие значения - 4,0 и 3,9 %, соответственно (таблица 3 и рис. 6). Однако данный показатель не отражает состояние в полной мере в действительности, так как не учитывает неполной занятости, занятости без оформления документов, миграции населения и других явлений, которые имеют характер скрытых рисков и угроз.



Рис. 6. Уровень официально зарегистрированной безработицы, %

Таблица 3. Количество официально зарегистрированных безработных и их доля в общей численности населения и в численности экономически активного населения

	Количество безработных, тысяч человек	Доля по отношению к экономически активному населению, %	Доля по отношению к общей численности населения, %
2001	118,0	7,3	3,2
2002	110,0	6,8	3,0
2003	117,0	7,9	3,2
2004	116,5	8,1	3,2
2005	104,0	7,3	2,9
2006	100,0	7,4	2,8
2007	67,0	5,1	1,9
2008	51,7	4,0	1,4
2009	81,0	6,4	2,3
2010	92,0	7,4	2,6
2011	84,0	6,7	2,4
2012	68,0	5,6	1,9
2013	63,0	5,1	1,8
2014	48,0	3,9	1,3
2015	62,0	4,9	1,7

Источник: Т.3.1.1 СЕ-2016

2) Занятость в секторе энергетики

Общее количество специалистов, работающих в энергетике, составляло 20-26 тысяч человек. В период 2004-2010 гг. зафиксирована тенденция снижения числа занятых в энергетике, а с 2010 года наблюдается рост численности работающих, примерно на 6 тыс. человек (в 2010 г.-20,0 тыс. чел. в 2015 г.- 26,0 тыс. чел.).

Также можно отметить, что с 2012 г. снизилась численность работающих в энергетике по найму с 17,6 тыс. чел. (2012 г.) до 12,0 тыс. чел. (2015 г.), (таблица 4).

Таблица 4. Численность работающих в энергетическом секторе, тыс. чел.

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Занятость в секторе энергетики (тыс. чел.)	26,0	26,0	23,0	26,0	23,0	22,0	20,0	20,0	24,0	24,0	22,0	26,0
Распределение работающих в энергетике по найму, (тыс. чел.)	17,8	18,3	17,9	18,0	17,5	17,6	17,8	17,8	17,6	13,0	12,6	12,0
Доля работающих в энергетическом секторе по отношению к населению, занятому в экономике, %	2,0	2,0	1,8	2,1	1,8	1,9	1,8	1,7	2,1	2,0	1,9	2,2

Источник: Т.3.1.4; Т.3.1.12 СЕ-2016

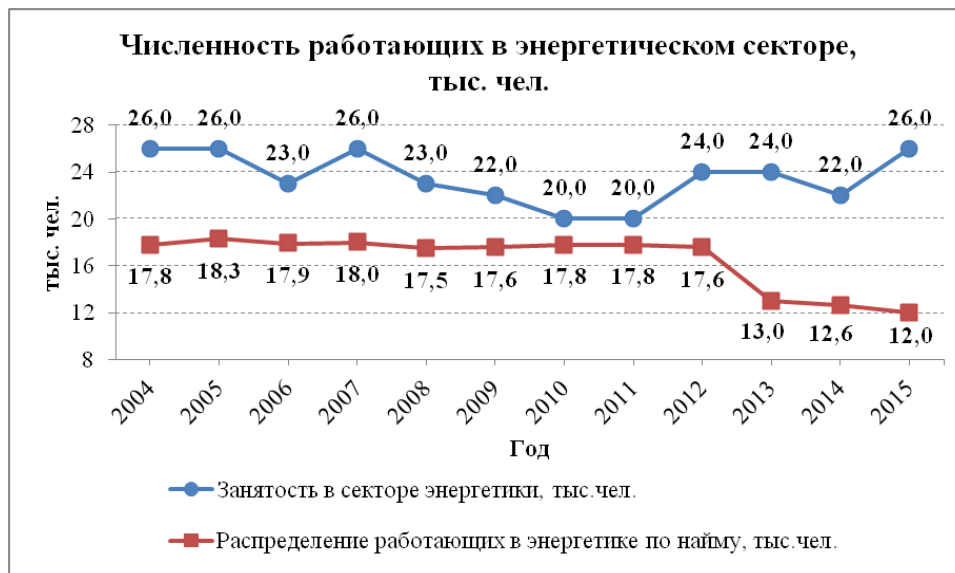


Рис. 7. Численность работающих в энергетическом секторе



Рис. 8. Доля работающих в энергетическом секторе по отношению к экономически активному населению

Согласно рис. 8, можно отметить, что в 2015 г. доля работающих в энергетическом секторе по отношению к экономически активному населению достигла максимальной величины за последние 10 лет в 2,2 %. Это подтверждает факт привлекательности работы в отрасли и востребованности специалистов с техническим образованием на данный момент.

3. КУРС ВАЛЮТ И ИНФЛЯЦИЯ

1) Курс валют

Валютные курсы оказывают особое влияние на внешнюю торговлю между странами, на ценовые соотношения экспорта и импорта. Международные экономические операции связаны с обменом национальных валют на валюты других стран.

В Правобережье среднегодовой курс валют (лей за 1 доллар) за последние 10 лет изменился на 55 % (с 12,8651 лей/доллар (2001 г.) до 19,9238 лей/доллар (2016 г.)). В 2008 г. среднегодовой курс валют составлял 10,392 лей за 1 доллар, и это минимальное значение курса доллара за весь анализируемый период.

Максимальная отметка курса за последние 20 лет имела место 18 февраля 2015 г., составив 20,9933 лей за 1 доллар. В последующий период и по текущий момент курс сохраняется на достаточно высоком уровне 19,9238 лей за 1 доллар (2016 г.), (таблица 5 и рис. 9).

Таблица 5. Среднегодовой курс валют (лей за 1 доллар)

Год	Годовой уровень инфляции, %	Среднегодовой курс валют, лей за 1 доллар
2001	17,7	12,8651
2002	4,4	13,5705
2003	15,7	13,9449
2004	12,5	12,3297
2005	10,0	12,5996
2006	14,1	13,1311
2007	13,1	12,1402
2008	7,3	10,3920
2009	0,4	11,1096
2010	8,1	12,3693
2011	7,8	11,7382
2012	4,1	12,1114
2013	5,2	12,5874
2014	4,7	14,0356
2015	13,6	18,8185
2016	нет данных	19,9238

Источник данных по курсу валют - www.cursbnm.md

Источник данных по инфляции – Молдова в цифрах, www.statistica.md



Рис. 9. Среднегодовой курс валют за период 2001 г.-2016 г.

2) Инфляция

Инфляция активно влияет на валютный курс. Инфляция в 2001 г. году имела место на уровне 17,16 %, что составило самый высокий уровень за последние 15 лет. Затем наблюдалась тенденция снижения (с колебаниями). В 2015 г. рост инфляции составил 13,6 %, что примерно в 3 раза превысило значение 2014 года, (рис.10).



Рис. 10. Динамика инфляции в Правобережье, %

В таблице 6 и на рис. 11 отражена динамика колебания цен в промышленности в целом, а также по ее видам в отдельности. При сопоставлении графиков инфляции и индексов цен по промышленности видно практически полное совпадение тенденций для одних и тех же лет.

Таблица 6. Индексы цен производителей промышленной продукции по видам деятельности 2004/2015 гг. (предыдущий год = 100%), в % к предыдущему году

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Промышленность	105,6	105,3	112,2	113,4	110,4	97	107,9	106,8	103,1	103,3	105,5	106,3
<i>в том числе:</i>												
Горнодобывающая промышленность	124,2	133,3	133,0	123,9	119,2	95,5	100,7	102,6	104,7	101,6	103,9	104,4
Обрабатывающая промышленность	106,5	106,1	114,0	109,0	109,3	96,1	106,2	106,3	102,0	103,8	106,5	106,8
Электро- и теплоэнергия, газ и водоснабжение**	100,6	100,3	103,6	191,2	133,0	114,0	116,1	110,5	111,4	99,6	98,6	102,8
Производство и распределение электроэнергии***	100,0	100,4	102,2	171,4	144,5	113,3	116,3	108,7	112,4	101,1	100,1	104,4
Снабжение паром и горячей водой*	102,8	100,1	107,8	201,0	127,4	114,4	116,0	121,3	109,8	97,5	96,3	100,4

Начиная с 2015 г., в СЕ имело место изменение названий категорий, а именно:

* Обеспечение паром; кондиционирование воздуха

** Производство и обеспечение электро- и теплоэнергией, газом, горячей водой; кондиционирование воздуха

*** Производство, транспортировка и распределение электроэнергии

На рис.11 выделена динамика изменения цен по горнодобывающей, обрабатывающей и энергетической промышленности. Первые две отрасли показывают достаточно стабильные тенденции. Для энергетической отрасли в 2007 году наблюдался резкий скачок из-за повышения тарифов на теплоэнергию. Изменение цен (тарифов) только в одной отрасли привело к изменению общего индекса изменения цен по промышленности. Таким образом, тарифная политика в стране играет большую роль и должна проводиться при участии всех представителей энергетического рынка страны, с учетом взаимных интересов производителей и поставщиков энергии, с учетом интересов и покупательных возможностей конечных потребителей. Согласно последним исследованиям в Институте энергетики (2016 г.), связанным с анализом влияния тарифов на общеэкономические показатели, процент рост тарифов не должен превышать процента роста ВВП.



Рис. 11. Динамика индексов цен в промышленности в целом, в % к предыдущему году

Разрушение вертикали управления в энергокомплексе, раздробление небольшой энергосистемы на ряд предприятий, возникновение условий стихийного «рыночного» хаотичного дрейфа, принуждение генерирующих источников к работе не в самых экономичных режимах, создание для них ущербного имиджа как «убыточных», нанесло большой урон отрасли в свете нормального функционирования и развития.

Вместе с тем, показатели работы энергетических предприятий даже в таких условиях все равно показывают прибыль, поэтому надо воссоздать единое управление отраслью с учетом всех взаимных интересов, например, в виде Ассоциации, Управления или организации с другим названием, но с указанной сущностью.

Анализ способов управления энергетикой в мире показывает, что далеко не все страны последовали советам по раздроблению своих энергосистем, причем причиной отказа указывается именно утрата вертикального управления и ослабление отрасли.

Понимание необходимости вертикального управления как наилучшего для энергетики все равно будет иметь место, но теряется время для полноценного развития отрасли, внедрения инновационных технологий и нового оборудования. Небольшие предприятия не могут самостоятельно внедрять новые технологии из-за небольших финансовых возможностей. При этом нарастает срок службы действующего оборудования и обесцениваются основные фонды, что позволяет затем заявлять об отсталости и дешевизне объектов энергетики и мотивации к их продаже и ликвидации.

Это опасный и неконструктивный путь, вызывающий множество угроз энергетической безопасности, нарастание рисков и угроз экономической безопасности.

4. СФЕРА УРОВНЯ ЖИЗНИ

По сфере уровня жизни рассматривается ряд показателей, связанных с доходами населения, прожиточным уровнем (минимумом), среднедушевым доходом населения, распределения общего объема располагаемых доходов по квинтильным группам, средним уровнем заработной платы, пенсий.

1) **Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума (ПМ)** составляет 50 %÷80 % населения. По сравнению с 2005 г. данный показатель уменьшился на 17 %. В 2012 году была зарегистрирована самая низкая доля населения с доходами ниже прожиточного минимума – 52,7 %. Кризисным данный показатель считается, если численность такого населения 20 % и выше. Реальная ситуация в Республике Молдова на 2015 г. рассматривается как кризисная.

Таблица 7. Прожиточный минимум, среднедушевой доход и соотношение квинтильных групп

Год	Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, %	Прожиточный минимум, лей	Среднедушевой доход, лей	Соотношение среднедушевого дохода и прожиточного минимума, раз	Соотношение первой и пятой квинтильных групп, раз
2001	нет данных	469	241	0,5	11,4
2002	нет данных	538	322	0,6	10,4
2003	нет данных	628	422	0,7	7,9
2004	нет данных	679	491	0,7	8,6
2005	80,7	766	569	0,7	9,9
2006	73,3	935	840	0,9	7,1
2007	73,5	1099	1019	0,9	6,9
2008	73,1	1368	1189	0,9	6,8
2009	69,4	1188	1166	1,0	7,2
2010	68,1	1373	1274	0,9	6,4
2011	74,0	1503	1445	1,0	6,0
2012	52,7	1508	1509	1,0	5,6
2013	65,3	1612	1681	1,0	5,7
2014	62,8	1627	1768	1,1	5,3
2015	63,0	1734	1957	1,1	5,2

Источник: Т.4.1.1; 4.2.4 СЕ-2016



Рис.12. Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, %



Рис.13. Отношение среднедушевого дохода к прожиточному минимуму, %

2) **Превышение среднедушевого дохода над прожиточным минимумом** должно быть, по требованиям экономической безопасности, не менее чем в 2 раза [3-4]. Наблюдаемое соотношение составляет 0,5÷1,1 (2001 г. ÷ 2015 г.) с тенденциями роста и сближения величин, (рис. 13). С 2001 г. до 2012 г. среднедушевой доход был меньше прожиточного минимума. В 2012 году среднедушевой доход сравнялся с прожиточным минимумом, а с 2013 года начал превышать.

Несмотря на тенденции улучшения, в целом ситуация остается кризисной.



Рис. 14. Прожиточный минимум и среднедушевой доход, лей

3) Соотношение 20 % населения, имеющего самые высокие доходы (в экономике имеет название «V квинтильная группа»), к 20 % населения, имеющего самые низкие доходы («I квинтильная группа») не должно быть более $k=4$ раз, расхождение на большую величину свидетельствует о сильном расслоении населения.

По требованиям экономической безопасности, при $k=8$ раз ситуация рассматривается как кризисная. В Правобережье этот показатель изменился с $k=6,9$ (2007 г.) до 5,2 (2015 г.). Наблюдаемая тенденция – это снижение, иными словами, ситуация все же улучшается (таблица 8 и рис. 15-16).

Таблица 8. Распределение общего объема располагаемых доходов, %

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Всего, в том числе по квинтильным группам населения:	100	100	100	100	100	100	100	100,1	99,9
I	6,3	6,4	6	6,5	6,9	7,4	7,2	7,5	7,7
II	11,7	11,6	11,5	12,1	12,4	12,5	12,4	12,9	12,7
III	15,9	15,9	16,2	16,5	16,7	16,6	16,7	17,0	16,7
IV	22,4	22,4	23,1	23	22,7	22,6	22,8	22,7	22,7
V	43,7	43,7	43,2	41,9	41,3	40,9	40,9	40,0	40,1
Соотношение располагаемых доходов 20 % наиболее и наименее обеспеченного населения	6,9	6,8	7,2	6,4	6,0	5,6	5,7	5,3	5,2

Источник: Т.4.2.4 СЕ-2016



Рис.15. Соотношение доходов населения (1 и 5 квинтильных группы), %

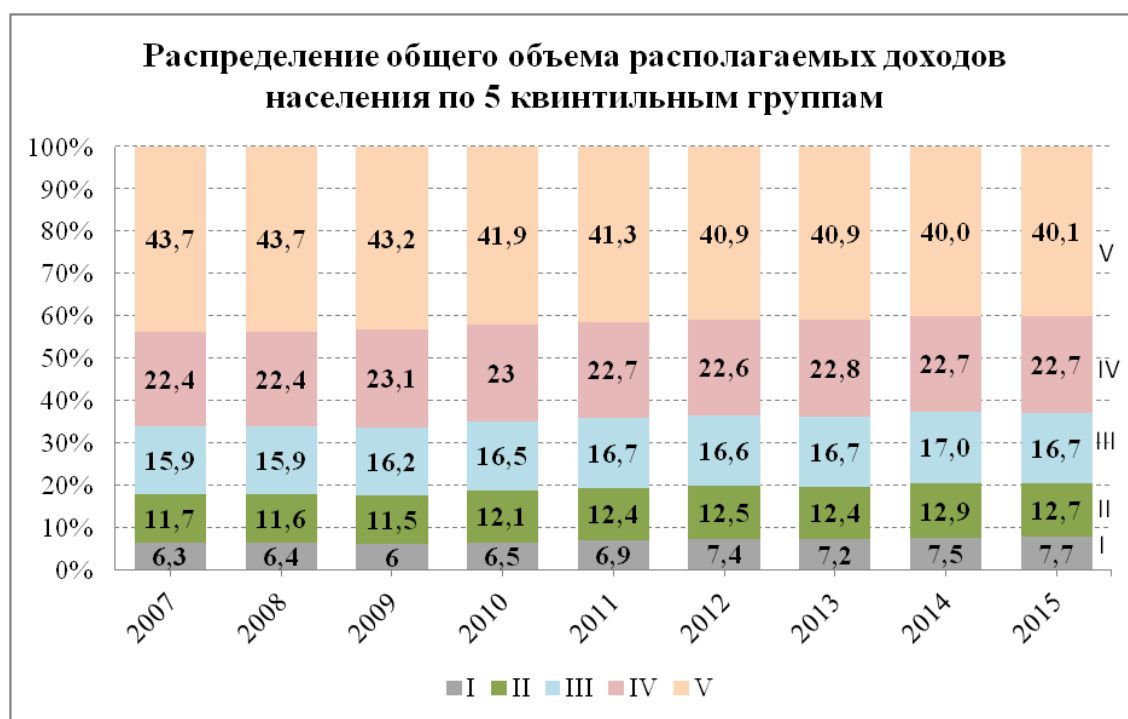


Рис. 16. Распределение общего объема располагаемых доходов населения по 5 квинтильным группам, %

Дополнительную информацию можно получить из анализа другой таблицы Статистического ежегодника за 2016 год (таблица 4.2.3). В этой таблице в долевом отношении указана численность населения, получающая доходы в размере от 0-3000 лей и выше. Информация представлена по диапазонам с шагом в 200 лей (200÷400; 400÷600; ... 2800÷3000 и выше 3000 лей). Подсчеты численности населения, которые имеют доходы ниже среднедушевых показателей, показывает кризисную ситуацию. Расчеты выполнены для ряда лет, в таблице 9 приведены значения для 2015 года в качестве примера.

Таблица 9. Распределение населения по уровню располагаемых доходов в 2015 году

	%	Тысяч человек
Всего	100	3555,2
<i>в том числе со среднедушевым располагаемым доходом в месяц, лей:</i>		
0 - 200,0	1,7 %	60,4
200,1 – 400,0	3,4 %	120,9
400,1 – 600,0	6,2 %	220,4
600,1 – 800,0	7,8 %	277,3
800,1 – 1000,0	10,4 %	369,7
1000,1 – 1200,0	10,5 %	373,3
1200,1 – 1400,0	8,6 %	305,7
1400,1 – 1600,0	8,0 %	284,4
1600,1 – 1800,0	6,4 %	227,5
1800,1 – 2000,0	6,4 %	227,5
2000,1 – 2200,0	4,8 %	170,6
2200,1 – 2400,0	4,8 %	170,6
2400,1 – 2600,0	3,7 %	131,5
2600,1 – 2800,0	2,8 %	99,5
2800,1 – 3000,0	2,3 %	81,8
3000,1-	12,2 %	433,7

Источник: Т.4.2.3 СЕ-2016

Наиболее высокие доходы (свыше 3000 лей) имеются только у 12,2 % населения (433,7 тысяч чел.), доходы в диапазоне 2800,1- 3000 леев имеет только 2,3 % населения (81,8 тысяч чел.).

Наиболее низкие доходы в размере 0-200 леев имеют 1,7 % населения или 60,4 тысяч человек; в размере 200,1 – 400,0 леев имеет 3,4 % населения (120,9 тысяч человек), в количестве 600,1 – 800,0 леев - 7,8 % жителей (277,3 тысяч человек), в диапазоне 800,1 – 1000,0 лей - 10,4 % жителей (369,7 тысяч человек), в интервале 1000-1200 леев - 10,5 % жителей (373,3 тысяч человек).

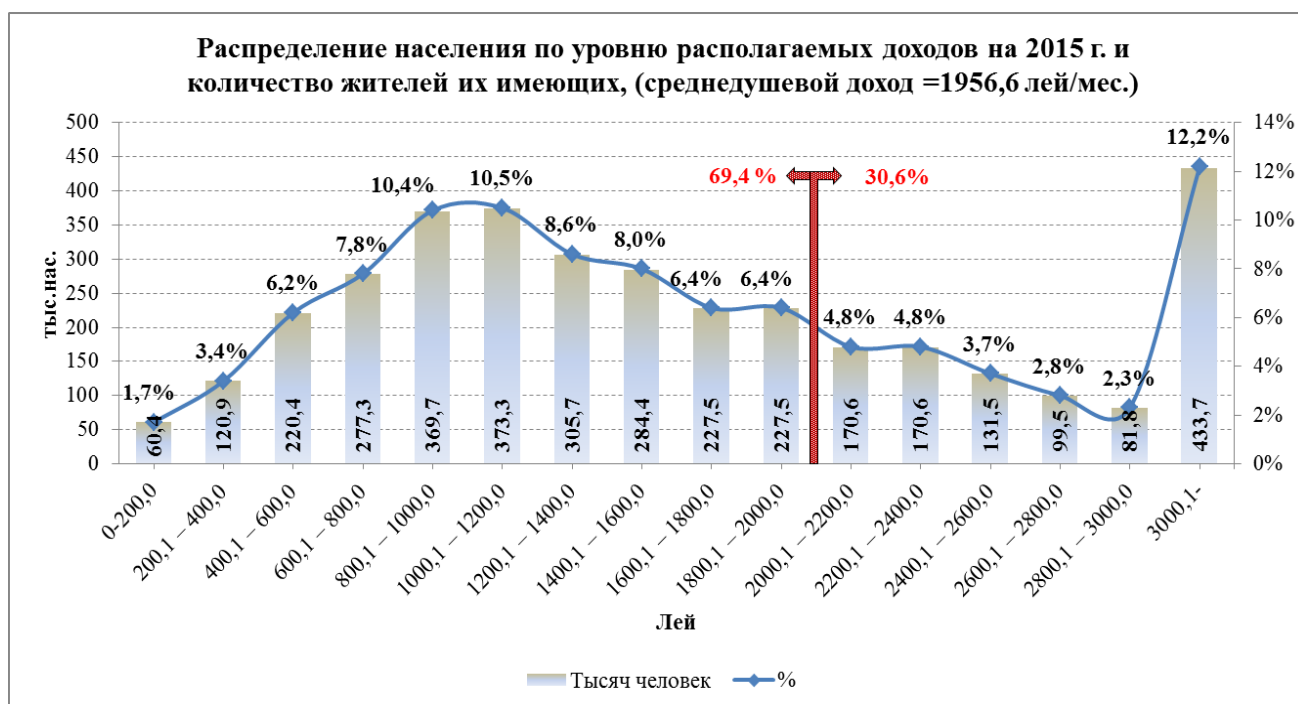


Рис. 17. Сравнение располагаемых доходов со среднедушевым (2015 г.)

Сравнение располагаемых доходов населения со среднедушевым доходом (СДД) (в 2015 году составил 1956,6 леев) проиллюстрировано на рис.17.

Кривая доходов населения делится на 2 части – доходы ниже СДД, и доходы выше СДД. Подсчитаем численность населения, имевшего доходы ниже среднедушевого в 2015 году (1956,6 лей в месяц). Для этого объединим численность населения каждой группы с доходами менее 1956,6 леев и получим:

$60,4+120,9+220,4+277,3+369,7+373,3+305,7+284,4+227,5+227,5= 2467,3$ тысяч человек.

Аналогично, численность населения с доходами выше среднедушевого уровня, составляет 1087,9 тысяч человек. В процентном отношении от общей численности населения для 2015 года эти величины составляют 69,4 % и 30,6 %. Таким образом, налицо факт, свидетельствующий о бедности населения. Более 2/3 численности жителей имеет доходы ниже средней величины.

4) Зарплаты в экономике, промышленности и энергетике

Рассмотрим величины средней заработной платы в экономике, промышленности и энергетике (таблица 10 и рис. 18) и проанализируем их соотношения.

Таблица 10. Зарплаты в экономике и энергетике

Год	Средняя зарплата в экономике, лей	Средняя зарплата в промышленности, лей	Средняя зарплата в секторе электро- и теплоэнергии, газа и водоснабжения, лей	Превышение средних зарплат в энергетике по сравнению со средней по экономике, раз	Превышение средних зарплат в энергетике по сравнению со средней по промышленности, раз	Превышение средних зарплат в промышленности по сравнению со средней по экономике, раз
2001	544	827	889	1,6	1,1	1,5
2002	692	1002	1135	1,6	1,1	1,4
2003	891	1271	1535	1,7	1,2	1,4
2004	1103	1502	1947	1,8	1,3	1,4
2005	1319	1765	2324	1,8	1,3	1,3
2006	1697	2085	2872	1,7	1,4	1,2
2007	2065	2541	3596	1,7	1,4	1,2
2008	2530	3042	4316	1,7	1,4	1,2
2009	2748	3136	4520	1,6	1,4	1,1
2010	2972	3431	4859	1,6	1,4	1,2
2011	3042	3394	5031	1,7	1,5	1,1
2012	3382	3644	5187	1,5	1,4	1,1
2013	3674	3966	6421	1,7	1,6	1,1
2014	4090	4388	7250	1,8	1,7	1,1
2015	4538	4855	8197	1,8	1,7	1,1

Источник: Т.4.1.4 СЕ-2016



Рис. 18. Динамика изменения средних зарплат в экономике, энергетике и промышленности

Средняя зарплата в экономике с 2001 г. до 2015 г. выросла с 543,7 лей до 4538 лей (в 8,4 раза), средняя зарплата в промышленности – с 827 до 4855 лей или в 5,8 раза, средняя зарплата в энергетике – с 889 лей до 8197 лей или в 9,22 раза.

Соотношение зарплат между собой составляет следующие величины, (рис.19):

- в энергетике и экономике: превышение в $1,5\div1,8$ раза (практически постоянная величина);
- в энергетике и промышленности: превышение в $1,1\div1,7$ раза (наблюдается тенденция роста в энергетике и промышленности).

Увеличение зарплат действительно привело к некоторому увеличению доходов населения, что было отражено на графиках в предыдущем пункте, но пока еще не в той мере, которая нужна для хорошего уровня жизни.

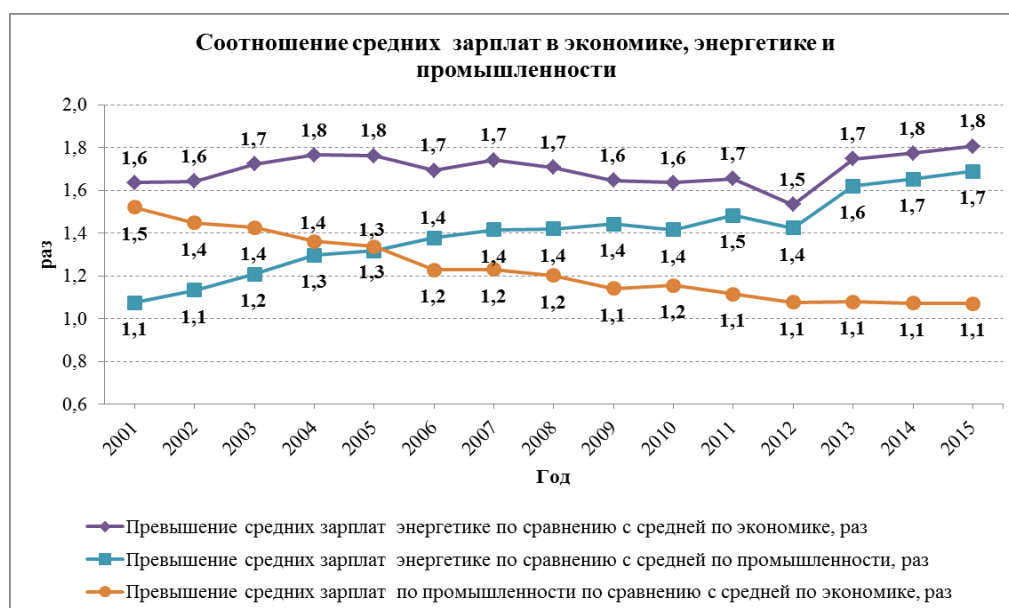


Рис. 19. Соотношение средних зарплат в экономике, энергетике и промышленности

5) Прожиточный минимум (ПМ) и сравнение его величины со средним уровнем зарплат, пенсий и среднедушевым доходом

Прожиточный уровень имеет отличающиеся значения для разных групп населения в связи с разными потребностями (таблица 11). Среднее значение прожиточного минимума по Правобережью увеличилось с 538 лей (2002 г.) до 1734 лей (2015 г.) или в 3,2 раза, (рис. 20-21).

Для каждой их групп населения увеличение составило следующие величины (2015 г./2002 г.):

- для экономически активного населения с 571 до 1842 лей;
- для пенсионеров с 470 лей до 1437 лей;
- для детей- с 505 лей до 1647 лей;

Таблица 11. Прожиточный минимум по группам населения, лей в месяц

	Всего	Население трудоспособного возраста	Мужчины	Женщины	Пенсионеры	Дети	до 1 года	1-6 лет	7-16 лет *
2002	538	571	607	536	470	505	195	429	552
2003	628	665	705	624	538	587	231	499	640
2004	680	719	763	675	577	641	252	545	700
2005	766	809	857	762	649	716	273	608	785
2006	935	987	1045	929	800	852	334	737	952
2007	1099	1160	1227	1091	943	1003	394	871	1119
2008	1368	1447	1535	1357	1167	1267	491	1092	1400
2009	1188	1251	1327	1172	1023	1112	451	964	1228
2010	1373	1453	1536	1366	1184	1258	499	1096	1409
2011	1503	1583	1662	1500	1306	1391	591	1238	1550
2012	1508	1586	1667	1500	1303	1410	592	1256	1575
2013	1612	1710	1856	1555	1327	1534	611	1322	1726
2014	1627	1727	1876	1568	1344	1548	619	1327	1748
2015	1734	1842	2001	1672	1437	1647	659	1418	1864

Источник: Т.4.1.2 СЕ-2016

*СЕ-16: диапазон возрастов изменен 7-17 лет



Рис. 20. Динамика изменения величины ПМ в среднем для всех категорий жителей, лей



Рис. 21. Тенденции изменения величин ПМ для населения трудоспособного возраста, лей

Сравнение прожиточного минимума со средним уровнем зарплаты, пенсии и среднедушевым доходом, выполнено в таблице 12. Средняя зарплата за 2015 г./2002 г. выросла в 6,5 раз, средняя пенсия в 7,2 раз, среднедушевой доход – в 6,0 раз.

Таблица 12. Прожиточный минимум, средняя зарплата, средняя пенсия и среднедушевой доход

Год	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Прожиточный минимум, лей	538	628	680	766	935	1099	1368	1188	1343	1503	1508	1612	1627	1734
Средняя зарплата, лей	692	891	1104	1319	1697	2065	2430	2748	2972	3042	3386	3674	4090	4538
Средняя пенсия, лей	161	211	325	383	442	548	646	776	811	874	958	1021	1088	1165
Среднедушевой доход, лей	322	422	491	569	840	1188	1187	1166	1274	1445	1509	1681	1768	1957
Год	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Прожиточный минимум, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Соотношение средней зарплаты и прожиточного минимума, %	128,4	141,8	162,3	172,1	181,5	187,8	177,6	231,3	221,2	202,4	224,6	227,9	251,3	261,7
Соотношение средней пенсии и прожиточного минимума, %	29,9	33,5	47,8	50,0	47,3	49,9	47,2	65,3	60,4	58,2	63,5	63,3	66,8	67,2
Соотношение среднедушевого дохода и прожиточного минимума, %	59,7	67,3	72,3	74,2	89,8	108,0	86,7	98,2	94,8	96,1	100,1	104,3	108,6	112,8

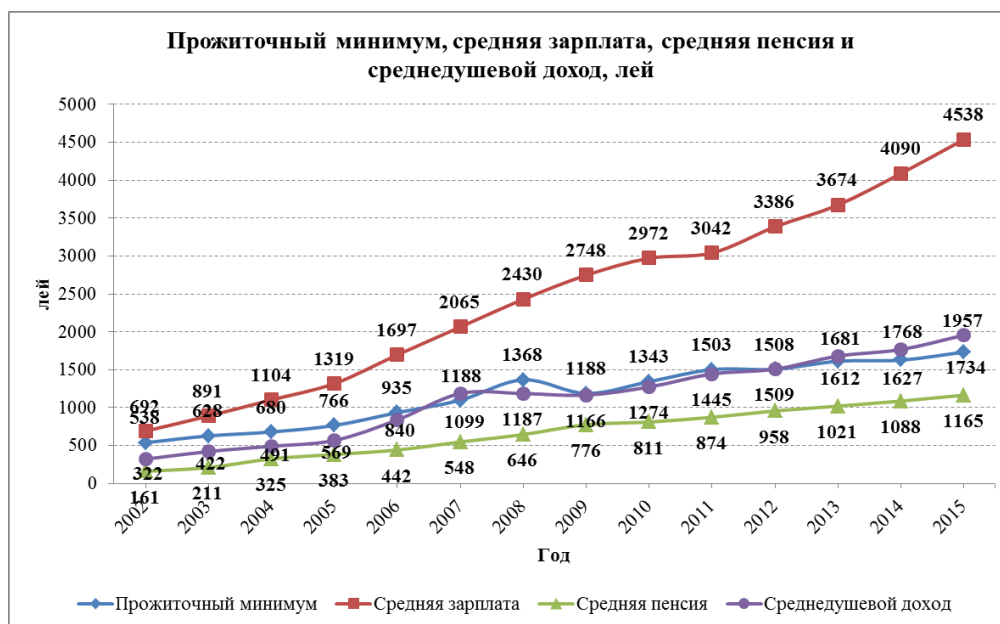


Рис. 22. Динамика изменения ПМ, средней зарплаты, средней пенсии и среднедушевого дохода

В 2008 г./2009 г. имелся явно выраженный отклик на кризис 2008 года по величинам среднедушевого дохода (падение на 20 лей) и прожиточного минимума (снижение на 181 лей) (рис. 22), затем ситуация вернулась к прежним тенденциям. Однако кривые изменения средних зарплат и пенсий не имеют такого явления. Средняя зарплата сохраняет постоянный рост.



Рис. 23. ПМ и сравнение его величины со средним уровнем зарплат, пенсий и среднедушевым доходом

Несколько лет назад Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) подготовила отчет об уровне минимальной зарплаты в разных странах мира. Согласно данному отчету самая высокая номинальная минимальная зарплата — в Люксембурге, около 2190 долларов в месяц. На втором месте — Австралия, около 2160 долларов. Стоит уточнить, что не во всех странах существует понятие минимальной зарплаты. Например, в Китае ставка устанавливается отдельно для каждого региона, в Японии — для каждой отрасли, а в некоторых странах с развитыми профсоюзами государство в принципе не устанавливает минимальную ставку — например, в Швейцарии, Италии. www.oecd.ru

5. ЖИЛИЩНЫЙ ФОНД СТРАНЫ И ДОСТУП К ТЭР

Жилищный фонд - это совокупность всех жилых помещений, находящихся на территории Республики Молдова, независимо от форм собственности, включая жилые и специализированные дома (общежития, гостиницы, приюты, жилые помещения для временного поселения и другие), квартиры, служебные жилые помещения, иные жилые помещения в других строениях, пригодные для проживания. Жилищные фонды различают по порядку формирования, целевому назначению, правилам использования и другим элементам.

Анализ типов отопления по видам жилья

В Республике Молдова имеются следующие виды домовладений (Правобережье):

- *квартиры в многоэтажных домах;*
- *общежития семейного типа;*
- *индивидуальные дома;*
- *часть индивидуального дома.*

Типы отопления в домовладениях:

- *центральное (централизованное) отопление (от ТЭЦ или котельных);*
- *индивидуальное (газом или электричеством) отопление;*
- *печное отопление.*

Жилой фонд в Молдове насчитывает 1 081 498 домовладений, из них 38 % городских, 62 % - сельских (таблица 13).

Таблица 13. Данные по наличию жилья с разными видами отопления и количеству проживающих

Обеспеченность	Всего, ед.		Городских		Сельских		Доли домовладений, %		
	Домо-владений	Жителей	Домо-владений	Жителей	Домо-владений	Жителей	Всего	Городских	Сельских
Всего,	1081498	3208619	415324	1171575	666174	2037044	100,0	38,4	61,6
в том числе оснащенные:									
Централизованным (центральным) отоплением	206181	550305	199876	530339	6305	19966	19,1	48,1	0,9
Индивидуальным отоплением	152932	496382	105566	327192	47366	169190	14,1	25,4	7,1
Печным отоплением	708573	2133382	102896	300999	605677	1832383	65,5	24,8	90,9
Прочие	12425	25633	6608	12253	5817	13380	1,1	1,6	0,9
Газом природным	400051	1193574	295577	832437	104474	361137	37,0	71,2	15,7
Газом сжиженным	571274	1724308	91274	263494	480000	1460814	52,8	22	72,1

Источник: Перепись населения 2004, Национальное Бюро статистики, www.statistica.md

Центральным отоплением оборудовано 19,1 % всех домовладений (206,181 тыс.). Индивидуальное отопление имеется в 152,932 тыс. квартир (домов) или 14,1 %; печное отопление имеет 65,5 % домовладений (708,573 тыс.), рис. 24-25. Самым большим достоинством центрального отопления является наименьшее загрязнение окружающей среды по сравнению с индивидуальными системами теплоснабжения.

Обеспеченность теплоснабжением разного типа жилого фонда



Рис. 24. Обеспеченность теплоснабжением разного типа жилого фонда Молдовы, ед.

Разделение домовладений по виду местности

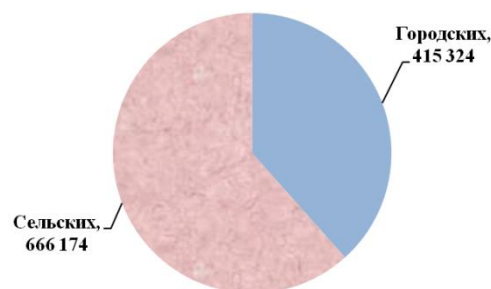


Рис. 25. Разделение домовладений по виду местности, ед.

Природным сетевым газом на 2004 г. было обеспечено 400,051 тыс. домовладений (37 %).

В квартирах или домах, к которым подведен природный сетевой газ, проживает 1,193 млн. жителей (37 %). Сжиженным природным газом пользуются 1,724 млн. человек (53,7 % от общей численности), которые проживают в 571,274 тыс. домов (или квартир), что составляет 52,8 % всего жилья в стране.

Анализ видов жилья по численности проживающих жителей

Всего в 1,081 млн. домовладений проживает 3,2 млн. жителей, т.е. в среднем в одном домовладении живет 2,96 жителей (2004), из них в городской черте -36,5 % жителей, в сельских районах – 63,5 % жителей (рис. 26-27).

Число жителей, которым в их домовладениях доступно центральное отопление, составляет 550,305 тыс. человек или 17,1 % от общей численности населения, из них в городской среде - 96,37 %, в сельской местности – 3,6 % .

Индивидуальным отоплением пользуется 496,382 тысяч жителей или 15,47 % от всего населения, из них в городском жилье – 65,9 %, остальная часть – в селах. Печное отопление использует 65,5 % жителей, страны, из них в городах – 14,1 % (300 тысяч жителей), остальные – 85,9 % (1,832 млн. жителей) – в селах.

Распределение проживающих жителей по домовладениям с разными видами теплоснабжения

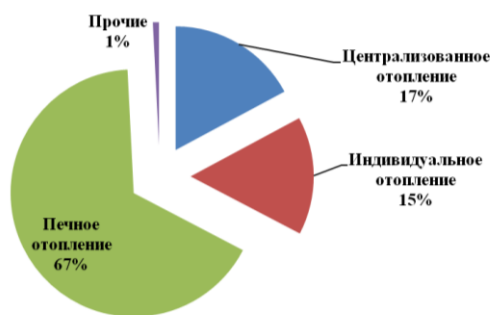


Рис. 26. Распределение проживающих жителей по домовладениям с разными видами теплоснабжения, в долевом соотношении, (%)

Распределение жителей по месту проживания, человек

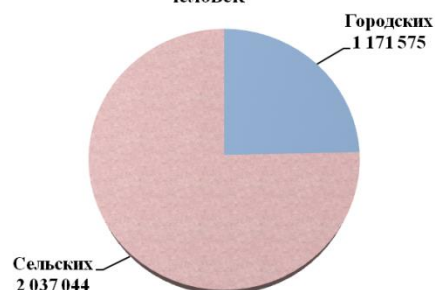


Рис. 27. Распределение жителей по месту проживания, человек

Анализ по типам жилья и площадям

73,22 % населения Молдовы проживает в индивидуальных домах со средней площадью 24,1 м² на 1 человека. Индивидуальные дома составляют 70,55 % всего жилого фонда страны. Квартиры составляют 24,1 % жилого фонда страны, рис.28-29 и таблица 14.

Таблица 14. Общие сведения по жилому фонду

	Домовладения			Население	
	Единиц	Доля, %	Средняя площадь, м ² на 1 человека	Количество жителей, человек	Доля, %
Всего домовладений, в том числе:	1 081 498	100,0	22,5	3 208 619	100,0
Индивидуальный дом	763 011	70,5	24,1	2 349 643	73,2
Часть индивидуального дома	32 679	3,0	18,8	88 843	2,7
Квартира	260 732	24,1	18,6	704 099	21,9
Общедомовое	18 800	1,7	10,8	49 736	1,5
Общая квартира	6 276	0,2	16,7	16 298	0,5

Источник: Перепись населения 2004

Центральное отопление от ТЭЦ и котельных поступает в многоквартирный жилой фонд, поэтому обеспеченность теплом в городской квартире, индивидуальном доме в городской части или в сельской местности – разная. В индивидуальном доме поступление теплоты может обеспечиваться от газовых котлов или электрических обогревателей, или от печей с использованием угля, древесины, сельскохозяйственных и древесных остатков, брикетов и пеллет.

Жители Молдовы предпочитают жить в индивидуальных частных домах (таблицы 14-15), и вопросы отопления являются одними из основных.

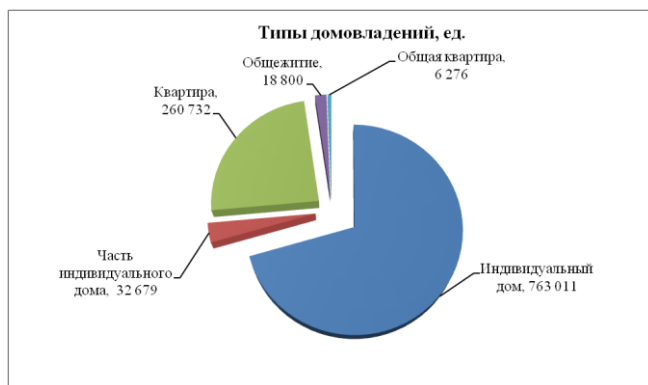


Рис.28. Количество домовладений разных типов, ед.

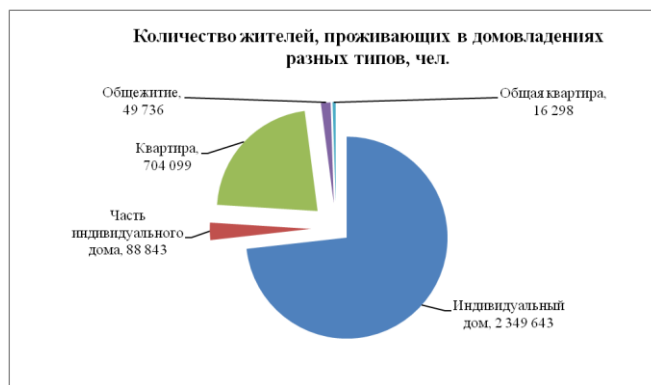


Рис.29. Количество жителей, проживающих в домовладениях разных типов, человек

Таблица 15. Жилищный фонд по формам собственности, миллионов м² общей площади

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Жилищный фонд – всего	76,8	77,1	77,1	77,8	78,4	78,9	79,3	79,9	80,2	80,6	81,0	81,5
Публичная	3,7	3,5	3,5	3,3	3,2	3,0	2,3	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8
Частная	73,0	73,4	73,5	74,3	75,1	75,7	76,9	77,8	78,1	78,7	79,1	79,7
Другие формы	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Источник: Т.6.2 СЕ-2016

Жилищный фонд имеет разное оборудование коммунальными «благами». В целом наблюдается общая тенденция улучшения жилищных условий, таблица 16. Оборудование домовладений имеет положительные тенденции для коммуникаций:

- водоснабжения - с 34,3 % (2004) до 53,5 % (2015);
- канализации – с 30,6 % (2004) до 53,2 % (2015);
- центрального отопления – с 27,4 % до 41,5 %;
- ванна (душ) – с 25,8 % до 42,6 %;
- газ (сетевой и сжиженный) – с 85,1 % до 90,2 %;
- горячая вода – с 19,4 % до 36,3 %.

Таблица 16. Оборудование жилищного фонда по жилой площади, %

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010 ¹	2011	2012	2013	2014	2015
Водопроводом	34,3	34,6	34,8	35,7	36,5	37,5	44,2	46,3	47,5	50,1	51,7	53,5
Канализацией	30,6	30,8	30,9	32,1	32,9	34,6	43,8	46,0	47,5	49,9	51,5	53,2
Центральным отоплением	27,4	27,5	27,8	28,4	29,5	30,8	35,1	36,3	37,6	39,3	40,4	41,5
Ванной (душем)	25,8	26,0	27,4	28,2	28,9	29,5	35,6	37,3	38,5	39,9	41,0	42,6
Газом ***	85,1	85,4	85,7	86,2	86,6	87,3	87,8	88,7	89	89,4	90,0	90,2
Горячим водоснабжением	19,4	19,5	21,1	21,8	22,6	23,4	29,5	30,4	31,3	33,8	35,2	36,3
Напольными электроплитами	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	0,8	0,6	0,6	0,5	0,5

Источник: Т.6.1 СЕ-2016

*)¹ Начиная с отчета за 2010 год, расчет данных по оборудованности жилищного фонда ведется по общей площади

***) включает суммарные данные по сетевому и сжиженному газу

Следует особо отметить улучшение доступа населения к природному газу, таблица 17:

- протяженность уличной газовой сети увеличилась (с 2004 г. по 2015 г.) с 10 до 23 тыс. км, особенно большой прирост был в сельской местности с 6,1 тыс. км до 15,4 тыс. км (рис.30-31);
- ежегодное число газифицируемых квартир (домов) составляло в 2004 г.-2015 г. порядка 5-10 тыс. единиц и на 2015 г. достигло 666 тыс. единиц;
- в сельской местности ежегодный рост числа домов, подключенных к газу, примерно сравним с городской средой;
- отпуск газа населению в расчете на 1 жителя был практически одинаков (2004 г.-2011 г.) – на уровне 40÷46 м³ в сельской местности; 150÷170 м³ в городской; 88÷99 м³ - в целом по стране. Начиная с 2011 года, объем потребляемого газа населением заметно снижается, как для городской, так и для сельской местности, (рис.33).

Таблица 17. Общие данные по газоснабжению населения

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Протяженность уличной газовой сети – всего, км, в том числе:												
в городской местности	10835	12465	13956	15735	17409	19003	20204	21070	21538	21843	22129	22860
в сельской местности	6147	7481	8652	10119	11441	12864	13931	14599	14973	15201	15386	15353
Число газифицированных квартир (домов) сетевым газом, тыс., в том числе:												
в городской местности	453	482	507	543	569	592	611	626	634	642	653	666
в сельской местности	345	358	368	386	396	407	415	422	427	433	440	450
Отпуск газа населению в расчете на одного жителя:												
сетевого, м³	92	99	101	86	89	92	99	91	86	80	80	78
в городской местности	176	168	174	148	151	151	170	153	151	137	138	133
в сельской местности	40	50	50	43	45	51	47	46	39	38	37	38
сжиженного, кг	13	13	12	13	12	12	11	15	16	16	16	17

Источник: Т.6.7 СЕ-2016



Рис. 30-31. Общая протяженность уличной сети газопроводов и ее протяженность в городской и сельской местности

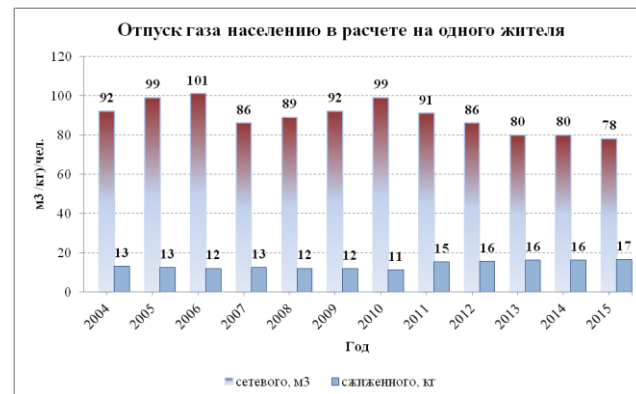


Рис. 32-33. Число газифицированных домовладений и объемы отпущенного газа населению

6. ВАЛОВЫЙ ВНУТРЕННИЙ ПРОДУКТ

Валовый внутренний продукт (ВВП) используется для характеристики результатов производства, уровня экономического развития и темпов экономического роста. Валовый внутренний продукт показывает рыночную стоимость всех конечных товаров и услуг, произведенных на территории страны в течении года. Для расчета ВВП используется несколько разных формул, в том числе:

- $ВВП = \text{валовая добавленная стоимость (ВДС)} + \text{чистые налоги}$ (производственный метод);
- $ВВП = \text{Конечное потребление} + \text{Валовое накопление основного капитала} + \text{Изменение запасов} + (\text{Экспорт} - \text{Импорт})$ (метод конечного потребления);

В экономической литературе и в статистике информация по ВВП может отражаться в разных формах, в зависимости от формулы расчета, или же приводиться сразу в нескольких вариантах. В целом, каждая из формул представляет собой расчет одного из 4 квадрантов межотраслевого баланса, который представляет собой наиболее информативное обобщение деятельности экономики страны. В период до 1990 года межотраслевой баланс ежегодно составлялся и использовался руководящими организациями для анализа и планирования. В последующий период такая работа систематически не проводилась, и экономические показатели представляются в виде отчетных таблиц, которые являются отдельными частями межотраслевого баланса.

1) Величина внутреннего валового продукта и его структура

За период 2001 по 2015 гг. ВВП вырос почти в 6,5 раз, с 19,05 млрд. лей до 122,17 млрд. лей (текущие цены).

Таблица 18. Объем ВВП в млрд. лей и млрд. долларов

Год	ВВП в млрд. лей	ВВП в млрд. долларов
1995	6,48	1,44
1997	8,92	1,90
1998	9,10	1,70
1999	12,32	1,17
2000	16,02	1,28
2001	19,05	1,48
2002	22,56	1,66
2003	27,62	1,98
2004	32,03	2,60
2006	44,75	3,41
2007	53,35	4,39
2008	62,92	6,05
2009	60,04	5,40
2010	71,88	5,81
2011	82,35	7,02
2012	88,23	7,28
2013	100,51	7,98
2014	112,05	7,98
2015	122,17	6,49

Источник: Т.13.20 СЕ-2016

В 2015 г. в структуре ВВП валовая добавленная стоимость составляла 84 %, а чистые налоги на продукты – 16 %, (рис. 35).

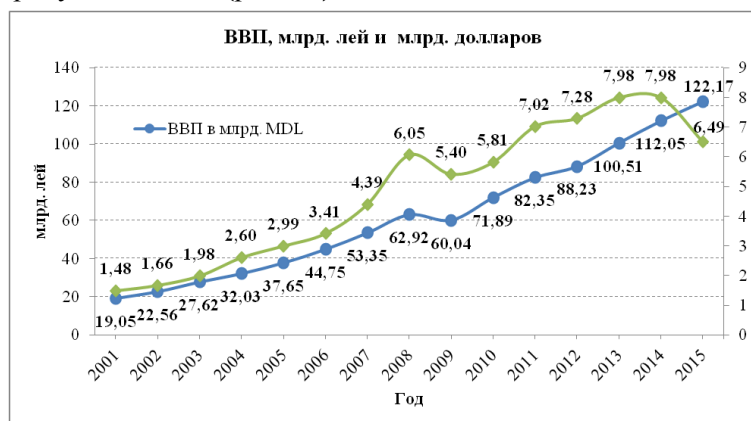


Рис. 34. Динамика изменения ВВП



Рис. 35. Структура ВВП, %

2) **Величина ВВП на душу населения** возросла с 407 долларов/чел. (2001 г.) до 2244 долларов/чел. (2014 г.). В 2015 г. впервые ВВП снизился и составил 1826 долларов/чел. (из-за курса валют). В левом выражении ВВП на душу населения вырос (2015 г./2001 г.) с 5241 до 34364 лей на человека, (рис.36).



Рис. 36. Динамика ВВП на душу населения, лей/чел. и долларов/чел.

Для ВВП в текущих ценах наблюдается общая тенденция роста. В целом величина данного показателя несопоставима со средним уровнем ВВП стран Большой восьмерки.

Таблица 19. ВВП по основным видам экономической деятельности, млн. лей

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Валовая добавленная стоимость (А)	31616	37339	44413	51774	50809	59921	68390	73686	83719	94504
в том числе:										
Сельское хозяйство, охота и лесоводство	6158	6475	5317	5525	5111	8633	10069	9865	12337	14569
Рыболовство, рыбоводство	17	14	17	19	23	24	26	31	46	50
Промышленность	5936	6581	7616	8737	8031	9535	11518	12314	14328	16295
Горнодобывающая промышленность	144	225	263	315	241	270	348	365	461	492
Обрабатывающая промышленность	5022	5599	6300	7094	6391	7619	9355	10032	11789	13602
Электро - и теплоэнергия, газ и водоснабжение	770	757	1053	1328	1399	1646	1815	1916	2078	2201
Строительство	1257	1776	2586	3115	2109	2438	2720	3041	3373	4008
Оптовая и розничная торговля ¹	3929	5145	6714	8149	7954	9213	11119	12111	13713	15315
Транспорт и связь	4604	5289	6582	7601	7226	8099	9002	9433	10093	10809
Прочие виды деятельности	10472	13175	16797	19937	21340	23478	25710	28634	31540	35539
Услуги финансового посредничества, измеряемые косвенным образом	-757	-1116	-1216	-1309	-985	-1499	-1774	-1743	-1711	-2082
Чистые налоги на продукты (Б)	6036	7415	9017	11148	9621	11964	13959	14542	16791	17546
Валовый внутренний продукт (А+Б)	37652	44754	53430	62922	60430	71885	82349	88228	100510	112050

Источник: Т.13.20 СЕ-2016

Согласно данным Международного валютного фонда (МВФ), в перечне из 191 стран Молдова занимает 144 место по номинальному значению ВВП.

www.imf.org/external/russian, рис.37.

Рис. 37. Страны по номинальному значению ВВП, (по данным МВФ)



Таблица 20. Вклад основных видов экономической деятельности в формирование валового внутреннего продукта, %

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Валовая добавленная стоимость (А)	85,9	84	83,4	83,1	82,3	84,1	83,4	83,0	83,5	83,3	84,3
в том числе:											
Сельское хозяйство, охота и лесоводство	17,6	16,4	14,5	10	8,8	8,5	12,0	12,3	11,2	12,3	13,1
Промышленность, в том числе:	17,1	15,8	14,7	14,2	13,9	13,3	13,3	14,0	14,0	14,3	14,5
Горнодобывающая промышленность	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
Обрабатывающая промышленность	14,5	13,3	12,5	11,8	11,3	10,6	10,6	11,4	11,4	11,7	12,1
Электро и теплоэнергия, газ и водоснабжение	2,2	2,1	1,7	1,9	2,1	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0
Строительство	3,4	3,4	4	4,8	4,9	3,5	3,4	3,3	3,4	3,4	3,6
Оптовая и розничная торговля ¹	10,6	10,4	11,5	12,6	13	13,2	12,8	13,5	13,7	13,6	13,7
Транспорт и связь	11,8	12,2	11,8	12,3	12,1	11,9	11,3	10,9	10,7	10,0	9,6
Прочие виды деятельности	27,7	27,8	29,4	31,5	31,7	35,3	32,7	31,2	32,5	31,4	31,7
Услуги финансового посредничества, измеряемые косвенным образом	-2,3	-2	-2,5	-2,3	-2,1	-1,6	-2,1	-2,2	-2,0	-1,7	-1,9
Чистые налоги на продукты (Б)	14,1	16	16,6	16,9	17,7	15,9	16,6	17,0	16,5	16,7	15,7
Валовый внутренний продукт (А+Б)	100	100	100	100	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

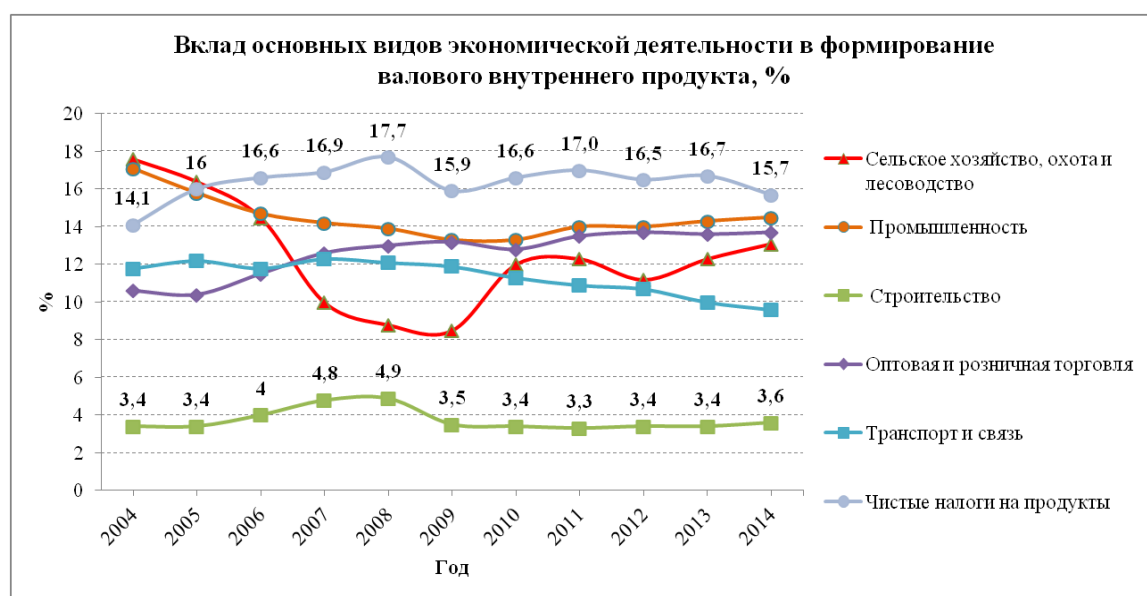


Рис. 38. Вклад отраслей экономики в валовую добавленную стоимость (ВД), %

Вклад в ВВП основных видов деятельности составляет следующие величины (2004 г./2014 г.), таблица 20 и рис. 38-39:

- сельское хозяйство: в 2004–17,6 %; в 2014–13,1 %;
- Промышленность: в 2004–17,1 %; в 2014–14,5 %;
- электроэнергия, теплоэнергия, газ и водоснабжение: в 2004 – 2,2 %; в 2014 – 2,0 %;
- строительство: в 2004– 3,4 %; в 2014 – 3,6 %;
- торговля: в 2004– 10,6%; в 2014 – 13,7%;
- транспорт и связь: в 2004 – 11,8 %; в 2014 – 9,6 %;

Наибольшие колебания наблюдались в сельском хозяйстве.



Рис. 39. Вклад основных отраслей экономики в ВД, %

7. СФЕРА ПРОМЫШЛЕННОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ЭНЕРГЕТИКА

1) Объемы промышленного производства

Величина промышленного производства приведена в таблице 21 в леях и долларах, указан также и курс валют.

В долларовом эквиваленте объем промышленного производства вырос с 810 млн. долл. (2001 г.) до 2426 млн. долл. (2015 г.), рис. 40. Общее производство продукции в промышленности оценивается в 2015 году на уровне 45 654,9 млн. лей, в том числе: горнодобывающая отрасль - 460,9 млн. лей, обрабатывающая промышленность - 37 706,9 млн. лей и энергетическая отрасль – 7 187,4 млн. лей. Производство продукции в горнодобывающей и энергетической отраслях достаточно стабильно весь исследуемый период. Более чувствительной к внешним воздействиям оказывается обрабатывающая промышленность. Для нее наблюдается значительное падение производства в кризисные годы (2008 г./2009 г.). Так как доля этой промышленности самая большая, то имеет место аналогичное падение общей величины промышленного производства в этом же году. Затем ситуация изменилась к лучшему, и производство продукции возросло.

Таблица 21. Объемы промышленного производства в леях и долларах

Год	Объем промышленного производства, млн. лей	Курс валют, лей за 1 доллар	Объем промышленного производства, млн. долларов
1995	4265,2	4,490	949,9
1996	4690,4	4,600	1019,7
1997	5889,4	4,620	1274,8
1998	5981,9	5,370	1113,9
1999	7190,8	10,524	683,3
2000	8167,7	12,433	656,9
2001	10427,6	12,867	810,4
2002	12624,1	13,573	930,1
2003	15963,1	13,943	1144,9
2004	17591,1	12,328	1426,9
2005	20770,2	12,600	1648,4
2006	22370,7	13,132	1703,5
2007	26173,5	12,136	2156,6
2008	29988,4	10,390	2886,4
2009	22643,9	11,113	2037,5
2010	28140,1	12,366	2275,5
2011	34194,4	11,737	2913,4
2012	36362,2	12,111	3002,3
2013	39403,3	12,587	3130,4
2014	43548,0	14,036	3102,7
2015	45654,9	18,819	2426,1

Источник: Т.14.1 СЕ-2016



Рис. 40. Объемы произведенной продукции в целом

В доленом отношении в 2015 году наибольший вклад в объемы промышленного производства внесла обрабатывающая промышленность - 82,6 %; энергетическая промышленность - 15,72 %, горнодобывающая - 1,7 %, рис.41.



Рис. 41. Вклад каждого вида промышленности в общее производство (по основным видам)

Таблица 22. Объемы произведенной промышленной продукции по видам деятельности, млн. лей

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Промышленность – всего	17591,1	20770,2	22370,7	26173,5	29988,4	22643,9	28140,1	34194,4	36362,2	39403,3	43548,0	45654,9
Горнодобывающая промышленность	206,2	285,8	433,9	518,4	641,5	428,7	466,6	574,9	578,1	730,4	799,5	760,9
Обрабатывающая промышленность	14665,4	17627,1	18717,9	21390,3	24045,5	18080,3	22784,9	28245,1	30147,7	31707,3	35452,3	37706,6
Электро- и теплоэнергия, газ и водоснабжение	2068,7	2235,2	2367,9	3175,8	3853,4	4134,9	4888,6	5374,5	5636,5	6965,6	7296,2	7187,4
Производство и распределение электро- и теплоэнергии, газа, пара и горячей воды	1789,0	1949,2	2073,1	2804,2	3379,0	3614,8	4232,6	4666,5	4881,4	4727,1	4847,1	5004,0
Сбор, очистка и распределение воды	279,7	286,0	294,8	371,6	474,4	520,1	656,0	708,0	755,1	2238,5	2449,1	2183,4
Промышленность – всего	16940,3	20148,1	21519,7	25084,5	28540,4	22643,9	28140,1	34194,5	36362,3	39403,3	43548,0	45654,9
Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Промышленность – всего, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Горнодобывающая промышленность	1,2	1,4	1,9	2,0	2,1	1,9	1,7	1,7	1,6	1,9	1,8	1,7
Обрабатывающая промышленность	83,4	84,9	83,7	81,7	80,2	79,8	81,0	82,6	82,9	80,5	81,4	82,6
Электро- и теплоэнергия, газ и водоснабжение	11,8	10,8	10,6	12,1	12,8	18,3	17,4	15,7	15,5	17,7	16,8	15,7

Источник: Т.14.4 СЕ-2016

2) Энергетика в общем промышленном производстве

В статистической литературе рассматривается электроэнергетика, теплоэнергетика, газовый сектор и водоснабжение в едином разделе. На рис. 42 для них приведены суммарные объемы выпуска производства в леях, которые имеют тенденцию роста – с 2068,7 млн. лей (2004 г.) до 7187,4 млн. лей (2015 г.) или более чем в 3 раза. Только в 2015 году производство продукции в энергетической отрасли впервые уменьшалось на 108,8 млн. лей по сравнению с 2014 г.



Рис. 42. Производство продукции в энергетике

8. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС

1) Структура топливно-энергетического баланса (ТЭБ)

В структуру ТЭБ страны входят импортируемые жидкие нефтепродукты, уголь и газ, таблица 23. Из собственных ТЭР имеется только древесина, сельскохозяйственные и древесные остатки в объеме 3-4 % от потребности в ТЭР, и крайне малое количество гидроэнергии (менее 1 % от потребности). По каждому виду топлива наблюдается следующая динамика потребления (2005 г.-2015 г.) рис.43-45:

- бензин-снижение с 215 тыс. тонн (2005 г.) до 162 (2015 г.), (рис.44);
- дизельного топлива- рост с 328 тыс. тонн (2005 г.) до 492 тыс. тонн (2015 г.), (рис.44);
- сжиженный нефтяной газ (СНГ)-рост с 53 тыс. тонн (2005 г.) до 75 тыс. тонн (2015 г.)

Суммарно потребление жидких топлив возросло почти в 1,2 раза. Самое большое количество жидких топлив было использовано в 2015 г. – 730 тыс. тонн. Твердые топлива (уголь) – потреблялись за весь период примерно в одном и том же объеме 126-195 тыс. тонн, пик потребления был зафиксирован в 2011 г. и составил 195 тыс. тонн, (рис.43).

Использование природного газа снизилось примерно на 25 %, достигнув в 2015 г величины 486 млн. м³ (рис.43), в тот время как потребление СНГ с каждым годом только увеличивается.

Использование местных видов топлива также росло ежегодно и потребление древесины было в диапазоне 250÷400 тысяч плотных м³. Начиная с 2014 года, количество потребленной биомассы значительно изменилось в большую сторону (в 3 раза). Это связано с улучшением учета этой группы топлив Национальным бюро статистики.

За последние 15 лет, в результате проведения разных проектов, было высажено много деревьев, и общая площадь лесов в стране на текущий момент составляет 13 % по сравнению с 8 % в 2000 г.

Таблица 23. Потребление разных видов топлива (Final Consumption) в Правобережье, тыс. тонн

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Бензин	215	198	203	208	207	197	207	168	161	159	162
Дизельное топливо	328	333	350	367	336	417	443	396	435	457	492
Мазут	5	5	4	7	7	3	2	0	1	1	1
СНГ	53	50	53	55	60	64	67	74	74	77	75
Жидкие, суммарно:	601	586	610	637	610	681	719	638	671	694	730
Уголь, тысяч тонн	175	185	126	194	172	183	195	188	235	175	168
Газ, млн. м ³	642	650	590	539	546	591	584	546	461	478	486
Дрова, тыс. плотных м³	251	311	257	288	261	267	307	363	399	1373	1501

Источник: Топливо-энергетические балансы Республики Молдова за 2001-2015 Национального Бюро статистики, www.statistica.md

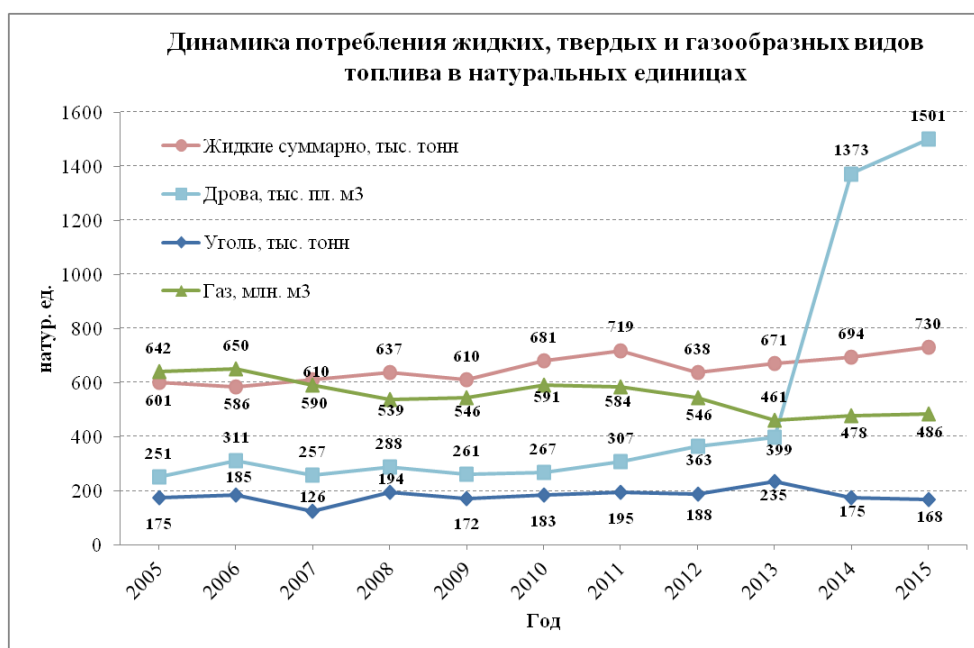


Рис. 43. Потребление топлива по типам



Рис. 44. Динамика потребления бензина и дизельного топлива

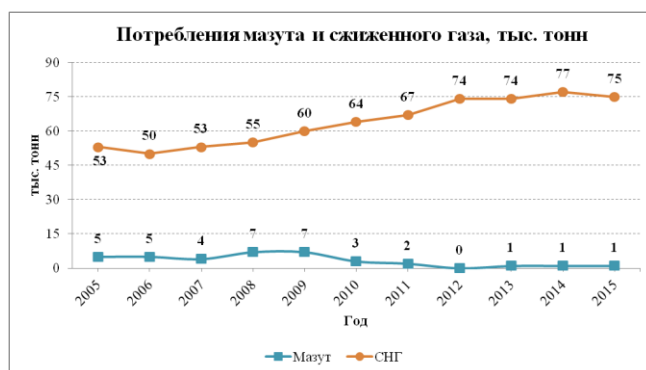


Рис. 45. Динамика потребления мазута и СНГ

2) Структура и объемы поступления топлива из разных стран

В 2016 г. наибольшая часть объемов бензина и дизельного топлива (89,1 и 70,4 % соответственно) импортировалась из Румынии. 16,4% дизельного топлива поставлено из России. Остальные страны – поставщики - это Беларусь, Словакия, Болгария, Литва, Израиль, Казахстан. Импорт сжиженного нефтяного газа осуществляется из Румынии, Беларуси, Болгарии, России, Казахстана (таблица 24 и рис. 46).

Таблица 24. Объемы поставок топлива из разных стран в долевом отношении 2016 г., %

	Бензин	Дизельное топливо	Сжиженный газ
Румыния	89,1	70,4	34,0
Беларусь	6,7	4,7	2,0
Болгария	0,7	4,3	0,5
Литва	2,9	2,9	
Россия		16,4	55,6
Казахстан			7,8
Израиль		1,1	
Словакия	0,6		
Другие		0,3	
Всего	100	100	100

Источник: www.anre.md

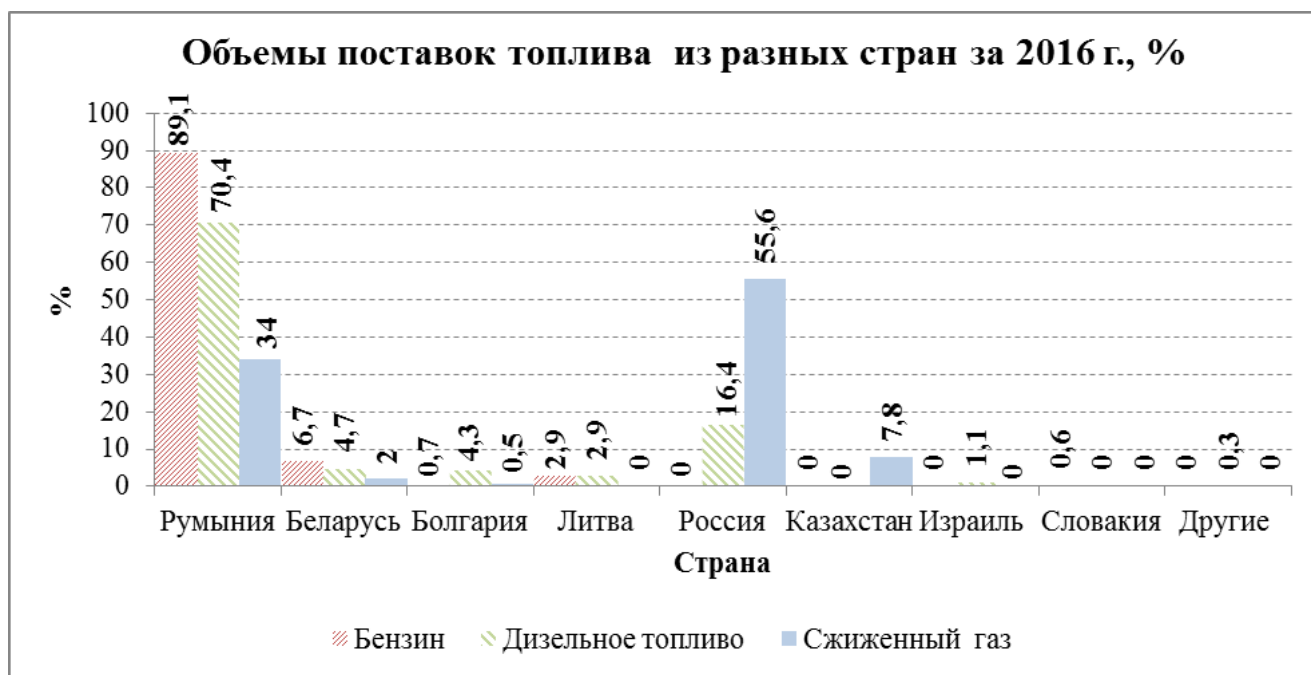


Рис. 46. Объемы поставок топлива из разных стран, %

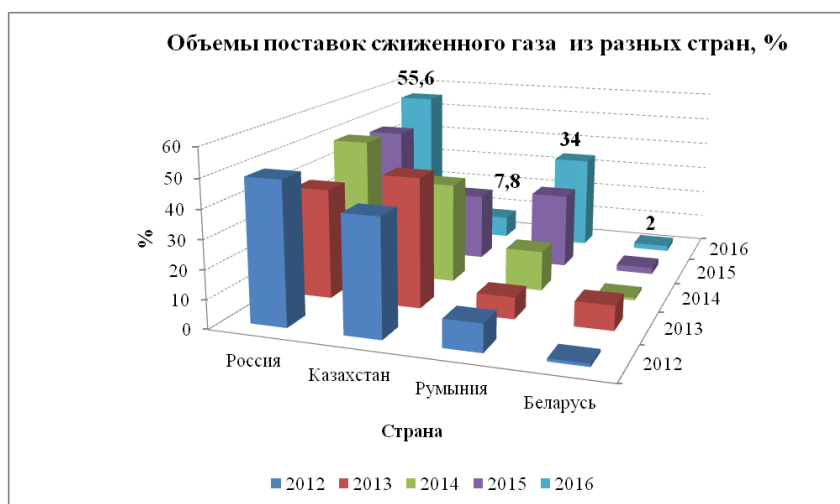


Рис. 47. Динамика поставок сжиженного газа из разных стран, %



48. Динамика поставок бензина из разных стран, %

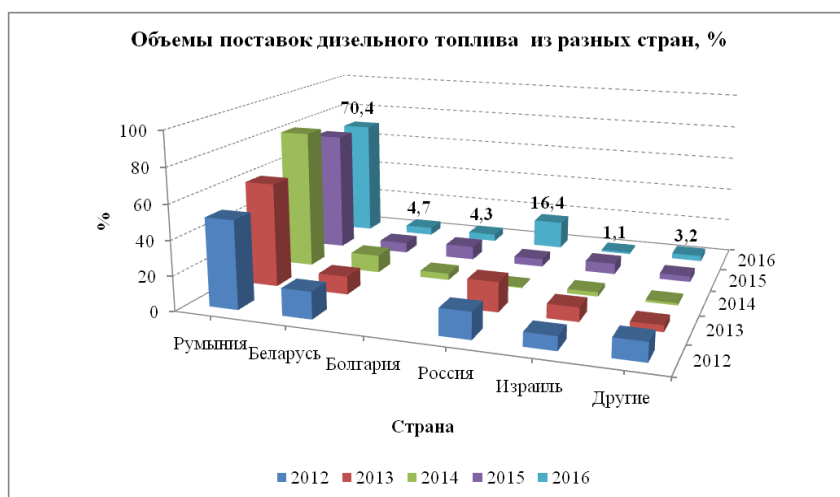


Рис. 49. Динамика поставок дизельного топлива из разных стран, %

9. СФЕРА ИНВЕСТИЦИЙ

Инвестиционная сфера (ИС) - это общность всех экономических, финансовых и инвестиционных взаимоотношений между отдельными экономическими единицами, обеспечивающих развитие и рост производства либо капитала. Субъектами ИС являются: государство, отраслевые министерства и ведомства, региональные органы власти, администрации предприятий и население.

Уровень объема общих инвестиций с 2001 г. по 2008 г. возрастал с 12,15 % (от величины ВВП в текущих ценах) до 28,96 %, затем наблюдался резкий спад на 10 % - до 18,41 %. На 2015 г. данный показатель составляет 17,29 %.

Начиная с 2010 г., доля иностранных инвестиций сократилась в 2 раза, достигнув самой низкой величины в 2014 г. (6,0 %).

Таблица 25. Общая информация по инвестициям в Правобережье

Год	Инвестиции в основной капитал млн. лей	Стоимость основных средств (ОС) страны млн. лей	Объем иностранных инвестиций млн. лей
1997	1202,4	1093,0	171,1
1998	1444,4	1190,3	283,7
1999	1591,8	1286,1	591,8
2000	1759,3	1594,4	445,3
2001	2315,1	2079,9	450,2
2002	2804,2	2965,0	332,7
2003	3621,7	3017,4	535,2
2004	5140,0	4316,0	1056,9
2005	7796,5	6368,3	1444,0
2006	11012,3	7848,1	2088,3
2007	15335,8	11210,6	3097,8
2008	18224,8	14138,8	3727,3
2009	11123,6	11374,9	2418,3
2010	13804,8	13156,0	2506,6
2011	16449,5	15384,3	1299,3
2012	17153,9	14566,3	1348,9
2013	19132,3	16891,0	1429,5
2014	21158,5	19111,5	1267,7
2015	21123,3	18942,9	1492,2

Источник: Т.17.1.1; 17.1.17; 13.1 СЕ-2016

В экономической литературе обобщен мировой опыт стран, который определяет кризисные величины для данной сферы, который задает диапазоны (или значения) необходимых инвестиций для нормального функционирования экономики [3-6]. Рассмотрим их подробнее.

1) Величина инвестиций в экономику по отношению к ВВП должна быть не менее 12 %. За рассматриваемый период это соотношение составляло 11÷29 %, в 2000-2008 годы наблюдался устойчивый рост с 11 % до 29 %, затем последовал спад до 18 % (2009) в результате кризиса 2008 года. В последующие годы динамика роста стала восстанавливаться с колебаниями (рис.50).



Рис.50. Динамика изменения величины инвестиций в экономику к величине ВВП



Рис. 51. Динамика изменения величины инвестиций в экономику по отношению к стоимости вводимых в действие основных средств

2) Величина инвестиций в экономику по отношению к стоимости вводимых в действие основных средств должна быть не менее 6 %.

Ежегодные инвестиции превышают стоимость основных производственных фондов (ОПФ) в диапазоне 10÷40 %, что свидетельствует о благополучной ситуации.

Наименьшее количество инвестиций было вложено в 2002 г. (по сравнению со стоимостью ОПФ) – 95 %, наибольшие в 2006 г. -140 %, затем наблюдается спад до 2009 г. и с 2010 г. вновь рост с колебаниями (рис. 51).



Рис. 52. Инвестиции в основной капитал, млн. лей



Рис. 53. Изменение доли иностранных инвестиций в суммарном объеме инвестиций

3) Иностранные инвестиции

Прямые иностранные инвестиции— это форма участия иностранного капитала в реализации инвестиционных проектов на территории государства-реципиента инвестиций, которая представляет собой долгосрочные капиталовложения иностранного инвестора в производственные, торговые и иные коммерческие предприятия с целью получения прибыли.

Доля иностранных инвестиций в общем объеме инвестиций должна составлять не менее 10 %.

В РМ фактические значения данного индикатора – от 7 % до 37 %. Ярко выраженный спад наблюдается начиная с 2010 года (рис. 53). Снижение уровня инвестиций в последующий период 2010 г.-2015 г. можно объяснить сложностями политической ситуации в стране, так как договоренности по инвестициям являются, в основном, результатом государственных переговоров. В данный момент доля иностранных инвестиций в общем объеме инвестиций почти в 1,5 раза ниже пороговых значений.

В Республике Молдова проводится государственная политика по привлечению инвестиций и снятию барьеров при поставке на международные рынки молдавских товаров. В результате растет инвестиционная привлекательность РМ.

10. ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКАЯ СФЕРА

Общая величина экспорта и импорта страны образует ее внешнеторговый оборот. Объем всей мировой торговли подсчитывается путем суммирования только объемов экспорта каждой страны.

1) Величина экспорта продукции

Предметами экспорта могут быть товары, произведенные в стране, и товары, ввезенные в страну и переработанные в ней.

В РМ величина экспорта имела тенденцию роста за весь исследуемый период (1996-2015 гг.):

795 млн. долл. (1996 г.), затем наблюдалось снижение до 463 млн. долл. в течение нескольких лет (1998-1999 гг.), затем практически ежегодно имел место рост экспорта продукции до величины 1541 (2010 г.) и 2340 (2014 г.) млн. долларов.

В 2015 г. величина экспорта уменьшилась до 1966,8 млн. долларов. Данный показатель является чувствительным к курсу валют (величина экспорта, выраженная в леях, продолжает расти), таблица 26 и рис. 54.

Таблица 26. Основные сведения по экспорту и импорту продукции

Год	Экспорт		Импорт		Потребление	
	млн. долларов	млн. лей	млн. долларов	млн. лей	млн. долларов	млн. лей
1996	795	3657	1072	4932	нет данных	нет данных
1997	874	4038	1171	5411	нет данных	нет данных
1998	632	3393	1024	5497	нет данных	нет данных
1999	463	4873	586	6166	1054,6	11090,0
2000	471	5862	776	9654	1327,2	16503,0
2001	565	7275	892	11479	1497,3	19263,0
2002	644	8737	1038	14086	1716,1	23289,0
2003	790	11016	1402	19556	2183,7	30451,0
2004	985	12147	1769	21805	2700,6	33298,0
2005	1091	13750	2292	28882	3283,3	41368,0
2006	1052	13809	2693	35365	3881,8	50972,0
2007	1342	16289	3690	44791	4993,2	60618,0
2008	1591	16536	4899	50908	6875,6	71451,0
2009	1288	14304	3278	36420	6172,5	68574,0
2010	1541	19067	3855	47687	6729,6	83240,0
2011	2217	26021	5191	60936	8186,1	96090,5
2012	2162	26183	5213	63136	8509,6	103063,0
2013	2428	30566	5492	69135	8990,7	113169,0
2014	2340	32837	5317	74627	8856,0	124299,0
2015	1966	37013	3986	75026	7025,7	132213,0

Источник: Т.13.7; Т.13.1; Т.20.1 СЕ-2016



Рис. 54. Величина экспорта

2) Величина импорта продукции

Импорт - это ввоз товаров, технологий, услуг для их реализации на внутреннем рынке, а также для транзита в третьи страны. В объем импорта включается обратный ввоз из-за границы не подвергшихся переработке отечественных товаров — реимпорт.

Похожий тренд изменения, как и для экспорта, наблюдается и у показателя величины импортируемой продукции - с общей тенденцией роста, примерно в 5 раз (2001÷2014 гг.).

Наибольшая величина импорта продукции была зафиксирована в 2008 г., затем наблюдался «провал», затем имело место восстановление прежней тенденции роста (в текущих ценах). В 2015 г. объем импортируемой продукции снизился как в национальной валюте, так и долларовом эквиваленте (рис. 55).



Рис. 55. Величина импорта

3) Соотношение импорта и экспорта

Этот показатель показывает превышение величины импорта над величиной экспорта в 1,5÷3 раза, рис.56.



Рис. 56. Соотношение величины экспорта и импорта в млн. долларов

В экономической литературе отмечаются определенные кризисные соотношения для данных показателей, а именно:

а) Отношение суммарного объема экспорта продукции к ВВП должно быть не менее 10 % от ВВП. Фактические значения за исследуемый период составляли 24÷46 %; самая низкая отметка была зафиксирована в 2009 г. – 23,7 %. С 2010 наблюдается небольшой рост (рис. 56).



Рис. 57. Отношение величины экспорта продукции к ВВП

б) Для нормального функционирования экономики величина экспорта продукции должна быть не менее 60 % от величины ее импорта. Фактические значения имели тенденцию почти постоянного снижения в период 1999-2008 гг. с 79 % до 32 %, т.е. положение являлось кризисным практически десять лет. В 2010 -2015 гг. ситуация стала немного улучшаться, но еще не вышла из кризисной зоны (рис. 58).

Обратное соотношение импорт/экспорт показывает величины 1,5-2 раза, доходя до максимального значения (превышение в 3 раза) в 2008 году. Именно на этом графике виден отклик на экономический кризис 2008 года в виде резкого скачка (рис.59).



Рис. 58. Отношение величины экспорта продукции к величине импорта, %



Рис. 59. Отношение величины импорта продукции к величине экспорта, %
(обратный к предыдущему график)

11. СФЕРА НАУКИ

Данная сфера включает 1 показатель «Доля расходов на науку и научное обслуживание в ВВП», кризисным порогом которого является значение 0,6 % от ВВП.

Фактические значения показателя постоянно были в кризисной зоне, не превышая 0,58 %, рис.61.

В период 2001-2009 гг. вложения в науку увеличивались с каждым годом, что позволило обеспечить средства не только на зарплату, но и осуществить некоторое улучшение лабораторной базы, улучшить компьютерное обеспечение, улучшить имидж молдавской науки на международном уровне, в некоторой мере улучшить техническое состояние зданий. Иными словами, фактически обеспечить социально-образовательную функцию науки.

Начиная с 2010 года, доля расходов на науку в ВВП постоянно уменьшается, и в 2015 году составила 0,37 % от величины ВВП. Для получения экономического эффекта от научной деятельности таких средств недостаточно.

Таблица 27. Изменение индикатора величины доли из ВВП, отчисляемой на науку, %

Год	Расходы на науку, млн. лей	ВВП, млн. лей	Доля в ВВП, %
1995	22,70	6480,00	0,35
1996	29,90	7798,00	0,38
1997	34,20	8917,00	0,38
1998	24,90	9122,00	0,27
1999	26,60	12322,00	0,22
2000	27,60	16020,00	0,17
2001	32,40	19019,00	0,17
2002	43,90	22556,00	0,19
2003	54,70	27619,00	0,20
2004	67,30	32032,00	0,21
2005	139,50	37652,00	0,37
2006	199,60	44754,00	0,45
2007	307,80	53430,00	0,58
2008	340,40	62922,00	0,54
2009	317,60	60430,00	0,53
2010	316,20	71885,47	0,44
2011	333,50	82348,70	0,40
2012	368,24	88228,00	0,42
2013	356,05	100510,00	0,35
2014	415,22	112050,00	0,37
2015	450,98	122170,00	0,37

Источник: Т.7.2.9 СЕ-2016



Рис. 60. Расходы на науку, млн. лей



Рис. 61. Расходы на науку в ВВП, %

В пятёрку стран, лидирующих по объёмам инвестиций в науку в абсолютном выражении, вошли крупные экономические державы: США, Китай, Япония, Германия и Республика Корея. В мировом масштабе в 2015 году на один миллион жителей приходилось 1083 исследователей. Однако доля исследователей в странах со средним уровнем дохода, за исключением Китая, снизилась с 17 % до 15 % в период между 1996 и 2015 годами.

Эта тревожная тенденция к снижению имеет глобальные последствия для устойчивого развития.

<http://www.unesco.org>

12. СФЕРА ПРАВОПОРЯДКА

Данная сфера включает 1 показатель - количество зарегистрированных преступлений на 1000 человек населения. Кризисным порогом считается величина числа преступлений более 18 (на 1000 человек), по данным [3-4]. В Правобережье этот показатель имел тенденцию снижения в период 1999-2008 гг. от 10,7 (1999 г.) до 6,8 (2008 г.). Затем ситуация с каждым годом стала ухудшаться, но кризисный порог пока не достигнут, таблица 28 и рис. 63.

Таблица 28. Число зарегистрированных преступлений на 1000 человек населения

Год	Количество зарегистрированных преступлений, единиц	Количество зарегистрированных преступлений на 1000 человек, единиц
1995	38409,0	10,7
1996	34822,0	9,7
1997	39914,0	11,1
1998	36195,0	10,1
1999	39346,0	10,8
2000	38267,0	10,5
2001	37830,0	10,4
2002	36302,0	10,0
2003	32984,0	9,1
2004	28846,0	8,0
2005	27595,0	7,7
2006	24767,0	6,9
2007	24362,0	6,8
2008	24788,0	6,9
2009	25655,0	7,2
2010	33402,0	9,4
2011	35124,0	9,9
2012	36615,0	10,3
2013	38157,0	10,7
2014	41786,0	11,7
2015	39782,0	11,1

Источник: Т.12.3 СЕ-2016



Рис. 62. Число зарегистрированных преступлений



Рис. 63. Число зарегистрированных преступлений на 1000 человек населения

13. СФЕРА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВИЕМ

Сфера обеспечения продовольствием описывается уровнем потребления картофеля, овощей, молочных продуктов, хлебобулочных изделий, яиц и мяса по отношению к медицинским нормам и способности сельского хозяйства страны обеспечить население собственными продуктами.

1) Производство и потребление продуктов питания на душу населения

Общее собственное производство данных видов продукции в Правобережье удовлетворительное и находится на уровне спроса по всем видам, за исключением зерна. Зерна производится в несколько раз больше потребляемых количеств (4÷7 раз), таблицы 29 - 30.

Таблица 29. Потребление продуктов питания на душу населения, кг

Год	Картофель, кг	Овощи, кг	Молочные продукты, кг	Хлебобулочные изделия, кг	Яйца, шт.	Мясо, кг
1995	68	86	165	135	107	23
1996	71	65	161	127	116	25
1997	69	69	155	135	121	25
1998	65	113	155	134	122	27
1999	62	109	145	133	132	25
2000	53	83	153	134	133	24
2001	65	103	155	139	139	24
2002	68	99	167	141	158	27
2003	69	107	164	133	158	27
2004	63	88	166	146	162	32
2005	75	110	171	140	165	35
2006	88	132	177	136	168	38
2007	48	89	180	118	179	37
2008	55	88	180	114	144	31
2009	55	104	201	112	166	33
2010	52	96	200	110	168	34
2011	51	97	214	110	183	37
2012	50	105	232	110	175	39
2013	48	109	220	110	178	42
2014	47	104	212	111	179	43
2015	46	110	213	113	177	46

Источник: Aspecte privind nivelul de trai al populatiei, NBS, www.statistica.md

Потребление продуктов питания на душу населения в Правобережье в период 1995-2015 гг. составляло:

- картофеля 46÷88 кг;
- овощей - 65÷132 кг;
- мяса - 23÷46 кг.

Потребление картофеля, начиная с 2008 г., имеет тенденцию снижения; потребление мяса и овощей - тенденцию роста, рис.64.

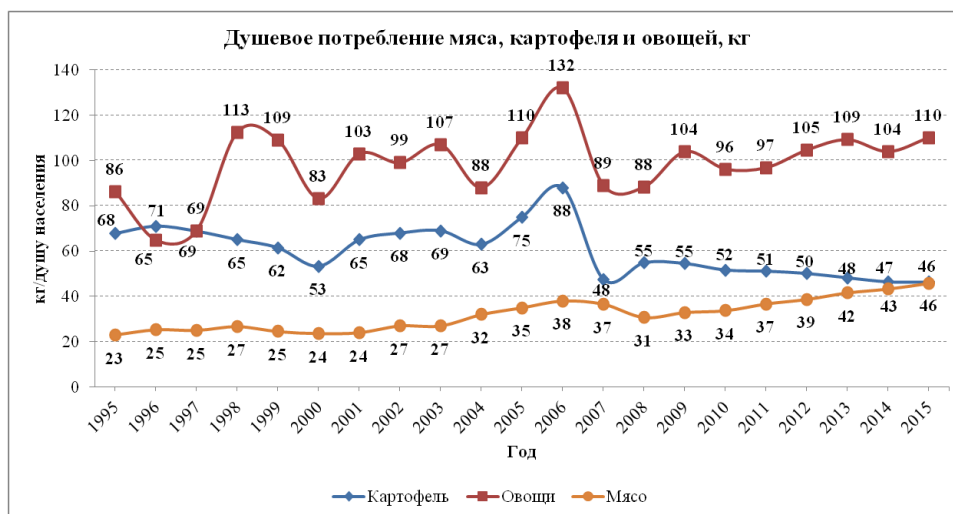


Рис. 64. Душевое потребление мяса, картофеля и овощей, кг

Потребление молочной продукции и яиц имеют динамика роста, в то время как потребление хлебобулочных изделий снижается:

- *молочных продуктов* - $145 \div 232$ кг (рис.65);
- *хлебобулочных изделий* – $146 \div 110$ кг (рис.65);
- *яиц (шт.)* - $107 \div 183$ (рис. 66).



Рис. 65. Душевое потребление молочных продуктов и хлебобулочных изделий, кг



Рис. 66. Потребление яиц на душу населения

Собственное производство практически удовлетворяет потребность в продуктах населения (рис. 67, 68, 69, 70). Только по зерну и картофелю имеется возможность экспорта. Данный показатель считается кризисным при величине удовлетворения спроса на уровне менее 55 % от потребности (или 0,55 о.е.).

Фактические значения индикатора, за последние 10 лет, по всем видам продуктов не превышают 1 о.е., (кроме зерна и картофеля). Иными словами, ряд продуктов производится недостаточно: овощей – $0,6 \div 0,9$ о.е., молочных продуктов – $0,6 \div 0,9$ о.е.; мяса – $0,7 \div 0,9$ о.е..

Таблица 30. Производство продуктов питания на душу населения, кг

Год	Картофель, кг	Овощи, кг	Молочные продукты, кг	Хлебобулочные изделия, кг	Яйца, шт.	Мясо, кг
1995	106	135	211	663	130	32
1996	95	89	189	506	143	31
1997	107	97	169	870	140	31
1998	102	137	167	684	148	28
1999	90	134	162	603	152	29
2000	91	100	158	532	158	24
2001	106	123	160	724	170	23
2002	90	109	167	714	185	24
2003	84	100	164	746	171	23
2004	88	87	174	831	185	24
2005	105	108	183	789	212	24
2006	105	132	175	639	213	27
2007	56	62	169	252	197	30
2008	76	105	152	888	158	22
2009	73	86	161	610	180	25
2010	79	88	166	680	202	31
2011	99	102	157	702	198	33
2012	51	65	147	339	175	33
2013	67	82	148	753	175	32
2014	75	92	148	822	181	34
2015	44	69	146	621	177	37

Источник: Т.16.1.5 СЕ-2016



Рис. 67. Доля собственного производства хлебобулочных изделий от потребности



Рис. 68. Доля собственного производства молочных продуктов от потребности



Рис. 69-70. Доля собственного производства картофеля, мяса и овощей от потребности



Рис. 71. Степень потребления продуктов питания разных видов в сравнении с медицинскими нормами

Согласно рис. 70 можно видеть, что производство овощей снизилось по сравнению с предыдущими годами, что обусловлено погодными явлениями (поздние заморозки и летняя засуха).

2) Сравнение душевого потребления с медицинскими нормами

В настоящее время используются медицинские нормы потребления основных продуктов питания, однако они нуждаются в уточнении с учетом тенденций развития страны и особенности сельских/городских производств.

Таблица 31. Медицинские нормы потребления продуктов (среднегодовые), кг

Продукт	Медицинские нормы потребления продуктов
Картофель, кг	94
Овощи, кг	150
Молочные продукты, л	110
Хлебобулочные изделия, кг	107
Яйцо, штук	290
Мясо, кг	78
Сахар, кг	18
Растительное масло, л	15
Фрукты, кг	65

Источник: Постановление Правительства №. 460 от 22.07.1993

Если сравнивать потребление каждого вида продуктов с медицинскими нормами, то ситуация менее удовлетворительна, таблица 31 и рис. 71. Согласно документации, потребление ниже 80 % от медицинских норм определяет кризисную ситуацию.

На 2015 год потребление картофеля в сравнении с медицинскими нормами составило 49 %, хлебобулочных изделий - на уровне 120 %, яиц- 61 %, мяса- 60 %.

В настоящее время, для удовлетворения потребностей населения страны в продуктах питания осуществляется импорт продовольственных товаров.

14. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРАНЫ

В период до 1990 года обязательным было составление межотраслевого баланса страны, в котором обобщались и систематизировались финансовые потоки в стране и деятельность всех отраслей экономики. В последние годы официальная отчетность по экономике включает набор таблиц, которые являются фрагментами из межотраслевого баланса и не дают полной картины.

С другой стороны, межотраслевые балансы не учитывают такие важные аспекты, как уровень жизни населения, демографические и другие социальные показатели.

В связи с этим возникло новое направление исследований – экономической безопасности, целью анализа которой является определение обобщенных показателей работы всей экономики страны, с учетом всего многообразия аспектов ее деятельности – от производственно-финансовых до социальных. Самым важным является уровень жизни населения.

Описанные в данном обзоре показатели, сгруппированные по сферам экономики (финансовая, внешнеэкономическая, инвестиций и другие), составляют большую систему индикаторов экономической безопасности, которую можно анализировать с помощью методологии индикативного анализа.

Методология индикативного анализа включает:

- *анализ динамики каждого индикатора и сравнение его текущих значений (в год t) с некоторым заданным уровнем (например, граничным), которое принято в международной практике как своеобразная точка отсчета для сравнения;*
- *определение обобщенных нескольких или одного итогового показателя - уровня экономической безопасности страны.*

В Республике Молдова в Институте энергетики проводятся такие исследования. В составе работ по энергетической безопасности ведется дополнительное направление экономической безопасности [18-20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По каждому показателю, исследованному выше, наблюдались следующие тенденции за 2001÷2015 гг.

1. Общая численность населения Правобережья уменьшилась на 2,2 % (на 80 тыс. чел.).
2. Численность экономически активного населения уменьшилась в значительно большей степени – на 351 тыс. человек или на 21,7 % (с 1617 до 1266 тыс. чел.). По сравнению с общей численностью доля экономически активного населения снизилась с 44,48 % до 35,61 %.
3. Продолжительность жизни населения возросла в среднем на 4 года, смертность населения снизилась с 12,4 (2005 г.) до 11,2 (2015 г.) чел. на 1000 человек населения.
4. В ряде сфер экономики специально выделен сектор энергетики. В частности, выделена численность занятых в энергетике. Анализ этого показателя показывает наличие достаточно стабильного коллектива специалистов-энергетиков, составляющего порядка 2 % от общей численности экономически активного населения в целом.
5. Численность безработных (официально зарегистрированных) колеблется в диапазоне 4-9 % от активного населения.
6. За последние 10 лет курс валют изменился на 55 % (с 12,8651 лей/доллар (2001 г.) до 19,9238 лей/доллар (2016 г.)). В настоящий момент курс поддерживается на достаточно высоком уровне.
7. Среднегодовой уровень инфляции колеблется на уровне 1÷15 %.
8. Уровень жизни населения отстает от европейского, наблюдается значительное расслоение населения по уровню доходов; величина прожиточного уровня не покрывается текущим уровнем пенсий и среднедушевого дохода; численность населения с доходами менее среднедушевой величины составляет около 70 %.
9. Средняя заработная плата растет в энергетике, в промышленности, экономике (текущие цены). Анализ их соотношения показал следующее:

- *зарплата в промышленности выросла в 6 раз;*
- *зарплата в энергетике в 9 раз;*
- *зарплата в экономике – в 8 раз;*
- *зарплаты в экономике и в промышленности имеют тенденцию сближения средних значений;*

- *превышение средней зарплаты в энергетике по сравнению со средней по экономике – в 1,6÷1,8 раза; а в промышленности – в 1,1÷1,7 раза;*
- *средняя зарплата превышает прожиточный минимум в 2,3 раза, а средняя пенсия составляет 50÷60 % от прожиточного минимума.*

10. Жилищный фонд страны достаточен для проживающего населения. Средняя площадь на одного жителя составляет более 24 м², а число проживающих в 1 домовладении – в среднем 3 человека.
11. Обеспеченность жилья водопроводом, газом, теплом, канализацией еще недостаточна. Водопровод и канализация имеется в 53 % жилья, центральное отопление имеется только в крупных населенных пунктах, ваннами оборудовано только 42,6 % жилья, доступ к газу (сетевому или сжиженному) имеется в 90 % жилья; горячая вода подается только в 36 % домовладений. Ряд лет действовала Программа по развитию газоснабжения населения и инвестировались значительные средства в газовый сектор. Это позволило несколько улучшить ситуацию, особенно в сельской местности, в которой число подключенных ежегодно домов к сетевому газу в период действия Программы был в 2 раза выше, чем в городской черте. В 2004÷2008 гг. ежегодно более 1,1 тыс. домов подключались к газовой сети. Общее число газифицированных сетевым газом домов составляет порядка 400 тыс. единиц из 1082 тыс. домовладений в стране, или около 40 %, и Программу газификации желательно продолжить. В количественном отношении отпуск газа на 1 жителя практически постоянен на уровне 78÷100 м³, а сжиженного 11÷17 кг.
12. ВВП имеет общую тенденцию роста (в текущих ценах). В 2009 году наблюдался спад, и вызван он был мировым экономическим кризисом в 2008 году. Сельское хозяйство наиболее чувствительно отреагировало на него. В то же время промышленность, в т.ч. энергетическая, работала более устойчиво, и ее вклад в ВВП в эти годы практически одинаков: промышленности в целом 13-17 %; энергетики ≈ 2 % (рассматривается вклад в ВВП предприятий по производству электро- и теплотенергии). ВВП в расчете на душу населения вырос с 407 долларов/чел. (2001 г.) до 1826 долларов /чел. (2015 г.).
13. Промышленное производство включает горнодобывающую, обрабатывающую промышленность, и энергетическую. Из них наиболее чувствительной к кризису оказалась обрабатывающая промышленность, в то время как горнодобывающая показывает стабильные объемы, а энергетическая даже небольшой рост. Итоговая кривая промышленного производства практически повторяет кривую для обрабатывающей промышленности, доля которой более 80 % в структуре отраслей промышленности.
Аналогично распределяется и объем произведенной продукции:
 - 80÷83 % *обрабатывающая*;
 - 10÷18 % *энергетическая*;
 - 1,2÷2,1 % *горнодобывающая*.
14. Суммарное потребление жидких видов топлив выросло почти в 1,2 раза, в 2015 г. составив 730 тыс. тонн.
15. Инвестиции в стране росли в 2001-2008 гг. с 12,1 до 28,7 % (к величине ВВП), затем наблюдался резкий спад – до 18,41 %. Причем спад имел место из-за национальных инвесторов, т.к. доля иностранных инвесторов сохранялась примерно на одном и том же уровне 18-22 % в общих инвестициях в экономику. Начиная с 2010 г. , доля иностранных инвестиций сократилась почти в 2 раза.
16. Соотношение инвестиций и стоимости основных средств, введенных в действие в том же году, составляет 100÷140 %, в целом состояние удовлетворительное.
17. По внешнеэкономической сфере наблюдается рост экспорта и импорта, но соотношение импорта к экспорту велико – более чем в 2 раза, а в 2008 г. – в 3 раза, т.е. экспортные возможности страны не используются в должной мере.
18. В сферу науки не вкладывается средства в достаточной мере (в мировой практике для получения экономической отдачи необходимо не менее 2÷3 % ВВП), при более низких вложениях наука выполняет социально-образовательную функцию, с отдаленным экономическим эффектом. В Республике Молдова вложения в науку составляют менее 0,5 % ВВП. Но показатели научной продукции сохраняются на прежнем уровне. Это говорит о наличии научных школ, хороших кадрах и энтузиазме ученых.
19. В сфере правопорядка в период 2001÷2011 гг. наблюдалось снижение преступности, но в 2012 г. кривая числа зарегистрированных преступлений опять стала подниматься вверх.

20. Обеспеченность продовольствием, причем собственного производства, ниже потребности, и не в полной мере соответствует медицинским требованиям по сбалансированному питанию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anuarul statistic al Republicii Moldova = Статистический ежегодник Республики Молдова = Statistical Yearbook of the Republic of Moldova/Biroul Naț. de Statistică al Rep. Moldova; col. red.: Vitalie Valcov (președinte) [et al.]. – Chișinău: Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova, 2016 (F.E.-P. «Tipogr. Centrală») – (Statistica Moldovei, ISBN 978-9975-53-418-5).
2. Топливо-энергетические балансы за 2001÷2015 гг., Национальное бюро статистики. www.statistica.md
3. Экономическая и национальная безопасность: Учебник / Под ред. Е.А. Олейникова. — М.: Издательство «Экзамен», 2004. — 768 с. Рецензенты: доктор экономических наук, профессор Г.А. Васильев доктор экономических наук, профессор В.А. Москвин доктор технических наук, профессор В.А. Елисеев. ISBN 5-94692-783-3
4. Основы экономической безопасности. /Под ред. Е.А. Олейникова. М.: ЗАО «Бизнес-школа», «Интел-синтез», 1997 г. 278 с.
5. Экономическая безопасность. /Под ред. В.К. Сенчагова. М.: ЗАО «Финстатинформ», 1998 г.
6. Экономическая безопасность. Общий курс [Электронный ресурс]: учебник / под ред. В. К. Сенчагова. — 5-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 818 с.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — Систем. требования: Adobe Reader XI; экран 10". ISBN 978-5-9963-2605-1
7. Перепись населения за 2014 год. Национальное бюро статистики, www.statistica.md.
8. Молдова в цифрах, Статистический справочник 2004-2016 г. Национальное бюро статистики, www.statistica.md.
9. www.anre.md
10. www.statistica.md
11. www.imf.org/external/russian
12. www.cursbnm.md
13. www.oecd.ru.org
14. www.bnm.md
15. www.mf.gov.md
16. www.library.utm.md
17. www.unesco.org
18. Е.В.Быкова. Методы расчета и анализ показателей энергетической безопасности (на примере энергосистемы Молдовы) Монография, Кишинев, Типография АН РМ, 158 с. 2005г.
19. Е.В. Быкова . Моделирование взаимосвязей экономической и энергетической безопасности региона Журнал «Экономика регионов», №2, 2005, Екатеринбург, Россия, с.85-93.
20. Быкова Е.В. Методология анализа энергетической безопасности. Сборник научных статей «Современная наука», 2013, №3(5), с.138-145. ISSN 2076-6866

КРАТКИЕ ЗАМЕТКИ ОБ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКИ

М.А.Грицай

Институт энергетики АНМ

Становление экономической науки как самостоятельной дисциплины происходило в XVIII в., хотя ее предыстория уходит вглубь веков. Согласно современному пониманию [экономика](#) - это наука о законах и закономерностях отношений людей в процессе производства, распределения, обмена, потребления и воспроизводства материальных благ и услуг. Такое понимание экономики сложилось в ходе длительного исторического развития этой науки.

Одним из родоначальников экономической науки считается В.Петти (1623-1687) – основатель классической политической экономии. В своей книге «Политическая арифметика» он писал: “Вместо того чтобы употреблять слова и прибегать к умозрительным аргументам, я вступил на путь выражения своих мнений на языке чисел, весов и мер”

Первая в мире модель народного хозяйства была создана французским ученым Ф. Кенэ (1694-1774) в виде «Экономической таблицы», в которой представлен процесс общественного воспроизводства. К. Маркс высоко оценил работу Ф. Кенэ: «Эта попытка, сделанная в период детства политической экономии, была в высшей степени гениальной идеей, бесспорно самой гениальной из всех, какие только выдвинула до сего времени политическая экономия».

Швейцарский экономист-математик Леон Вальрас (1834—1910) исследовал вопрос: как рынки и отрасли экономики функционируют в наиболее общем виде? Каким образом устанавливается взаимодействие цен, издержек, объемов спроса и предложения на рынке? Обладает ли это взаимодействие свойством «равновесности» и является ли это равновесие устойчивым?

Вальрас исходил из того, что решение проблемы может быть достигнуто с помощью математического аппарата. Весь экономический мир он разделил на две большие группы: фирмы и домохозяйства. Фирмы выступают на рынке факторов как покупатели и на рынке потребительских товаров как продавцы. Домашние хозяйства — владельцы факторов производства — выступают в роли их продавцов и в то же время как покупатели потребительских товаров. Роли продавцов и покупателей постоянно меняются. В процессе обмена расходы производителей товаров превращаются в доходы домохозяйств, а все расходы домохозяйств — в доходы производителей (фирм).

Построив сложную систему уравнений, Вальрас доказывает, что система равновесности может быть достижима как некий «идеал», к которому стремится конкурентный рынок. Закон Вальраса гласит: в состоянии равновесия рыночная цена равна предельным издержкам. Таким образом, стоимость общественного продукта равна рыночной стоимости использованных на его выпуск производственных факторов; совокупный спрос равен совокупному предложению; цена и объем производства не увеличиваются и не уменьшаются.

Построенная на основе этой теоретической концепции модель Вальраса есть модель общего экономического равновесия национального хозяйства в «чистом» виде. Состояние равновесия по Вальрасу, предполагает наличие трех условий:

- 1) спрос и предложение факторов производства равны; на них устанавливается постоянная и устойчивая цена;
- 2) спрос и предложение товаров и услуг также равны и реализуются на основе постоянных, устойчивых цен;
- 3) цены товаров соответствуют издержкам производства.

Равновесие является устойчивым, ибо на рынке действуют силы, выравнивающие отклонения и восстанавливающие «равновесность». Такими силами являются, прежде всего, цены на факторы производства и на товары. Предполагается, что «неверные» цены постепенно исключаются, так как этому способствует полная свобода конкуренции.

Схема Вальраса носила чисто теоретический характер; он сам выражал сомнение в практической применимости ее, ибо вряд ли когда-либо будут доступны необходимые статистические данные. Еще одна трудность заключалась в том, что поскольку имелись уравнения для каждого товара и фактора, даже для небольшой по масштабам "экономики" приходится решать тысячи уравнений. Метод агрегирования еще не был изобретен, поэтому всякое практическое использование системы Вальраса было вне человеческих возможностей.

Упомянутые выше факторы производства относятся к важнейшим понятиям экономической науки. Они включают все ресурсы, необходимые для производства товаров и услуг. С позиций традиционной экономической модели, предложенной ещё Адамом Смитом, к основным факторам производства относят землю, труд, капитал и предпринимательскую активность. Некоторые современные экономические модели включают еще науку, информацию и время в качестве дополнительных факторов производства.

Как известно, в плановой экономике рабочая сила (труд) не считалась товаром, так как не было недостатка в рабочих, которые имели постоянную занятость и гарантированную заработную плату. В условиях рыночной экономики труд – это товар. Работники продают свои способности к труду, а работодатели оплачивают труд сообразно его качеству, количеству.

Наука – необязательный фактор производства. Представляет собой научные достижения, необходимые многим видам производств для улучшения потребительских свойств товара, улучшению качества оборудования и технологических процессов.

Время – тоже необязательный фактор производства. Но в ряде случаев время, необходимое на создание чего-либо, становится решающим фактором. И поэтому для выигрыша во времени приходится привлекать большее количество капитала и рабочей силы.

Информация не является отдельным фактором производства. Но с развитием информационных технологий информация приобретает все большее значение. К информации относят не только информационные технологии, но и информацию о конкурентах, о потенциальных покупателях и т.п.

Рыночная экономика основана на принципах предпринимательства, многообразия форм собственности и рыночного ценообразования. Ядром рыночной системы является так называемый рыночный механизм с присущими ему преимуществами и недостатками. К преимуществам рыночного механизма обычно относят:

- 1) экономическую демократию — способность давать потребителям и производителям свободу выбора в принятии решения;
- 2) способность функционировать при ограниченной информации о ценах и об издержках производства;
- 3) гибкость и адаптивность к изменяющимся условиям, способность к удовлетворению разнообразных потребностей населения, быстрая корректировка неравновесия.
- 4) эффективное распределение ограниченных ресурсов. Рынок направляет ресурсы на производство товаров, необходимых обществу;
- 5) оптимальное использование результатов научно-технического прогресса – стремление к высокой прибыли заставляет предпринимателей идти на риск, связанный с внедрением технических новинок.

Преимущества рыночной экономики в той или иной степени можно видеть в повседневной жизни. Они настолько убедительны для не критического взгляда, что создается впечатление всемогущества рынка, то есть рынок способен решить любую проблему общественной жизни. Однако на самом деле это не так. При всех своих достоинствах рыночный механизм не способен самостоятельно решать крупные социально-экономические проблемы. Среди них:

- обеспечение права человека на труд и на определенный стандарт благосостояния;

- экономика подвержена нестабильному развитию, в ней присутствуют спад производства (рецессия) и инфляционные процессы;
- невозможность стратегических прорывов в области фундаментальной науки;
- отсутствие механизма защиты окружающей среды; (пример последнего времени – выход США из соглашения по климату, поскольку это не отвечает интересам бизнеса)
- надежная обороноспособность страны превращается в сложную проблему.

Здесь мы подходим к одному из наиболее сложных вопросов – роли государства в рамках рыночной экономики. Сразу следует отметить, что в процессе эволюции рыночной системы менялись и взгляды на роль государства в экономике. В разные исторические этапы по этому поводу доминировали две основные концепции.

Первая — *классическая* модель исходит из условий рынка совершенной конкуренции. Экономика автоматически регулируется с помощью механизма взаимодействия спроса и предложения. Все кризисные проблемы разрешаются в итоге действием механизма цен. Поэтому роль государства в экономике должна быть минимальной. Она сводится к физической защите граждан, охране собственности, организации денежного обращения. Такая роль государства получила образное определение: «Государство — ночной сторож». Лозунг сторонников классической модели: «Пусть все идет так, как идет»; этот лозунг оставался основным в экономической теории и практике до начала XX в.

Вторая модель – *кейнсианская* (по имени английского экономиста Дж. М. Кейнса) исходит из условий рынка несовершенной конкуренции и отсутствия автоматического механизма выхода экономики из положения, при котором наблюдаются высокая безработица и кризис перепроизводства. Вследствие этого вмешательство государства в работу рыночного механизма признается жизненной необходимостью. Считается, что государство призвано регулировать объемы национального производства и уровень занятости в стране.

Практическая деятельность государства, основанная на применении теории Кейнса, стала именоваться кейнсианством. Она доминировала в рыночной теории и практике до начала 80-х гг. XX в.

В зависимости от объекта исследования экономику подразделяют на [микроэкономику](#) и [макроэкономику](#).

Микроэкономика – основа всей современной экономической науки. Микроэкономику иногда называют «теорией цен», поскольку ее предметом является механизм распределения ресурсов, индикаторами которого выступают цены. В центре внимания микроэкономического анализа – достижение равновесия между спросом и предложением

Макроэкономика изучает функционирование [экономики страны](#) в целом.

Основные макроэкономические цели:

- стабильный рост национального производства, от которого зависит благосостояние населения, экономическая мощь государства, экспортные возможности и политическая стабильность в обществе.
- высокий уровень занятости как одно из условий социального спокойствия и высокого уровня жизни населения в стране.
- достижение равновесного внешнеторгового баланса.

Для достижения макроэкономических целей общество использует целый набор инструментов: фискальная (налоговая) политика, социальная политика, внешняя экономическая политика и др. Нетрудно видеть, что фундаментальные вопросы макроэкономики может решить только государство.

Математическое моделирование в настоящее время стало одним из важнейших направлений развития экономической теории. Вопрос о роли математики и математического моделирования в развитии экономической теории весьма сложен и часто является предметом

острых дискуссий. Существуют две крайние позиции по этому вопросу. С одной стороны, это трактовка экономического моделирования как единственно возможного способа создания и развития экономической теории. С другой стороны, отрицание каких-либо возможностей математического моделирования в достижении новых результатов. Последнюю точку зрения ярко выразил английский естествоиспытатель Т.Г. Гексли: «Математика, подобно жернову, перемалывает то, что под него засыпают, и как, засыпав лебеду, вы не получите муки, так исписав целые страницы формулами, вы не получите истины из ложных предпосылок».

Обе позиции не соответствуют ни историческим фактам, ни современному положению в экономической науке. Невозможно установить жесткие границы эффективного использования математического моделирования в экономической теории. Эти границы изменяются по мере расширения экономических знаний, прогресса в области математики и вычислительной техники. Поэтому правомерен вывод, что применение математического моделирования является необходимым, но недостаточным условием развития экономической теории [8].

Экономическая теория имеет свою содержательную часть, разработанную в течение многих десятилетий усилиями ряда выдающихся ученых [1-12]. В рамках небольшой заметки невозможно описать процесс развития и содержание экономической теории во всех деталях. Из всего многообразия экономических идей мы несколько подробнее остановимся на межотраслевом балансе, поскольку он имеет непосредственное отношение к исследованиям в Институте энергетики и в частности по тарифам на электроэнергию.

Межотраслевой баланс (МОБ) представляет экономико-математическую модель, отражающую межотраслевые взаимосвязи ресурсов и готовой продукции. В ней ключевыми характеристиками технологий являются коэффициенты прямых затрат (технологические коэффициенты). Метод анализа модели сводится к решению системы соответствующих линейных уравнений, устанавливающих баланс между используемыми технологиями, выпуском продукции и затратами факторов производства. Межотраслевой баланс составляется в денежной и натуральной формах. В модели МОБ выделяются четыре квадранта. В первом отражается промежуточное потребление и система производственных связей, во втором — структура конечного использования ВВП, в третьем квадранте — стоимостная структура ВВП, а в четвертом — распределение национального дохода.

Выдающимся достижением советской статистики явилась разработка первого в мире баланса народного хозяйства СССР за 1923/24 хозяйственный год. Баланс был построен под руководством руководителя ЦСУ П. Попова. В баланс были включены данные по 38 продуктам промышленности и сельского хозяйства, а также стоимостные таблицы, содержащие в отраслевом разрезе баланс производства и распределения продукции. Несмотря на то, что первый баланс, вообще говоря, не соответствовал принятой сегодня форме, он содержал все необходимые данные для представления его в виде матричной модели. Материалы баланса были опубликованы в 1926г., руководитель работы П. Попов отметил идеологические основы баланса: *«общие теоретико-методологические предпосылки мы находим в положениях, которые были разработаны К. Марксом, подведшим итог исследованиям Ф.Кенэ и давшим законченную схему как простого, так и расширенного воспроизводства общественного хозяйства»*.

Несмотря на столь впечатляющее начало, работы по межотраслевым балансам в СССР не получили должного развития в последующие годы. Более того, по существу, они были свернуты и возобновились только спустя несколько десятилетий. Драматическая судьба этих исследований не может не вызывать чувства глубокого сочувствия и сожаления.

В. Леонтьев, всемирно известный экономист (о нем будет сказано отдельно) так оценивал состояние советской экономической науки того времени:

«Первое десятилетие после революции было отмечено оживленными экономическими дискуссиями – от конкретных задач экономической политики до самых общих экономических проблем. Это было время, когда коммунист Базаров разработал математическую теорию

экономического роста, а профессор Кондратьев разработал статистический анализ длинных и коротких “волн” экономического роста, который оказал существенное влияние на труды западных исследователей. Упадок экономической науки в Советской России начался в конце двадцатых годов»[11].

Признавая, что по ряду направлений советские межотраслевые исследования занимали достойное место в мировой науке, Леонтьев отчетливо понимал, что теоретические разработки советских ученых не находят практического применения в реальной экономике, где все решения принимались исходя из политической конъюнктуры:

Сделаем небольшое отступление в защиту советской экономической науки.

Признавая в целом обоснованность критики со стороны авторитетного ученого, следует отметить, что экономические исследования в Советской России всё же продолжались и достаточно успешно. Для доказательства можно сослаться хотя бы на работы Г.А. Фельдмана и Л.В. Канторовича, которые по общему признанию внесли значительный вклад в экономическую науку.

Г.А. Фельдман был одним из авторов знаменитого плана ГОЭЛРО, а также членом первого состава Госплана СССР. Г.А. Фельдман разработал математические модели экономического роста, которые базировал на схемах Маркса расширенного воспроизводства и ставил задачу *«приспособить схему Маркса к условиям строительства социализма в капиталистическом окружении»*. Основные идеи по моделированию социалистической экономики Г.А. Фельдман опубликовал в двух статьях в 1928-1929 гг. В первой статье изложен его доклад в комиссии Госплана СССР по составлению генерального плана, а во второй приводятся рассчитанные по модели темпы роста национального дохода вплоть до 1950 г. [8]

Научные результаты Г.А. Фельдмана намного опередили работы Ф. Кейнса и других экономистов по макроэкономическим динамическим моделям. За рубежом эти результаты были заново «открыты» только после Великой Отечественной войны, обе статьи Г.А. Фельдмана были полностью опубликованы в США в 1964 г. (через 35 лет!) и детально проанализированы. Известный экономист Е. Домар назвал их замечательными и признал, что *«эти советские попытки были более разработаны, чем аналогичные попытки, сделанные на Западе»*. Характерно замечание Г.А. Фельдмана относительно математических методов в народно-хозяйственном планировании: *«Нельзя представить **несложного** метода проектирования такого **сложного аппарата**, каким является народное хозяйство. С другой стороны, мы не знаем более совершенной формы анализа, чем математика. Мы убеждены, что более или менее совершенное планирование народного хозяйства может быть осуществлено лишь на основе четкой, математически сформулированной теории»*. [8]

Сказано поразительно точно, особенно с учетом того, что сказано почти сто лет назад. Сказанное остается актуальным и сегодня.

Пожалуй, ещё более значительные результаты в довоенный период были получены советским математиком Л.В. Канторовичем, который в 1939 г. сформулировал новый класс условно-экстремальных задач с ограничениями в виде неравенств. Эта область прикладной математики в дальнейшем получила название «линейное программирование». К сожалению, Канторович не предложил численного метода решения задачи линейного программирования. Примерно через 10 лет американский математик Дж. Данциг переоткрыл линейное программирование и предложил численный метод решения задачи, ныне известный как Симплекс-метод. Следует, однако, отметить, что приоритет Л.В. Канторовича признан во всем мире. В 1975 г. Л.В. Канторовичу совместно с американским ученым Т.Купмансом была присуждена Нобелевская премия за исследования по оптимальному использованию ресурсов. Дж. Данциг в своей фундаментальной монографии по линейному программированию, оценил заслуги Л.В. Канторовича следующим образом:

«Если бы первые работы Канторовича были в должной степени оценены в момент их первой публикации, то возможно, что в настоящее время линейное программирование продвинулось бы значительно дальше. Однако его первая работа в этой области на протяжении почти двух десятилетий оставалась неизвестной как в Советском Союзе, так и в других странах, а за это время линейное программирование стало настоящим искусством» [9]

К именам Г. Фельдмана и Л. Канторовича можно добавить имена Е. Слуцкого, В. Немчинова, В. Новожилова, А. Конюса и др.

Возвращаясь к теме межотраслевого баланса, отметим, что работы в этом направлении возобновились лишь в конце 50-х годов на новой основе – с учетом теоретических достижений в этой области и с использованием вычислительной техники.

В 1959г. отдел межотраслевого баланса [ЦСУ СССР](#) под руководством М. Эйдельмана разработал первый в мире отчетный межотраслевой баланс в натуральном выражении (по 157 продуктам) и отчетный межотраслевой баланс в стоимостном выражении (по 83 отраслям). Первые плановые межотраслевые балансы в стоимостном и натуральном выражении были построены в 1962 г. В дальнейшем работы были распространены на республики и регионы. По данным за 1966 г. межотраслевые балансы были построены по всем союзным республикам и экономическим районам РСФСР.

В 1970—1980-х годах в СССР на основе данных межотраслевых балансов разрабатывались более сложные межотраслевые модели и модельные комплексы, которые использовались в прогнозных расчетах и частично входили в технологию народнохозяйственного планирования:

Однако не было случая, чтобы проекты решений, обоснованные этими расчетами, закладывались в план. Причина заключалась в том, что получаемые результаты не укладывались в представления «Старой площади», на которой располагался ЦК КПСС.

В США исследования межотраслевых моделей выполнялись под руководством В.Леонтьева, которого на Западе считают родоначальником метода межотраслевого баланса.

Василий Васильевич Леонтьев – один из крупнейших экономистов современности – родился в 1906г. в Петербурге. В 1924г. В. Леонтьев закончил Ленинградский университет, а в 1925г. выехал в Германию для продолжения учебы. В 1931г. Леонтьев был приглашен на работу в Национальное бюро экономических исследований США. С этого момента по существу и начинаются его оригинальные экономические исследования. В 1946г. Леонтьев создал Гарвардский_экономический исследовательский институт, которым руководил до 1972 года. В 1978 г. он организовал Институт экономического анализа.

В.Леонтьев был хорошо знаком с первым балансом народного хозяйства СССР, который несомненно оказал на него определенное влияние. Можно сказать, что этот баланс стал отправной точкой его дальнейшей работы по изучению валового продукта как состоящего из стоимости всех израсходованных средств производства и вновь созданной стоимости, т.е. национального дохода.

Первоначально В. Леонтьевым были разработаны укрупнённые межотраслевые таблицы США для 1919г., в которых были отражена 41 отрасль экономики. Затем были построены аналогичные таблицы для 1929 года и наконец, для 1939г. Эти таблицы позволили оценить степень устойчивости коэффициентов затрат и показать возможность практической разработки межотраслевых моделей для экономики всей страны. После 1948г. в США были разработаны таблицы затрат и выпуска продукции, содержащие 450 отраслей.

Теоретическим предшественником исследований В. Леонтьева следует считать Вальраса, сформулировавшего принципы экономического равновесия. Однако сторонники этой модели столкнулись с тем, что эмпирическое использование её принципов оказалось крайне сложной задачей. Алгебраическая теория анализа «затраты-выпуск» сводится к системе линейных уравнений, в которых параметрами являются коэффициенты затрат на производство продукции.

Относительная простота измерения этих коэффициентов определили громадные аналитические и прогностические возможности метода «затраты-выпуск».

В честь Леонтьева назван ряд экономических явлений — например, [модель Леонтьева](#) и [парадокс Леонтьева](#). В связи с этими открытиями Леонтьева стали называть "апостолом планирования".

В 1988г. Леонтьев предложил помощь в [Перестройке](#), однако руководство СССР отказалось от помощи. Тем не менее, в этом же году стал почётным членом [Российской Академии наук](#)

В начале 1990-х годов В. В. Леонтьев приезжал в Российскую Федерацию. Вернувшись в Америку, он сказал: "Я туда больше не поеду. Они ничего не слушают". И не приехал.

Работы В. Леонтьева были высоко оценены во всем мире. В 1973г. Ему была присуждена Нобелевская премия по экономике за разработку метода “«затраты-выпуск” (input-output analysis) и его применение к важным экономическим проблемам».

Многие оценки и суждения В. Леонтьева относительно экономики вообще, методов анализа, соотношения теоретического и практического остаются актуальными и сегодня. В частности, по его мнению, теоретическая модель без соответствующей базы данных также бесполезна, как набор практических сведений без теоретической модели, способной обобщить их, то есть извлечь пользу из фактической информации. Теоретизирование требует вдохновения и технических навыков, а сбор фактов – гораздо больше пота и слёз и всегда большой объем времени и затрат.

Идею органического сочетания теории и практики Леонтьев отстаивал на протяжении всей своей научной деятельности. Оптимальное сочетание теоретического анализа и фактических наблюдений всегда играло ключевую роль в развитии прикладных наук. Развитие системного подхода на основе использования мощных компьютеров открывает возможность эффективного применения детализированных баз данных и обязательно требует сбора и обработки информации.

Основная мысль, проходящая через все работы Леонтьева, заключается в том, что экономисты должны "пачкать руки", работая непосредственно с "сырыми данными". И в преклонном возрасте он сохраняет убежденность в том, что современная экономическая теория безнадежно непрактична и антиэмпирична, поскольку считает более престижным создание гипотетических математических моделей, а не кропотливый труд, связанный с систематизацией статистических данных и их использованием для анализа проблем реального мира.

Здесь уместно сделать одно замечание принципиального характера. Неоднократно высказывалось мнение, что В. Леонтьев, будучи якобы работником то ли статистического ведомства, то ли Госплана, получил доступ к советскому балансу, уехал за границу и там присвоил себе открытие методологии его построения, присвоив себе таким образом имя в науке. Однако студент В.Леонтьев не мог быть московским государственным служащим. Однако он сумел быстро оценить методологическую ценность первого советского баланса, опередив отечественных аналитиков. Советский баланс стал для В.Леонтьева первым толчком к будущим открытиям. Всеми компетентными специалистами признано, что именно В.Леонтьев создал теорию, методологию и практику межотраслевого анализа (input – output analysis).

Во время [Второй мировой войны](#) разработанная Леонтьевым матрица «затраты — выпуск» для экономики Германии служила для выбора целей ВВС США. Аналогичный баланс для СССР, разработанный Леонтьевым, использовался властями США для принятия решения об объёмах и структуре [Ленд-лиза](#).

В начале этих заметок мы объяснили причину внимания к межотраслевому балансу в связи с тарифами на электроэнергию. Дело в том, что изменения тарифа (как правило, в сторону повышения) всегда сопровождаются сильнейшим напряжением в обществе. Отсутствие собственных энергоресурсов, слабая экономика, низкий уровень доходов большей части населения, отсутствие широкого обсуждения проблемы – все это провоцирует недовольство и

недоверие людей к заявлениям, которые предлагаются широкой общественности в качестве аргументов, якобы оправдывающих принятые решения. Более информированные люди обращают внимание на то, что тариф иногда повышается даже тогда, когда цена на газ (основной энергоресурс) не меняется. По существу судьба тарифов решается «в закрытом режиме», между двумя юридическими лицами – поставщиком электроэнергии (Gaz Natural Union Fenosa) и Агентством по регулированию в энергетике (ANRE). При этом обсуждается один вопрос – затраты Поставщика электроэнергии, а точнее – увеличение этих затрат. Социальная сторона вопроса при этом почти не принимается во внимание.

Следует напомнить, что Поставщик не занимается непосредственно производством электроэнергии, а является лишь посредником между производителем и потребителем электроэнергии. Справедливости ради, следует сказать, что на балансе Поставщика находится вся инфраструктура электроснабжения, а именно: электрические распределительные сети (воздушные и кабельные), трансформаторные подстанции, внутридомовые электрические сети, счетчики электроэнергии... Все это энергетическое хозяйство требует постоянных так называемых эксплуатационных затрат для поддержания системы на должном техническом уровне, для ремонта или замены элементов и т.д. Необходимость эксплуатационных затрат не вызывает сомнений, труднее понять, почему эти затраты стремительно возрастают. Иногда возникает парадоксальная ситуация, когда скорость увеличения тарифов превышает скорость роста электропотребления. Если воспользоваться механической аналогией и представить изменения во времени тарифов и электропотребления в виде двух отдельных потоков, то статистические данные показывают, «тарифный поток» движется с ускорением относительно «потока электропотребления».

Создается впечатление, что главным аргументом Поставщика электроэнергии в «битвах» за повышение тарифа является стремление обеспечить максимальную прибыль. При этом рост эксплуатационных затрат служит скорее удобным прикрытием, нежели реальным аргументом. Здесь уместно напомнить, что современная экономика развивается в условиях несовершенной конкуренции. Вопросы социального характера, включая социальные последствия технических или иных решений, в малой степени интересуют бизнес. Решение этих вопросов должно взять на себя государство. Это означает, что соответствующие государственные органы не должны стоять в стороне, а критически оценивать принимаемые решения с точки зрения их социальных последствий. Это не означает вмешательства в бизнес, а стремление по возможности защитить население – особенно его наиболее уязвимые слои – от негативных последствий принимаемых решений.

Один из выводов проводимых исследований в Институте энергетики состоит в том, что вопрос повышения тарифов не может решаться в одностороннем порядке, то есть на основании анализа лишь затрат поставщика электроэнергии, а должен учитывать состояние всей экономики в целом. Изменение тарифов на энергоресурсы, особенно их повышение, должно быть основано на объективном анализе степени их влияния на показатели производственной деятельности отраслей экономики во взаимосвязи с процессами рыночных отношений и показателями социально-экономического развития. Аналогичный обоснованный подход должен быть соблюден при формировании требований к тарифной и ценовой политике в отношении и других видов экономической деятельности, выражаемой в виде товаров и услуг. [10]

Выполненный анализ межотраслевых национальных счетов Республики Молдова за 2014 год позволил оценить последствия повышения тарифов на электроэнергию. В качестве демонстрационного примера показано, что увеличение тарифа на 30% в только в одной энергетической отрасли может привести к увеличению на 1.2% промежуточного потребления (ПП), к уменьшению на 1.7% валовой добавленной стоимости (ВДС) и снижению на 1.4% валового внутреннего продукта (ВВП).

Поскольку электроэнергия используется во всех отраслях народного хозяйства, повышение тарифов может иметь негативные последствия для всей экономики из-за увеличения внутреннего спроса. В результате недостаточно обоснованное увеличение тарифов может

привести даже к снижению ВВП вместо ожидаемого роста. Иными словами, тарифы являются весьма тонким и чувствительным инструментом регулирования экономических процессов, поскольку тарифы непосредственно влияют на эффективность производства и конкурентоспособность конечной продукции. Таким образом, *любые изменения тарифов должны быть результатом системного подхода* с анализом всех возможных последствий этих изменений в экономике и обществе.

И здесь мы вновь возвращаемся к роли государственных институтов в экономике.

Наши заметки мы завершим двумя фрагментами из книги «Экономические эссе» В.Леонтьева: «Я увлекаюсь парусным спортом, и когда объясняю, как функционирует экономика, сравниваю её с яхтой в море. Чтобы дела шли хорошо, нужен ветер – это заинтересованность. Руль – государственное регулирование. Нельзя делать так, как говорил Рейган: поднимите паруса и пусть их наполнит ветер, и идите в кабину коктейли пить. Так нас и на скалы вынесет, разобьём яхту вдребезги... Я думаю, что более правильно делают японцы. У них есть, конечно, инициатива, но и государство играет большую роль, влияя на развитие экономики в лучшем направлении. Из всех капиталистических стран, у которых в настоящее время можно чему-то научиться, я бы выбрал не США, а Японию. Так что если говорить о преобразованиях в советской экономике, то, по-моему, нужно стремиться к такой комбинации: часть ответственности за принятие решений и их осуществление остается в руках государства, а часть – у отдельных предприятий. Самое трудное в этом – найти правильное соотношение. Не менее важен выбор показателей измерения результатов работы и их стимулирования».

«Невидимая рука конкуренции в ценообразовании не в состоянии поддерживать сбалансированность системы и обеспечивать удовлетворение быстро растущих общественных потребностей без направляющего действия и поддержки другой, отчётливо видимой руки – государственного регулирования» [12].

Литература

- [1] Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели. М., «Мысль», 1965.
- [2] Селигмен Б. Основные течения современной экономической мысли. М., «Прогресс», 1968.
- [3] Терехов Л.Л. Экономико-математические методы. М., «Статистика», 1972.
- [4] Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование. М., «Наука», 1984.
- [5] Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М., «Прогресс», 1975. 520с.
- [6] Гамецкий А.Ф. Соломон Д.И. Математическое моделирование макроэкономических процессов. Кишинэу, «Еврика», 1997, 268с.
- [7] Гамецкий А.Ф., Соломон Д.И. Математическое моделирование микроэкономических процессов. Кишинэу, «Штиинца», 1996, 280 с.
- [8] Гранберг А.Г. Математические модели социалистической экономики М.Экономика, 1978. 350 стр.
- [9] Дж. Данциг. Линейное программирование; его применения и обобщения М., Прогресс, 1966, 600 стр.
- [10] Постолатий В.М. Метод определения предельных уровней возможного повышения тарифов на энергоресурсы и другие материальные затраты в отраслях экономики Республики Молдовы, исходя из анализа показателей национальных счетов. Problemele energeticii regionale, №3 (22) 2016.
- [11] Леонтьев В. В. Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика. Пер. с англ. - М.: Политиздат, 1990.
- [12] Гранберг А.Г. Мир Василия Леонтьева. Экономическая наука современной России, № 1(5), 1999.

Раздел 7

Некоторые экологические аспекты энергетики

АНАЛИЗ ЭМИССИЙ В АТМОСФЕРУ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА В БЫТОВОМ СЕКТОРЕ МОЛДОВЫ

Е.В.Быкова¹, Царану М.Х.², Кириллова Т.И.¹, Гуцу В.В.¹

¹Институт энергетики АН Молдовы, ²Офис по изменению климата, Кишинев, Молдова

Введение и цель работы

Для расчетов эмиссий газов с парниковым эффектом при сжигании топлива используется методология по Руководству МГЭИК (Межправительственной группы экспертов по изменению климата) [1]. Данное Руководство является базовым для подготовки Национальных Сообщений по изменению климата и Национальных Отчетов по Инвентаризации газов с парниковым эффектом, [2,3]. По бытовому сектору, который является одним из рассматриваемых категорий источников выбросов в модуле «Энергетика», рассчитаны 7 видов газов - CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC, SO₂. Временной ряд охватывает период 1990-2010, [3].

Кроме этого, для расчетов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу можно использовать Руководство ЕМЕП, редакции 2009 и 2013 года. ЕМЕП - European Monitoring and Evaluation Program - Европейская Программа мониторинга и оценки трансграничных выбросов к Конвенции «Трансграничное загрязнение воздуха на дальние расстояния». По Руководству ЕМЕП рассчитывается целая группа загрязняющих веществ- CO, NO_x, NMЛОС, CH₄, CO₂, N₂O, NH₃, SO_x, взвешенные частицы, тяжелые металлы (Pb, Cd, Cu, Ni, Cr, Se, Zn), полихлоридные дибензопарадиоксины и фураны (PCDD/F), Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene и некоторые другие.

Перечень загрязняющих веществ различается для каждой категории источников, [4].

Целью данной работы является выполнение обобщенного исследования количеств выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в бытовом секторе с учетом рекомендаций обоих Руководств, сравнение полученных величин эмиссий для совпадающих загрязняющих веществ (NO_x, CO, NMVOC) и выявление причин расхождений.

Краткое описание бытового сектора РМ

На 1 января 2012 население Молдовы составляло 4073,8 тыс. чел, включая 3560.4 тыс. человек в Правобережном регионе и 513.4 тыс. чел в Левобережном регионе. В городской среде проживает 45,1% населения и 54,9% - в сельской местности (по данным за 2012 Статистического Ежегодника Национального бюро статистики РМ и Статистического ежегодника ПМР).

Жилищный фонд страны составляет 79,9 млн. м³, в том числе в городской черте - 30,9 млн. м³ и в сельской местности - 49 млн. м³. Для отопления жилья используется природный газ, уголь, биомасса (таблица 1). Для сравнения приведено общее потребление топлива в Правобережном регионе по Топливно-энергетическому балансу за 2012 (ТЭБ) (таблица 2).

Таблица 1. Потребление топлива в бытовом секторе по Правобережному и Левобережному регионам Молдовы*

Тысяч тонн	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Дизельное топливо		0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Сжиженный нефтяной газ	45.5	43.4	45.5	43.4	42.6	40.6	54.6	56.4
Антрацит	77.0	90.0	51.0	43.0	55.0	83.0	72.0	94.0
Прочий битуминозный уголь	4.0	3.0	3.0	2.0	0.0	0.0	4.0	1.0
Природный газ, млн. м ³	521.8	536.2	464.8	482.0	499.0	364.0	527.5	494.1
Биомасса, ТДж**	2148	2708	2184	2466	2162	2111	2690	2929

*) по данным Национального Инвентаря по выбросам парниковых газов, 1990-2010.

**) по биомассе использованы данные в ТДж по Топливно-энергетическому балансу за 2012, стр.16

Таблица 2. Потребление топлива по ТЭБ 2005-2012 г

	Ед. изм.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Уголь	тыс. тонн	180	189	129	198	177	186	198	191
Нефть	тыс. тонн	6	4	8	14	17	11	12	11
Дизельное топливо	тыс. тонн	331	334	351	368	337	418	444	404
Керосины	тыс. тонн	1	1	1	1	1	2	1	0
Мазут	тыс. тонн	21	17	14	17	36	31	23	26
Реактивное топливо	тыс. тонн	15	17	20	18	14	13	19	22
Бензин	тыс. тонн	215	198	203	208	207	197	207	169
Масла	тыс. тонн	11	12	10	11	9	10	10	10
Битум	тыс. тонн	16	22	26	24	10	21	19	58
Прочие	тыс. тонн	2	0	1	1	2	2	3	2
Природный газ	млн. м3	1339	1327	1213	1138	1068	1128	1095	1095
Сжиженный газ	тыс. тонн	53	50	53	55	60	64	67	82
Биомасса	ТДж	2476	3087	2540	2855	2794	2503	3048	3369

Как видно из сравнения данных по таблицам 1 и 2, потребление в бытовом секторе увеличивалось практически по всем видам топлива, и в 2012 году составляло следующие доли от общего потребления: сжиженный газ- 68%; природный газ-45%; уголь - 49%;биомасса- 88%.

Методология расчета количества выбросов загрязняющих веществ использует формулу, включающую два множителя - общее количество потребленного топлива и коэффициент выбросов загрязняющих веществ от каждого вида топлива. Такой подход является наиболее простым, имеет наименование «метод уровня 1», описан в каждом из Руководств, и применен в данной работе. Рассмотрим коэффициенты выбросов по бытовому сектору по каждому из Руководств.

Коэффициенты выбросов для расчета загрязняющих веществ по бытовому сектору

Коэффициенты выбросов для расчета загрязняющих веществ, приведенные в вышеназванных Руководствах, различаются между собой (в том числе и в разных редакциях Руководства ЕМЕР-2009 и 2013 г) практически для всех категорий источников, в том числе и для рассматриваемого в данной работе бытового сектора. Это связано с постоянной работой по улучшению методологии и уточнению коэффициентов.

Таблица 3. Коэффициенты выбросов для расчета загрязняющих веществ по бытовому сектору по Руководству МГЭИК-2006 и ЕМЕР-2009 и ЕМЕР-2013 по совпадающим веществам NOx, CO, NMVOC, кг/ТДж

	кг/ТДж	МГЭИК-2006	ЕМЕР-2009	ЕМЕР-2013
уголь	NOx	100	110	110
	CO	2000	4600	4600
	NMVOC	200	484	484
Природный газ	NOx	50	57	51
	CO	50	31	26
	NMVOC	5	10,5	1,9
Нефтепродукты	NOx	100	68	51
	CO	20	46	57
	NMVOC	5	15,5	0,69
биомасса	NOx	100	74,5	80
	CO	5000	5300	4000
	NMVOC	600	925	600

Приведенные коэффициенты выбросов имеют единицу измерения кг/ТДж. Исходные количества топлив из натуральных единиц необходимо пересчитать с помощью коэффициентов преобразования. Они приняты такими же, как и в Национальном Отчете по Инвентаризации газов с парниковым эффектом, 2010, а именно (ГДж/тонну): уголь-25,44; дизельное топливо-42,54; бензин-43,72; смазочные масла- 40,19; мазут-40,2; древесина - 12,32 (ГДж/т.у.т); сельскохозяйственные остатки-14,67 ГДж/т.у.т; природный газ- 33,86.

Далее, для проведения дальнейших расчетов по формату ЕМЕР, необходимо представление количества потребленных нефтепродуктов, угля и биомассы суммами в ТДж, в связи с чем выполнено дополнительное суммирование (таблица 4).

Таблица 4. Количества потребленных топлив в бытовом секторе Молдовы по формату ЕМЕР, ТДж

	Уголь, ТДж	Газ, ТДж	Прочие жидкие виды топлива, ТДж	биомасса, ТДж
2005	2104,00	17676,13	13091,03	2148,00
2006	2390,00	18166,23	11184,03	2708,00
2007	1407,00	15726,09	10903,66	2184,00
2008	1169,00	16319,00	11700,85	2466,00
2009	1426,00	16881,16	12510,82	2195,52
2010	2168,00	18209,80	12298,71	2146,62
2011	1955,00	17910,17	13471,91	2722,78
2012	2463,00	16731,63	10929,96	2946,71

Результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ от сжигании топлива в бытовом секторе, учтенного в модуле «Энергетика»

1. Результаты расчетов выбросов по МГЭИК -2006 приведены в Национальном Отчете по Инвентаризации газов с парниковым эффектом, 2010, в разделе «Малое сжигание, бытовой сектор (1А4b)» для 2005-2010 для всех топлив. Для 2011 - 2012 г выполнен дополнительный расчет, так как эти годы в этом документе не рассматривались, (таблица 5).

Таблица 5. Выбросы парниковых газов в бытовом секторе, Гг

1А4b, Гг	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC
2005	1,3965	0,0150	1,5220	16,1366	1,8409
2006	1,6495	0,0176	1,6210	19,4248	2,2225
2007	1,1797	0,0138	1,3561	14,6693	1,6945
2008	1,1995	0,0146	1,3823	15,6854	1,8249
2009	1,1995	0,0139	1,4085	14,8281	1,7111
2010	1,3899	0,0145	1,2371	16,0854	1,8374
2011	1,5071	0,017	1,6088	18,2977	2,1063
2012	1,7207	0,0126	1,6337	20,4160	2,3423

*) для 2005-2010 по [3], табл.3-82

2. Расчеты по Руководствам ЕМЕР-2009 и 2013 для полного списка загрязнителей при сжигании топлива в бытовом секторе выполнены для всего временного ряда. В таблице приведен фрагмент расчета величин выбросов для 2012 года (для природного газа) и суммарные количества для всех 4 групп топлив. Представление фрагмента таблицы в данной работе - вынужденное из-за больших объемов информации и требования читаемости данных (таблица 6).

Таблица 6. Результаты расчетов загрязнителей от бытового сектора для 2012 с применением коэффициентов выбросов по руководствам ЕМЕР-2009 и ЕМЕР-2013

топливо	2012 ТДж	ЕМЕР-2009		ЕМЕР-2013	
		Газ	...	Газ	...
		10498	всего	10498	всего
NO _x	грамм	598386000	1829270500	535398000	1596956000
CO	грамм	325438000	2,7681E+10	272948000	2,3941E+10
НМЛОС	грамм	110229000	4180720000	19946200	2976964720
SO _x	грамм	5249000	3807649000	3149400	3015628400
ОКВЧ	грамм	5249000	3302439000	12597600	3470094800
PM ₁₀	грамм	5249000	3076315600	12597600	3254414800
PM _{2.5}	грамм	5249000	3061537600	12597600	3181056800
BC		Не рассч.	Не рассч.	56689200	194460400
Pb	миллиграмм	10330032	616754032	15747	399419643
Cd	миллиграмм	5406470	29563570	2624,5	41785032,5
Hg	миллиграмм	2456532	16809572	7138640	22649140
As	миллиграмм	983662,6	19887362,6	1259760	7995586
Cr	миллиграмм	6886688	212040388	7978,48	97142178,5
Cu	миллиграмм	4178204	170465704	797,848	73917737,8
Ni	миллиграмм	10330032	2672417732	5353,98	37197994
Se	миллиграмм	117577,6	Не рассч.	115478	4064794
Zn	миллиграмм	142772800	1158120800	15747	2046105107
ПХБ	микрограмм	Не рассч.	Не рассч.	Не рассч.	Не рассч.
Полихлоридные дибензопарадиоксины и фураны (PCDD/F)	нг I-TEQ	5249000	4135029000	15747000	4393704200
Benzo(a)pyrene	микрограмм	5899876	1427455876	5878880	1799417880
Benzo(b)fluoranthene	микрограмм	8849814	1746355414	8818320	1583047320
Benzo(k)fluoranthene	микрограмм	8849814	846159814	8818320	1215586320
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	микрограмм	8849814	851278214	8818320	2232987320

3. Сравнение результатов расчетов выбросов по обоим Руководствам для совпадающих веществ NO_x, CO, NMVOC можно выполнить, анализируя их количества по итоговой объединенной таблице 7.

Таблица 7. Суммарные итоговые величины выбросов для совпадающих веществ NO_x, CO, NMVOC по Руководствам МГЭИК-2006, ЕМЕР-2009, ЕМЕР-2013 для 2012 года по бытовому сектору модуля «Энергетика»

	ед. изм	МГЭИК-2006	2012 ЕМЕР-2009	ЕМЕР-2013
NO _x	Гг (тыс тонн)	1,6337	1,8292	1,5969
CO	Гг (тыс тонн)	20,4160	27,681	23,941
NMVOC	Гг (тыс тонн)	2,3423	4,1807	2,9769

Имеющиеся расхождения по оцененным количествам выбросов для совпадающих веществ вызваны различиями применяемых коэффициентов. Следует отметить, что применение коэффициентов по Руководству ЕМЕР-2013 дает меньшее расхождение между величинами выбросов, рассчитанными с применением коэффициентов по МГЭИК-2006, чем по Руководству ЕМЕР-2009.

Заключение

Проведенные расчеты выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для бытового сектора РМ выполнены с использованием коэффициентов по разным Руководствам (МГЭИК-2006, ЕМЕР-2009, ЕМЕР-2013) и показали расхождение по объемам выбросов для трех совпадающих веществ из списка оцениваемых загрязнителей атмосферы- NO_x, CO, NMVOC. Расхождения составили следующие величины:

- 1) МГЭИК-2006 и ЕМЕР-2009-для NO_x- в 1,11 раза, для CO - в 1,35 раза; для NMVOC- в 1,78 раза;
- 2) МГЭИК-2006 и ЕМЕР-2013 -для NO_x- в 0,68 раз, для CO - в 1,17 раз; для NMVOC- в 1,27 раза.

В связи с различиями в оценке количества выбросов по данным веществам, необходимо рекомендовать обязательное указание (требование), какое Руководство было использовано при проведении расчетов.

Литература

1. IPCC (2006), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published by Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Available from: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>.
2. www.clima.md
3. National Inventory Report, Greenhouse Gas Sources and Sinks in the Republic of Moldova, 1990-2010, Chisinau, 2013. Ch.: „IMPRINT PLUS” SRL, 2013- 379 p.CZU 551.583 (049.1) (478), ISBN 9975-940-44-7.
4. European Monitoring and Evaluation Program (EMEP),2009, 2013 <http://www.ceip.at/reporting-instructions>
5. Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova (2012), *Anuarul Statistic al Republicii Moldova, 2012*. Ch.: Statistică, 2012 (Î.S. F.E.-P. „Tipografia Centrală”). - (Statistica Moldovei). 560 p.
6. Статистический ежегодник Приднестровской Молдавской Республики - 2012: Статистический сборник (за 2007–2011гг.) / Государственная служба статистики Министерства экономики ПМР - Тирасполь, 2012. - 188с.
7. Топливо-энергетические балансы за 2005-2012 Национального Бюро Статистики Молдовы. www.statistica.md

Статья опубликована в Сборнике трудов XI Международной ежегодной конференции «Возобновляемая и малая энергетика - 2014», «Renewable & Small Power Engineering – 2014», 27 – 28 мая 2014 года. Москва, ВИЭСХ.

Раздел 8
Интеллектуальные
гибкие системы
управления режимами
работы городских
электрических сетей

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ГИБКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ

ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Говоров Ф.П., Говорова Е.В., Дюмин Э.С.

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, Украина

1. Основные принципы построения интеллектуальных гибких систем

В настоящее время в отечественной и зарубежной энергетике всё более понимаемым становится применение автоматизированных систем для управления режимами электрических сетей [1-21]. Более того, в последние годы произошло переосмысление проблемы автоматизации – вместо оптимизации отдельных функций и процессов всё чаще стали рассматриваться процессы в комплексе при системном подходе к решению проблемы в целом [22,21,23].

Дальнейшее повышение требований к эффективности энергетического производства диктует необходимость, а современные технические средства обеспечивают принципиальную возможность повышения уровня автоматизации технологических процессов на уровне передачи и распределения электроэнергии, [1]. В то же время пространственное и временное разделение процессов в системе электроснабжения (СЭС) городов делает решение указанной задачи достаточно сложным, в связи с необходимостью одновременного согласованного управления большим числом объектов, расположенных на значительной территории [25]. В этих условиях широкие возможности открывает системный подход, позволяющий расчленить СЭС на отдельные взаимосвязанные элементы, взаимодействующие для достижения поставленной глобальной цели [26]. Его применение позволяет объединить отдельные элементы РС в единую гибкую геоинформационную и управляющую систему, а оптимизация ее режимов открывает возможности для использования огромных резервов, рационального использования материальных и энергетических ресурсов.

В качестве основы построения таких систем рассматриваются многоуровневые иерархические распределенные структуры, эффективность которых подтверждена практикой [20]. В таких структурах функции высшей координации и организационного управления в целом выполняет верхний уровень иерархии. В СЭС городов это управляющая электронно-вычислительная машина (ЭВМ или УВМ), входящая в состав автоматической системы диспетчерского управления (АСДУ) объединения. Ее работа характеризуется следующими особенностями:

- непрерывностью и повторяемостью функций, информация о которых подлежит обработке в реальном масштабе времени;
- существенной обусловленностью обратными связями, отражающими предысторию работы СЭС и накопленный опыт функционирования;
- использованием детерминированных моделей процессов, реализованных в машинных алгоритмах.

Наличие указанных особенностей обуславливает необходимость применения системы управления, построенной по многоконтурному иерархическому принципу. Процессы принятия решений в ней имеют широкий диапазон – от очень коротких управляющих воздействий до процессов планирования на длительный срок. По указанным причинам имеет место отличие длительности циклов критериев и параметров управления на разных территориальных и временных уровнях. Это делает затруднительным управление режимами СЭС городов в рамках существующей концепции. В связи с изложенным, современная теория и практика управления режимами сложных систем всё более склоняется к эмпирическим и субоптимальным решениям. При этом проблема разделяется на отдельные задачи с последующим применением специальных процедур, их интеграции и координации.

Поэтому основополагающей концепцией решения комплексной проблемы управления

режимами РС городов в настоящей работе является применение многослойной, распределённой во времени и пространстве, структуры.

Её основные положения сводятся к следующему:

- сложная система представляется в виде ряда взаимосвязанных подсистем, каждая из которых имеет свои цели и задачи функционирования на базе локальных критериев и источников информации. Взаимодействие отдельных подсистем достигается координацией их целей и задач на более высоком уровне иерархии;

- общесистемная задача управления разбивается на подзадачи, имеющие свои частные целевые функции, требующие интегрированного подхода к оценке эффективности функционирования СЭС, как глобальной системы в целом.

Реально существующие в настоящее время системы управления энергетическими объектами сконцентрированы, в основном, на уровне питающих сетей высшего напряжения [27]. Анализ функциональных задач систем управления распределительных сетей (СУ РС) указывает на острую необходимость применения таких систем в РС 0,4 – 110 кВ. Причём, как свидетельствуют результаты анализа, простой перенос идеологии построения средств управления на высших уровнях здесь не применим из-за оперативных, технологических и социально-экономических особенностей РС. Кроме того, идеология построения СУ РС должна учитывать существующую структуру АСДУ энергетических объединений, а также структуру и параметры РС городов. Анализ оперативных задач, возлагаемых на СУ РС свидетельствует о том, что управление режимами РС городов затруднено наличием следующих основных причин:

- управление режимами РС требует передачи значительного объёма информации большому числу объектов с минимальными задержками (режим циркулярного управления), что обуславливает увеличение стоимости системы;

- для оценки режима РС необходима передача на ДП информации от большого числа объектов, существенно снижающая эффективность принимаемых решений;

- наличие разнообразных по объёму интенсивности и приоритетам потоков информации делает затруднительным применение хорошо разработанной классической идеологии.

К особенностям СУ РС можно отнести также отсутствие достаточного количества каналов управления в РС СН и РС НН. Как правило, это небольшое число телефонных каналов связи с особо важными объектами ПЭС: отдельными РП либо ПС, ориентированными на выполнение простейших функций дискретного управления. В ряде случаев используется УКВ-связь в ограниченном диапазоне частот. Следует отметить также практическое отсутствие систем непрерывного управления объектами 0,4 – 10 кВ. Вместе с тем эти объекты оказывают первостепенное влияние на технико-экономические показатели всей СЭС. При этом особую важность играет необходимость одновременного управления большим числом параметров режима узлов нагрузок, что выдвигает требование гибкости.

При этом следует отметить, что объём информации, её интенсивность и приоритет изменяются в зависимости от уровня СЭС, целей и задач СУ. Так, например, при выдаче управляющих воздействий на большое число активных элементов требуются СУ, работающие с минимальными задержками (режим циркулярного управления). При оценке режима РС необходима передача информации на ДП от большого числа узлов, причем в этом случае определяющую роль играет точность информации. Исследования, проведенные в [1-3] свидетельствуют о том, что использованием только существующих телефонных каналов обеспечить СУ ГС информацией необходимого объёма и требуемой точности не представляется возможным. Наличие рассмотренных особенностей диктует необходимость применения системы передачи информации, организованной в трёх средах: УКВ-среде, среде проводной сети и среде РС. Кроме того, учитывая необходимость интеграции СУ ГС в существующие АСДУ энергосистем, они должны соответствовать единым стандартам [9]. Наиболее важным из них является наличие в про-

граммном обеспечении локальных вычислительных систем (ЛВС) четырёх либо семи независимых слоёв при иерархической структуре их построения.

Известные СУ РС построены на узкоспециализированном сборе и передаче информации между отдельными объектами одного уровня. Это системы учёта электропотребления [6], системы диагностики оборудования [1], регистрации режимных параметров [3].

Их независимое существование требует большого количества каналов связи и обуславливает неэффективное использование за счёт дублирования функций. Поэтому в основу разработанной СУ ГС положено применение интегрированных сетей, обеспечивающих возможность передачи информации различным подсистемам. При этом информационные сети ГС различаются по следующим признакам [1]: назначению, структуре, типу канала связи, скорости передачи данных, способе соединения, алгоритму сбора и распределения данных. При создании СУ ГС наибольший интерес представляют сети сбора и передачи информации, сочетающие в себе функции сбора и передачи данных между пунктами управления (ПУ) по двунаправленным каналам связи. Наиболее характерными для РС городов являются радиально-узловые, звёздные, кольцевые и древовидные структуры СУ [1]. Ввиду большого разнообразия элементной и структурной базы, схем и алгоритмов функционирования сети при построении СУ ГС необходимо учитывать большое число технико-экономических факторов. Поэтому анализ СУ ГС осуществляется в настоящей работе по частным критериям применительно к конкретным условиям рассматриваемой задачи.

Проведенные исследования [7] показали, что в условиях городов наиболее приемлемой средой для систем верхних уровней (сети 110 кВ и выше) являются телефонные линии и УКВ-каналы, а для нижних – силовые линии РС. Это во многом обуславливает иерархическую структуру СУ, в определённой степени повторяющую структуру РС. При этом радиально-узловая структура СУ РС использована в качестве типовой для технологий, использующих в качестве среды для передачи информации телефонные линии. Основные пункты (ПУ) в этом случае располагаются на ТП и РП либо ВРУ потребителей, а характеристика сети во многом определяется способностью информационных средств ДП управлять потоками информации, которые передаются последовательно к промежуточным (ПП) и исполнительным (ПИ) пунктам.

Древовидная структура СУ РС является типовой для СУ, использующих радио-среду. Для передачи информации здесь используются высокоскоростные каналы (как правило радиорелейные). Основные пункты в этом случае могут выполнять роль ретрансляторов либо накопителей информации. Промежуточные пункты в этих условиях могут выполнять роль концентраторов данных. Расположение основных и промежуточных пунктов, выделение независимых частей СУ определяются топологией РС и организацией каналов СУ.

Смешанная конфигурация СУ ГС характерна для СУ, сочетающих в себе УКВ-среду, среду телефонных линий связи и силовых линий РС 0,4 – 10 кВ. При этом каждый пункт сети может являться либо коммутатором либо концентратором данных. Неотъемлемым условием работы такой сети является наличие высокоэффективного алгоритма, необходимого для высокоскоростной коммутации и распределения сигналов.

Наличие ограничений в части числа каналов и полосы частот их пропускания обуславливает необходимость органического сочетания каналов, организованным по всем трём средам, делающее целесообразным применение смешанной структуры СУ (рис. 1.). В этих условиях основной проблемой, возникающей при построении СУ РС городов, является уменьшение объёма передаваемой информации. Одним из путей её решения является снижение избыточности информации, которое может быть осуществлено по следующим основным направлениям:

- повышение интеллектуальности локальных систем управления за счёт придания им части управляющих функций и снижения информационной связи с вышестоящими и смежными системами;

- “сжатие” информации путём её предварительной вероятностной обработки;
- совершенствование структурно-алгоритмических решений;
- согласование использования ресурсов локальных сетей;
- обеспечение возможности интеграции СУ РС в существующие АСДУ энергообъединений.

Применение рассмотренных основных подходов в сочетании со стандартизацией элементов СУ позволяет использовать иерархический интегрируемый принцип построения СУ, обеспечивающий возможность унификации элементов и модификации её программного обеспечения. При этом использование микропроцессорных средств и средств вычислительной техники позволяет автоматизировать не только технологические процессы в РС, но и процессы обработки и хранения информации.

Для построения таких систем необходимо решить три основные задачи:

- выбор рациональной структуры гибкой системы, обеспечивающей выполнение требуемых функций с заданными качественными показателями;
- выбор структуры системы управления, обеспечивающий оптимизацию
- количества связей и числа пунктов управления;
- разработка алгоритмов функционирования СУ, обеспечивающих достижение заданных временных характеристик.

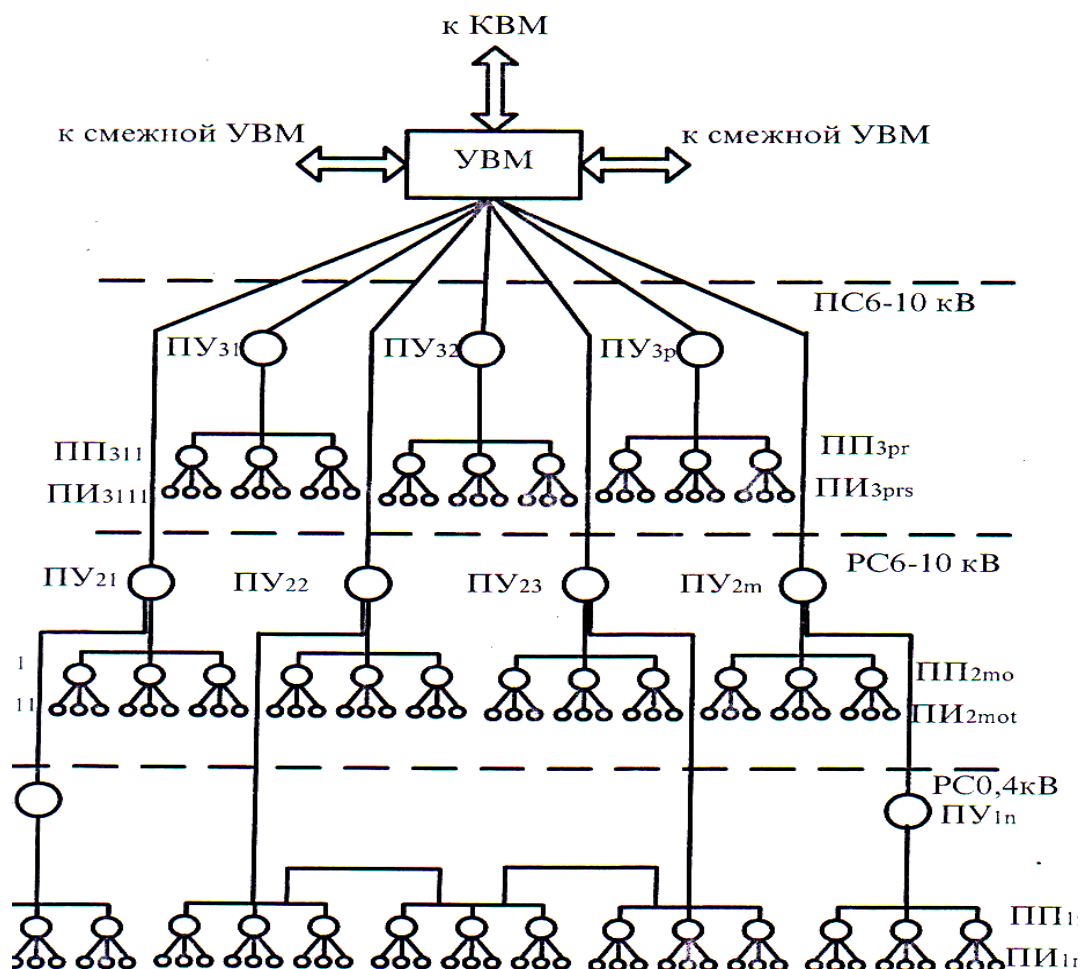


Рис.1. Типология системы управления

2. Функционально-алгоритмические основы построения интеллектуальных гибких систем

В основу разработанной концепции построения гибкой системы управления режимами РС городов положена иерархическая многоуровневая агрегатированная структура. На нижних уровнях ГС представляет собой множество локальных систем, для которых характерна относительная самостоятельность функционирования, приспособленная для применения в узлах нагрузок РС.

Для них наиболее эффективной является стабилизация параметров технологического процесса. Структура таких ГС имеет распределенный характер (рис.2). Её активные элементы (АЭ), осуществляющие коррекцию параметров режима, максимально приближены к объектам управления.

В идеальном случае АЭ устанавливаются непосредственно в узлах нагрузок РС. В настоящей работе построение ГС выполнено в предположении, что основной их целью является реализация задачи “управление”, что определяет принадлежность ГС к системе S представленной парой X, Y , когда Y является решением задачи оптимизации для конкретного сочетания параметров управления. В этом смысле S представляется множеством X и Y , т.е.

$$S \subseteq X \times Y. \quad (1)$$

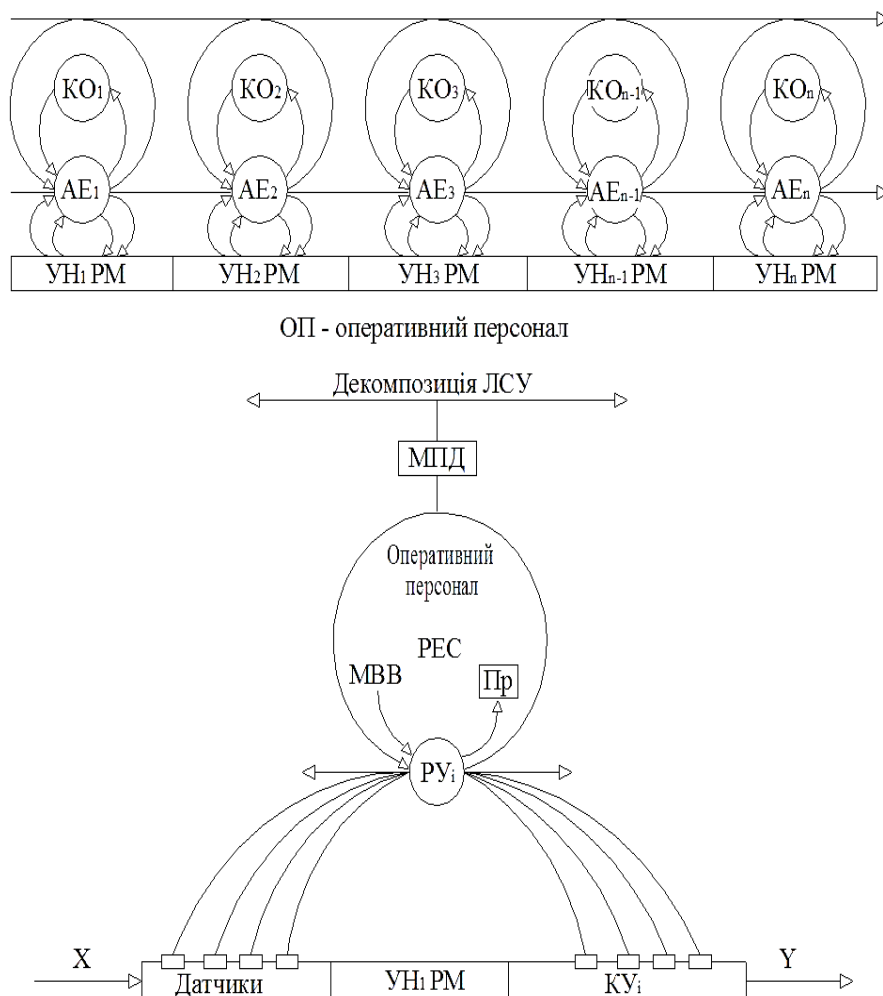
Учитывая целенаправленный и функциональный характер действия системы, можно говорить о ГС как отражении

$$S: X \rightarrow Y, \quad (2)$$

где X и Y – отраженные множества входов $x \in X$ и выходов $y \in Y$.

Рис. 2 – Декомпозиция ГМ: а) структурная; б) функциональная;

С – сбор и обработка информации; Р – регулирование; Л – логическое управление; О – ручной ввод и отображение информации; Пр – передача информации на процессор; MBV – модуль вводу-вывода; КО – контроллер объекта;



МПД – мультиплекс передачи данных выходных сигналов. Последнее обусловлено наличием информации в запоминающих элементах.

В результате ГС может рассматриваться как отображение декартова произведения множества входных сигналов X и множества внутренних состояний Z во множество выходных сигналов Y , т.е.

$$S: X \times Z \rightarrow Y. \quad (3)$$

В разработанной ГС выделен ряд последовательных уровней принятия решений, на каждом из которых происходит обработка информации, поступающей с элементов нижнего уровня. Их целью является выработка координирующих воздействий на элементы этого уровня. Выделение уровней принятия решений выполнено в соответствии с вертикальной декомпозицией ГС. На основании результатов моделирования режимов и в соответствии с [28] в СЭС выделено 4 уровня управления: ВРУ, ТП, РП, ПС 35-110 кВ и СЭС в целом для каждого из которых характерны свои длительности, критерии и параметры управления. Выделению функциональных задач, решение которых не связано с другими задачами этого уровня, соответствует горизонтальная декомпозиция ГС. Горизонтальная декомпозиция нижних уровней ГС соответ-

ствуется выделению локальных систем управления (ЛСУ), управление которыми может вестись в автономном режиме. Число ЛСУ определяется структурой РС, техническим наполнением и территориальным расположением ее элементов. Функционирование локальных систем определяется алгоритмом управления, характеризующим последовательность операций преобразования входного сигнала в выходной. При этом укрупненные операции преобразования информации можно рассматривать как алгоритмические функции, которые являются своеобразными модулями, из которых можно составлять алгоритм управления. В первую очередь это относится к типовым элементам выполняющим определенные алгоритмические функции. Признаками типизации ГС и ее элементов могут служить их ориентация, информационная мощность, целевая направленность и т.д. В настоящей работе для типизации ГС и ее элементов принят объективно-ориентированный признак, обеспечивающий возможность статистического анализа и прогнозирования развития ГС, управления отдельными объектами, а также наиболее точного состояния списка необходимых алгоритмических функций, оценить состав параметров СУ, сформулировать основные требования к техническим средствам. В рассматриваемых условиях понятие типовой ГС сводится к типовой функциональной структуре ГС, которая может быть представлена отображением

$$F : X \times \bar{f} \rightarrow Y, \quad (4)$$

где F - множество алгоритмических функций.

Анализ (4) позволяет выявить наличие следующих основных принципов структурного выполнения ГС:

1. Последовательность выполнения алгоритмических функций ГС определяется временной последовательностью входных сигналов (логическая система)

$$F_L : X \times Z(X, P) \rightarrow Y, \quad (5)$$

где $Z(X, P)$ – внутреннее состояния системы, определяемое множеством входных сигналов X и программным фактором P , определяющим характер алгоритмической функции.

2. Последовательность выполнения алгоритмических функций задается программой (решающая система)

$$F_P : X \times Z(X, P, t) \rightarrow Y, \quad (6)$$

где $Z(X, P, t)$ – внутреннее состояние системы, определяемое множеством входных сигналов X , программным фактором P и текущим временем t .

В реальных системах имеет место оба принципа структурного выполнения ГС в различном их сочетании. Рассмотренные общие закономерности функционирования ГС определяют основные требования к алгоритмам функционирования локальных СУ. Дальнейшая детализация алгоритмов функционирования ГС может быть выполнена посредством их контурной декомпозиции, базирующейся на наличии в локальной СУ нескольких узлов по сбору и обработке информации, определённым образом связанных с АЭ и УН.

При этом принятие решений в разработанной СУ базируется на многослойном принципе, согласно которому сложная проблема управления расчленяется на семейство последовательно связанных более предметных проблем (слоёв). Принятое решение в каждом предыдущем слое составляет основу для принятия решения в последующем слое. Решение проблемы в целом представляет собой последовательное решение составляющих её проблем. Этому соответствует временное разделение операций по управлению параметрами режима РС. При этом узлы информации, осуществляя циклический обмен информацией между УН и АЭ, в каждом цикле используют дополнительную информацию, получаемую за более длительные интервалы времени. В качестве последних используются сигналы от АЭ, различного рода статистические данные и т.д.

Анализ типовых структур ГС с использованием её контурной декомпозиции позволил

выявить подмножество алгоритмических функций, предназначенных для решения рассматриваемых задач управления технологическими процессами передачи и распределения ЭЭ в РС городов. Это:

- контроль: сбор, хранение, обработка данных о технологических параметрах, их отклонениях от заданных значений, а также срабатываний защит и блокировок с целью оценки, диагностики и программирования хода технологического процесса, состояния оборудования и эксплуатационных показателей РС;
- регулирование: сбор, обработка данных, формирование и выдача управляющих воздействий с целью стабилизации отдельных параметров технологического процесса или их изменения по заданному закону;
- передача информации: подготовка данных и реализация протоколов обмена со смежными и вышестоящими системами;
- логическое управление: управление дискретными или непрерывными исполнительными органами по заданной либо перестраиваемой программе в зависимости от состояния технологического процесса;
- отображение технологической информации: индикация, регистрация данных, ручной ввод инструкций, команд и данных.

Указанные основные подмножества не являются единственными и носят экспертный характер. По мере изучения СЭС в состав алгоритмических функций могут вноситься изменения. Наличие указанных подмножеств придаёт упорядоченный характер задаче управления технологическими процессами в РС городов и разработки их программного обеспечения.

Применение рассмотренной выше концепции построения ГС обеспечивает возможность агрегирования технических средств систем управления и регулирования, которое заключается в их компоновке из ограниченного числа унифицированных составных частей (агрегатных модулей) разнообразных проблемно- и объектно-ориентированных элементов для решения конкретных задач управления. Непредсказуемые сочетания задач, возникающие в локальных зонах ГС, делают метод агрегирования единственно приемлемым для проектирования ГС такого типа [21].

Принцип агрегирования базируется на идее совместимости отдельных частей технического комплекса. Критерии совместимости для систем каждого уровня разработаны в [4]. Их основу составляют функциональный, конструктивный и программный критерии, рассмотренные в [21]. Остальные (энергетический, метрологический, по надёжности) имеют второстепенное значение.

Наибольшее значение с точки зрения организации взаимодействия модулей имеет критерий функциональной совместимости [4], который определяет условия взаимодействия модулей, а также условия связи элементов каждого уровня между собой и внешней средой. Функциональная совместимость отражает все особенности структуры и компоновки ГС. Как показали результаты анализа, в локальных системах нижнего уровня целесообразным является применение циклических алгоритмов, в особенности это относится к микроконтроллерам.

Для следующего уровня управления характерно решение задач координации. Реализация критериев функциональной совместимости осуществляется здесь путём разработки соответствующих интерфейсов.

Единство конструктивной базы агрегатных модулей ГС обеспечивает критерий конструктивной совместимости. Тем самым создаются условия для совместимости модулей независимо от места их производства, модернизации и условий эксплуатации систем. Наиболее полно рассматриваемым условиям соответствует четырёхзвенная схема агрегирования: элемент – подсистема – система – комплекс. Ей соответствует четырёхуровневая структура ГС.

Необходимым условием целенаправленного взаимодействия элементов ГС является их

программная совместимость. Последнее может быть достигнуто применением единого интерфейса, обеспечивающего функциональную совместимость модулей. Поэтому следующим шагом является разработка базовой части программного обеспечения, обеспечивающей взаимное функционирование отдельных модулей СУ. Дальнейшее развитие ГС может идти по пути дополнения её программными модулями и последующим их наращиванием.

Следующим этапом развития программного обеспечения ГС является создание оперативной системы реального времени, осуществляющей реализацию алгоритмов конкретных элементов СУ на базе программных модулей. Здесь могут быть выделены три уровня сложности программного обеспечения:

- уровень циклических алгоритмов, реализующий, в основном, логические операции и операции контроля, требующий постоянной готовности функциональных модулей, участвующих в циклическом опросе;
- уровень смешанных алгоритмов (циклических и адресных), обеспечивающий достижение высокого быстродействия на элементах нижнего уровня и реализующий координирующее воздействие вышестоящих уровней;
- уровень алгоритмов адресного обращения к функциональным модулям, обеспечивающий реализацию сложных программ с использованием методов обработки информации.

В связи с обеспечением совокупностью функционального, конструктивного и программного критериев принципиальной возможности взаимной стыковки модулей, критерием, характеризующим качество работы рассматриваемого объективно-ориентированного комплекса, построенного из агрегатных модулей, является метрологический критерий [29].

Реализация рассмотренных основных положений ориентировалась на номенклатуру агрегатных модулей производства Харьковского НПО САУ, разработанных для комплекса технических средств локальных информационно-управляющих систем, реализуемых в настоящее время в микропроцессорных системах диспетчеризации, автоматики и телемеханизации (МикроДАТ).

Номенклатура агрегатных модулей МикроДАТ включает [21]:

- средства обработки информации (микроконтроллеры, арифметические расширители, средства контроля и диагностики);
- средства обмена информацией (по выделенным некоммутируемым и коммутируемым, в том числе телеграфным, телефонным и радиоканалам связи), сопряжения с другими агрегатными комплексами и ЭВМ;
- средства хранения информации (модули оперативной, в том числе энергонезависимой стираемой программируемой памяти);
- средства ввода непрерывных и дискретных сигналов (постоянного тока и напряжения низкого и среднего уровня, термо- и терморезистивных, частотных, фазовых от сельсинов и вращающихся трансформаторов, импульсных от датчиков перемещений и угла поворота, импульсных, двухуровневых – постоянного и переменного тока, числоимпульсных, кодированных и т.д.);
- средства ручного ввода, вывода и отображения информации для местных пунктов контроля и управления (цифровые и кнопочные датчики, индикаторы дискретных сигналов, цифровые и символьные индикаторы);
- оперативно-диспетчерское оборудование (в том числе символьная и функциональная клавиатура, различного рода мониторы).

Помимо этого в номенклатуре МикроДАТ имеется ряд специализированных средств программно-командного логического управления (программируемые контроллеры) и средства для цифровых систем регулирования, которые могут найти применение в ГС РС городов для решения отдельных локальных задач.

Конечной целью работы является синтез структуры ГС, реализующей заданный алгоритм управления. Имея в виду нестационарность внешних условий и параметров объектов управления, процессу управления целесообразно придать адаптивный характер. Это позволит в максимальной степени обеспечить выполнение целевой функции управления, т.е. оптимизацию выбранного критерия, определяющего эффективность управления при заданных ограничениях. Подобные задачи неизменно приводят к многослойным структурам принятия решений, анализ которых составляет основу синтеза ГС. Модель такой системы имеет многоуровневую структуру, включающую ряд многомерных контуров, в каждом из которых результирующая функция управления содержит компоненты, зависящие от коррелирующих сигналов других контуров.

Поскольку ГС относится к системам с пространственным и временным разделением управляющих воздействий в СУ ГС введено две модели: полная расчётная модель РС и модель принятия решений. Взаимодействие моделей, организовано таким образом, что определение управляющих воздействий осуществляется в два этапа, разделённых во времени. Наличие же в составе ГС рассредоточенного многомашинного комплекса обуславливает территориальный разнос управляющих воздействий, т.е. децентрализацию управления.

На первом этапе управления (внешний контур рис.3) по полной информации о параметрах режима РС $x \in X$ определяются обобщённые зависимости между параметрами оптимальных режимов, позволяющие в компактной и удобной форме обобщить физические свойства РС и её элементов. В общем виде они устанавливаются по результатам статистического анализа информации о параметрах множества оптимальных режимов на предшествующем интервале времени.

Выбор подобного пути получения зависимостей обусловлен устойчивостью получаемых соотношений к изменению условий эксплуатации и возможностью создания на их основе долгосрочных законов управления регулирующими устройствами [4]. Авторами работы получены аналитические соотношения, связывающие численное значение параметров режима с отдельным значением критерия эффективности и позволяющие предоставить критериальную функцию оптимизации в виде:

$$F = f\left(\gamma_{ik}^*, X, \Pi\right) \quad (7)$$

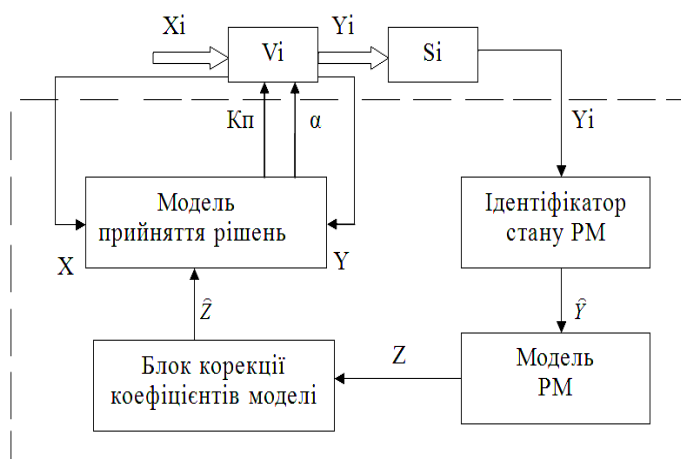


Рис. 3 – Структурная схема АСУ ТП РМ

В формуле (7) γ_{ik} – вектор критерия подобия, характеризующий долевое участие k -го показателя i -го элемента в суммарном эффекте (за базисный принят оптимальный режим); X, Π – от-
* *

носительное значение параметров режима X и регулирующих устройств П.

Работа активных элементов РС координируется из центра изменением уставок и зон нечувствительности, определённых в результате решения задачи технико-экономической устойчивости оптимального режима [4]. Анализ зависимости (7) заканчивается определением областей допустимых отклонений оптимальных параметров режима РС и параметров АЭ.

На первом этапе формируется также модель, по которой определяются управляющие воздействия во втором контуре управления. Она формируется, основываясь на том, что для оптимизации режима РС с помощью трансформаторов с продольно-поперечным регулированием в УН сети вводятся требуемой величины и фазы добавочные ЭДС. При этом значения ЭДС, оптимизирующих режим РС, определяются методами теории подобия в виде

$$\begin{matrix} * \\ E_{УРА} \end{matrix} = \begin{matrix} * \\ \Pi_A^E \end{matrix} \begin{matrix} * \\ I_P \end{matrix}; \quad \begin{matrix} * \\ E_{УРР} \end{matrix} = \begin{matrix} * \\ \Pi_P^E \end{matrix} \begin{matrix} * \\ I_A \end{matrix}, \quad (8)$$

где Π_A^E, Π_P^E – матрицы критериев подобия; I_A, I_P – векторы активной и реактивной составляющих токов УН относительно токов базисного режима.

Найденные критерии подобия П на втором этапе (внутренний контур управления) используются для принятия решений по реализации нормальных режимов. Состав управляющих воздействий (значения параметров регулирующих устройств П) определяется для области практически равноэкономичных оптимальных режимов M_X . Для нахождения оптимизирующих параметров П формируется определяющая совокупность параметров системы X' . При такой структуре управление режимами в темпе процесса осуществляется только во внутреннем контуре. Во внешнем контуре уточняются значения критериев подобия П и соответствующих им уставок КУ. Поскольку П достаточно устойчивы к изменению нагрузки РС, то делается это только при значительных воздействиях (изменении топологии сети, недельных либо сезонных изменениях нагрузки и т. д.).

В рамках рассматриваемого подхода имеет место пространственная и временная децентрализация процесса управления за счёт передачи части функций управления элементам нижнего уровня РС практически без потери принципов централизованного управления. Достигается это за счёт того, что на определённом интервале изменения параметров регулирование осуществляется по местным параметрам в выделенной области коррекции.

При выходе параметров режима из заданного интервала автоматически корректируется закон регулирования (блок коррекции на рис.3). При этом, поскольку коррекция осуществляется по результатам оптимизационных расчётов РС в целом, имеет место минимизация общесистемного критерия F, т.е. обеспечивается соблюдение системных принципов управления режимами РС. В рассматриваемой структуре по существу реализовано централизованное управление децентрализованными подсистемами.

Таким образом, применение рассматриваемой структуры обеспечивает оперативное управление режимами РС по комплексному векторному критерию F с учётом его чувствительности к изменениям модуля, фазы и гармонического состава напряжения и токов в УН. При этом функции централизованного управления сводятся к выбору уставок КУ, а функции локального – к плавному изменению параметров режима в заданной области по местным параметрам.

3. Структура системы управления

В соответствии с основными принципами, приведенными ранее, структурная схема си-

системы управления РС представлена в виде рис.4. В качестве переменных состояния $x_i(t)$ этой системы приняты модули, фазы и гармонический состав напряжений и токов каждой из фаз i -ой подсистемы

$$u_{iv} \in U_{iv} = \{u_{i1}, u_{i3}, \dots, u_{in}\}; i_{iv} \in I_{iv} = \{i_{i1}, i_{i3}, \dots, i_{in}\}, \varphi_{iv} \in \Phi_{iv} = \{\varphi_{i1}, \varphi_{i3}, \dots, \varphi_{in}\}; v = \overline{1, N},$$

а также переменные, характеризующие состояние активных элементов АЭ системы: их номинальные мощности

$$S_{Hi} \in S_{Hi} = \{S_{H1}, S_{H2}, \dots, S_{HK}\};$$

диапазон регулирования параметров режима

$$\delta u_{Hi} \in \delta U_{Hi} = \{\delta u_{H1}, \delta u_{H2}, \dots, \delta u_{HK}\}, \delta i_{Hi} \in \delta I_{Hi} = \{i_{H1}, i_{H2}, \dots, i_{HK}\},$$

$$\delta \varphi_{Hi} \in \delta \Phi_{Hi} = \{\varphi_{H1}, \varphi_{H2}, \dots, \varphi_{HK}\};$$

а также энергетические показатели

$$K_{Mi} \in k_{Mi} = \{k_{M1}, k_{M2}, \dots, k_{MK}\}, K_{ni} \in k_{ni} = \{k_{n1}, k_{n2}, \dots, k_{nK}\}, k = \overline{1, K}.$$

Входные воздействия $U(t)$, $I(t)$, $\varphi(t)$ будем различать в зависимости от типа АЭ. Для разрабатываемой системы в качестве АЭ использованы: многофункциональные преобразователи напряжения (МПН), системы регулирования напряжения (СРН), трансформаторы с РПП, генераторы с АРВ, средства компенсации реактивной мощности (КРМ), синхронные двигатели, синхронные компенсаторы, статические тиристорные компенсаторы (СТКРМ), батареи статических конденсаторов (БСК) и т.д. Под входным воздействием для ГС подразумеваются величины напряжений u_i , токов i_i и углов φ_i между ними.

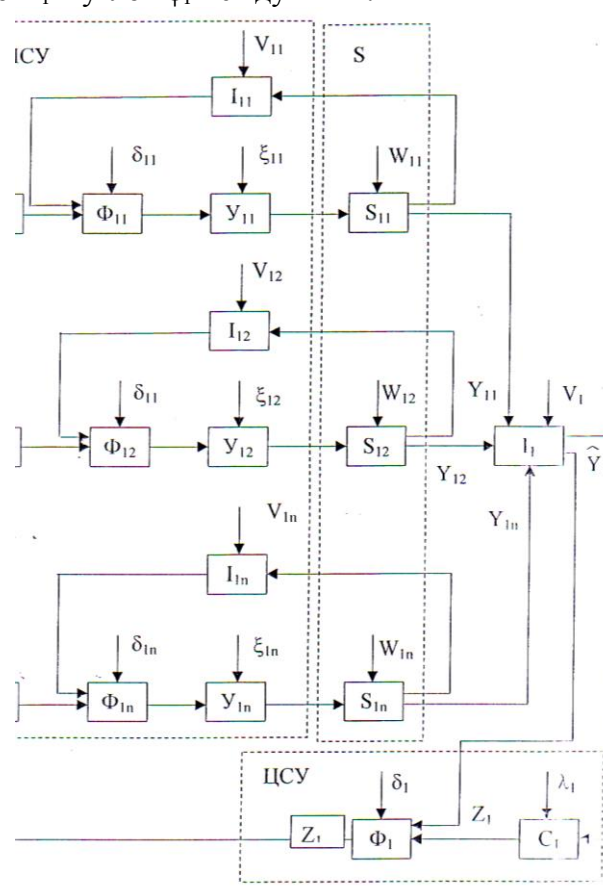


Рис. 4 – Структурная схема СУ РМ:

S – объект управления (РМ); I – измерительная система; Y – исполнительная система; Φ – система принятия решений; C – вычислительная система

Принято, что в соответствии со структурой объекта и условиями его эксплуатации, в пространстве U переменных $U_1, U_2, \dots, U_n; I_1, I_2, \dots, I_n; \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ заданы множества $\Omega(U), \Omega(I), \Omega(\varphi)$ и параметры управления $u_1, u_2, \dots, u_n; i_1, i_2, \dots, i_n; \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ в каждый момент принимают только такие значения, при которых векторы $U(t), I(t), \varphi(t)$ с компонентами $u_1(t), u_2(t), i_1(t), i_2(t), \varphi_1(t), \varphi_2(t)$ принадлежат множествам $\Omega(U), \Omega(I), \Omega(\varphi)$ области управления. При этом ограничения наложены не только на параметры управления, но и на координаты $x_1, \dots, x_n$ области возможных состояний системы $\Omega(U), \Omega(I), \Omega(\varphi)$. В этом случае действие системы управления определяется состоянием РС. Так, для послеаварийного режима, для которого характерен дефицит мощности, сопровождающийся снижением напряжения и коэффициента мощности, действие ГС зависит от причин дефицита. При плановом изменении мощности прогнозируется прохождение $P_{\max}$ (по каждому УН), и в основном выполнение этих ограничений возлагают на себя элементы верхнего уровня ГС. При случайном изменении, вследствие внезапного изменения мощности нагрузки либо генерирующих источников, действие ГС направлено на распределение этого дефицита между АЭ и выполнении ограничений. К основным ограничениям в этом режиме можно отнести время управления t_y , которое должно быть меньше допустимого, что требует участия элементов нижнего уровня.

При нормальном режиме работы РС и отсутствии дефицита мощности по энергосистеме на ГС возлагается управление параметрами режима по технико-экономическим критериям в соответствии с условиями принятых контрактов. Возможна также и “свободная” траектория ГС без ограничений.

В общем случае, предложенная ГС является разновидностью классической системы стохастического управления. Ее отличительным признаком является наличие двух групп решающих элементов. Решающий элемент C_1 системы включает функции минимизации (максимизации) функции качества РС в целом (глобальная оптимизация). Решающие элементы C_{1i} локальных систем осуществляют оптимизацию режимов РС на каждом из уровней (локальная оптимизация).

В принятой постановке задачи стохастического оптимального управления в системе управления (рис.4) присутствует две группы решающих элементов C_1 и C_{1i} . Первому из них (C_1) “известна” математическая форма записи динамики состояния, связь между вектором измерений и состояний объекта управления (S), плотность вероятности всех основных случайных переменных. Цель работы контроллера C_1 - минимизировать глобальную векторную функцию качества. Контроллер в любой момент времени t получает мгновенно и без искажения отклик обо всех прошлых управлениях или решениях, а также все прошлые и настоящие измерения.

Второй группе контроллеров известно состояние каждого i -го элемента S_{1i} в любой момент времени t , а также математические формы записи критериальных функций качества. Целью их работы является минимизация их локальных векторных функций качества по местным параметрам. Учитывая поэтапное решение проблемы, в настоящей работе рассматривается иерархическая структура с двумя уровнями управления (ЦСУ – централизованная структура и ЛСУ – локальная структура с автономным управлением). Особенностью данной структуры является сочетание централизованного управления РС с частичным локальным управлением (с элементами локального управления) отдельными объектами (либо их группами). В соответствии с этим, функции управления распределяются между центральным органом C_1 , который реализует алгоритм глобального управления РС, и локальными органами $C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1n}$, каждый из которых решает задачу управления некоторым подмножеством объектов $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1n}$ в соответствии с управляющим воздействием центрального органа (ЦО). Особенностью локальных органов является то, что для них предусматриваются различные задачи управления. Так, для некоторых типов потребителей (например, коммунально-бытовых, отдельных типов промышленных потребителей) управление осуществляется по исполнительным командам ЦСУ,

в то время как для узлов нагрузок низкого напряжения, а также отдельных потребителей НН – по командам центрального органа в соответствии с локальным алгоритмом.

В рассматриваемой структуре сочетаются многие положительные функциональные свойства полностью централизованной и децентрализованной структур, такие как: максимальная автономность локальных центров в процессе управления с возможностью оптимального управления системой в целом; централизованное хранение и обработка информации, относящиеся ко всей системе в целом с децентрализованным размещением и обработкой информации, необходимой для автономного управления отдельными объектами; пониженные требования к пропускной способности и производительности локальных органов управления с высокой общей пропускной способностью (производительностью системы); повышенной надежностью, т.к. при выходе из строя ЦСУ локальные центры управления могут продолжать функционировать, например, в соответствии с последним управляющим воздействием ЦСУ.

Отличие предложенной структуры системы автоматического управления РС от традиционной структуры централизованной системы с автономным управлением состоит в выполнении контроля состояния режимных параметров РС (см. рис. 4). Так, вследствие особенностей РС, затруднено непосредственное измерение параметров режима коммунально-бытовых потребителей, отдельных промпредприятий в темпе процесса, что обуславливает измерение параметров режима РС по интегральным либо косвенным показателям. Следует отметить также, что состояние локальных объектов важно как для управления РС, так и для последующего экономического управления РС по результатам выполнения ограничений.

Для нормального режима РС в основу работы системы предлагается положить принцип функционирования системы с неполной информацией об объекте управления и пассивным накоплением ее в процессе управления, т.е. процесс накопления (“сжатие”) информации об управляющем сигнале $\lambda(U)$ не зависит от алгоритма (стратегии) решающего устройства С.

Накопление информации в данном случае заключается в наблюдении сигналов $\hat{X}(t)$ и построении по ним гипотез (прогноза) о процессе $\lambda_1(U_0)$. Предполагается также, что сам по себе процесс наблюдения не зависит от того, какое решение принимает решающее устройство о характере λ . Полученную информацию можно только правильно использовать, но ее нельзя увеличить, какая бы ни была стратегия управляющего устройства. Увеличение информации возможно путем ее накопления при помощи средств информационного обеспечения в моменты отсутствия управляющих сигналов.

Вместе с этим для наиболее важных объектов регулирования предусматривается возможность косвенного активного накопления данных, что будет содействовать более быстрому и более точному изучению характеристик объекта управления и способствовать более эффективному управлению этим объектом. В послеаварийном режиме работы РС более эффективным является принцип функционирования системы с активным накоплением информации [1].

В целом представленная выше система управления относится к несвязным многомерным двухканальным мультипроцессорным системам. Предполагая изолированное действие АЭ, система управления может быть представлена, как совокупность одномерных систем, которые в общем случае, относятся к классу цифровых систем автоматического управления САУ [2].

4. Структурно-алгоритмическая организация управления сетями

Организация работы ГС в значительной степени затруднена ввиду большого разнообразия структур и схем РС, а также их элементов – питающих и распределительных сетей высшего, среднего и низшего напряжения. В этих условиях особую актуальность приобретает разработка методов машинного моделирования структур и параметров РС.

Одним из направлений решения рассматриваемой задачи является применение теории графов, в соответствии с которой движение энергии в РС, как одной из тождественных пар входов и выходов потоков энергии, массы и информации может быть описано с помощью графа, вершины которого обозначают отношения преобразований, а ребра – отношения связей (рис.5).

Действие каждого из элементов РС рассматривается здесь как результат преобразования входного параметра X в выходной - Y ($X \xrightarrow{R} Y$). Между РС, как сложным техническим комплексом, и совокупностью C действуют отношения связи, обусловленные объединением входных параметров совокупности C X_C' , X_C'' , X_C''' и комплекса Y_C . При этом действие элементов 6, 5, 4, 3, 1 комплекса является сложным и основано на выполнении энергетических преобразований, а потому его входы являются энергетическими. Так, в частности, действие элемента 6 основано на выполнении преобразований

$$X_{6'} \xrightarrow{R} Y_{6'}, X_{6'} \xrightarrow{R} Y_{6''}, X_{6'} \xrightarrow{R} Y_{6'''}, X_{6''} \xrightarrow{R} Y_{6'}, X_{6''} \xrightarrow{R} Y_{6''}, X_{6''} \xrightarrow{R} Y_{6'''}, \\ X_{6'''} \xrightarrow{R} Y_{6'}, X_{6'''} \xrightarrow{R} Y_{6''},$$

$$X_{6'''} \xrightarrow{R} Y_{6'''} \nabla X_{6'} = Y_7, X_{6''} = Y_{C''}, X_{6'''} = Y_{6'''}, Y_{6'} = X_8, Y_{6''} = X_{4''}, Y_{6'''} = X_5,$$

имеющих своей целью приведение параметров электрической энергии, получаемой от энергосистем, в соответствие с требованиями основной массы потребителей района города. Поэтому входы $X_{6''}$, $X_{6'''}$ являются энергетическими.

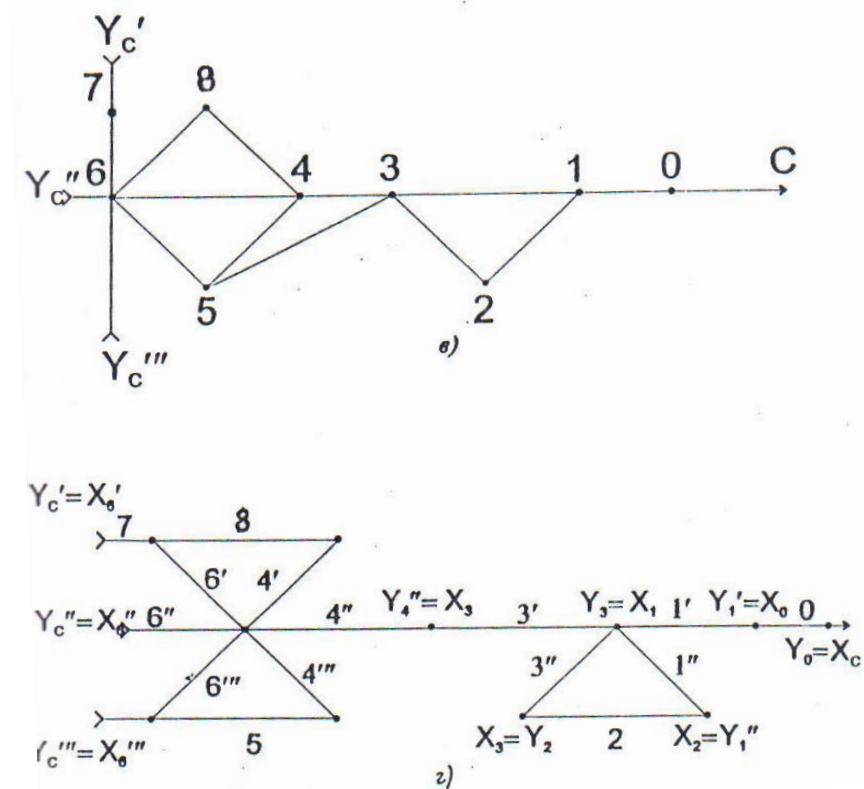
Действие элементов 5,4,3,2,1 основано на выполнении преобразований $X_5 \xrightarrow{R} Y_{5'}$,

$$X_5 \xrightarrow{R} Y_{5''} \nabla X_5 = Y_{6'''}, Y_5 = X_4, Y_{5''} = X_3; X_{4'} \xrightarrow{R} Y_4,$$

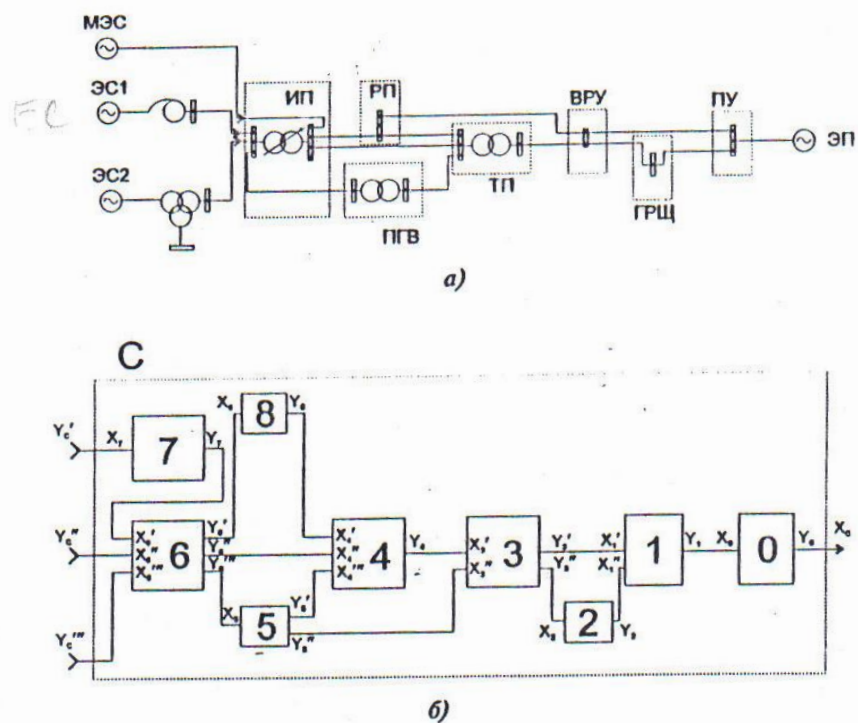
$$X_{4''} \xrightarrow{R} Y_4 \nabla X_{4'} = Y_8, X_{4''} = Y_{6''}, X_{4'''} = Y_{5'}, Y_4 = X_{3'}; X_{3'} \xrightarrow{R} Y_{3'}; X_{3'} \xrightarrow{R} Y_{3''},$$

$$X_{3''} \xrightarrow{R} Y_{3'}, X_{3''} \xrightarrow{R} Y_{3''} \nabla X_{3'} = Y_4, X_{3''} = Y_{5''}, Y_{3'} = X_{1'}, Y_{3''} = X_2; X_{1'} \xrightarrow{R} Y_1,$$

$$X_{1''} \xrightarrow{R} Y_1 \nabla Y_1 = X_0, X_{1'} = Y_{8'}, X_{1''} = Y_C,$$



целью которых является приведение параметров электрической энергии, поступающей от ИП



либо МЭС, в соответствии с требованиями отдельных групп однородных потребителей.

Рис. 5 – Принципиальная (а) структурная (б) схема, прямой (в) и обратный (г) графики СЭП района города

Элемент 1 представляет собой комплект защитно-коммутационной, управляющей и регулирующей аппаратуры, предназначенной для управления технологической установкой. Элементы 2, 8 выполняют простые преобразования $X_2 \xrightarrow{\bar{R}} Y_2$ и $X_8 \xrightarrow{\bar{R}} Y_8$, имеющие своей целью приведение параметров электрической энергии, поступающей от ТП либо ВРУ, в соответствии с требованиями групп однородных электроприемников и потребителей, соответственно. Элемент 7 выполняет простое энергетическое преобразование $X_7 \xrightarrow{\bar{R}} Y_7$ по преобразованию тепловой энергии угля, газа либо мазута в электрическую энергию, вырабатываемую турбогенератором. Поэтому вход X_7 является массовым, а вход Y_7 – энергетическим. Элемент 0 выполняет обратное простое преобразование $X_0 \xrightarrow{\bar{R}} Y_0$, имеющее своей целью преобразование электрической энергии в другие ее виды (тепловую, световую, механическую и т.д.). Его выходной параметр Y_0 является одновременно и входным параметром системы X_C .

Запись отношения преобразований и отношения связей РС, как сложного технического комплекса имеет вид:

$$Y_7 \rightarrow X_7 = X'_6 \quad Y'_6 = X_8 \rightarrow Y_8 = X'_4$$

$$Y''_C = X''_6 \rightarrow Y''_6 = X'_4 \rightarrow Y_4 = X'_3 \rightarrow Y'_3 = X'_1 \rightarrow Y_1 = X_0 \rightarrow Y_0 = X_6$$

$$Y'''_C = X'''_6 \rightarrow Y'''_6 = X_5 \rightarrow Y_5 \rightarrow Y'_5 = X'''_4 \quad Y''_3 = X_2 \rightarrow Y_2 = X'_1 \\ Y''_5 = X''_3$$

Отношение между комплексом и совокупностью С раскрывает связь $Y_0 = X_C$. Анализ (9) свидетельствует об изоморфизме записей процесса.

Приведенная на рис.5,б схема РС позволяет отнести РС города к комплексам последовательного действия. Для описания движения энергии в РС, как одной из тождественных пар входов и выходов потоков энергии, массы и информации применим граф, вершины которого обозначают отношения преобразований, а ребра – отношения связей, приведенных на рис.5,в.

Граф на рис.5 в позволяет однозначно распознать свойства РС на ее верхних уровнях, где требуется относительно невысокий уровень детализации. Для исследования свойств РС на ее нижних уровнях требуется более высокий уровень детализации. В этом случае более целесообразным является применение обратного графа, в котором отношения преобразований образуются ребрами, а отношения связей – вершинами, которым соответствуют тождественные пары входов и выходов потоков энергии, массы и информации (рис.5,г). Обратный граф более наглядно отражает сложность преобразований, как основу действия элементов 6, 5, 4, 3 и 1. Ребра 6', 6'', 6''' и 4', 4'', 4''', а также 5', 5''; 3', 3'' и 1', 1'' говорят о наличии сходящихся (в первом случае) и расходящихся (во втором) преобразований. Сравнение рис.5,в, рис. 5,г и аналитической записи (9) свидетельствует о изоморфизме трех записей процесса, что является свидетельством системных свойств РС.

Уровень детализации описаний определяется уровнем РС. Первый уровень детализации применяется для исследования отдельных элементов либо РС в целом, без учета их внутренних связей (рис.6,б-7,а). Второй уровень детализации (рис. 6,в-7,б) применяется для исследования свойств системы либо входящих в нее элементов с учетом ее внутренних и внешних связей. На рис.8,а приведен граф РС района города для первого, а на рис.8,г - для второго уровня детализации.

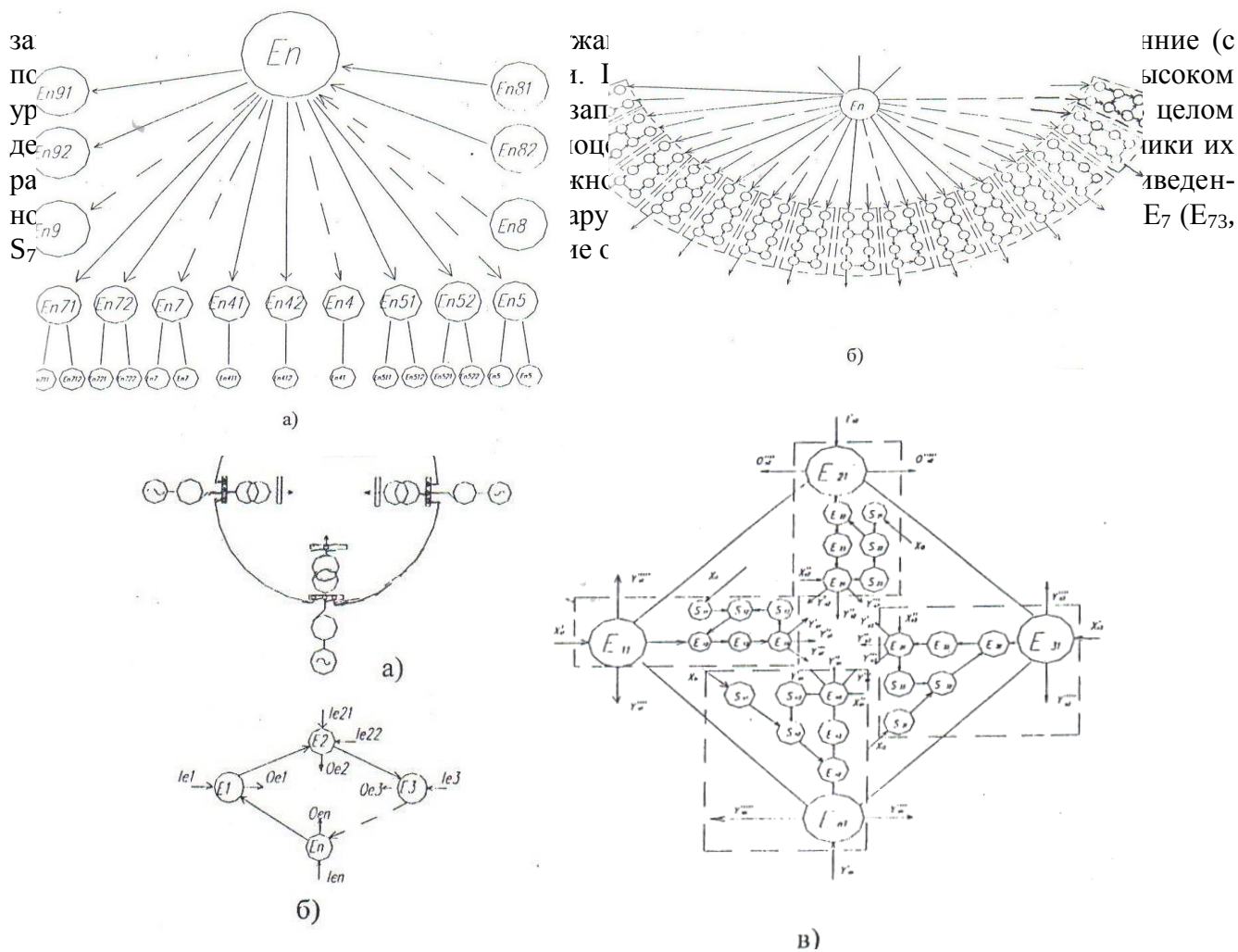


Рис. 6. Принципиальная (а) и функциональная схемы шестого иерархического уровня СЕП города при первом (б) и втором (в) уровнях детализации

Рис. 7. Функциональная схема пятого иерархического уровня РМ при первом (а) и втором (б) уровнях детализации

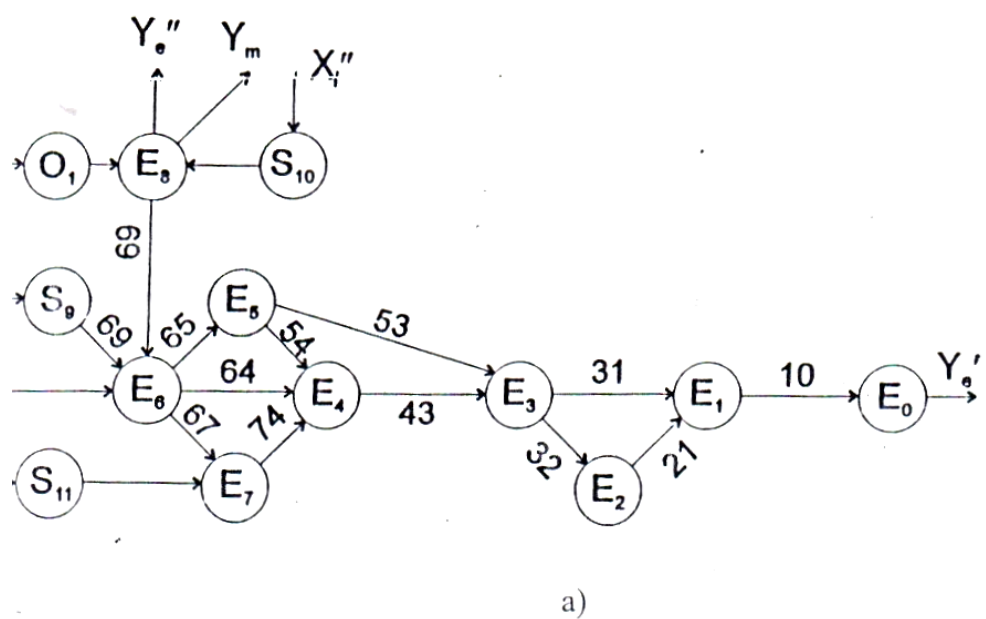
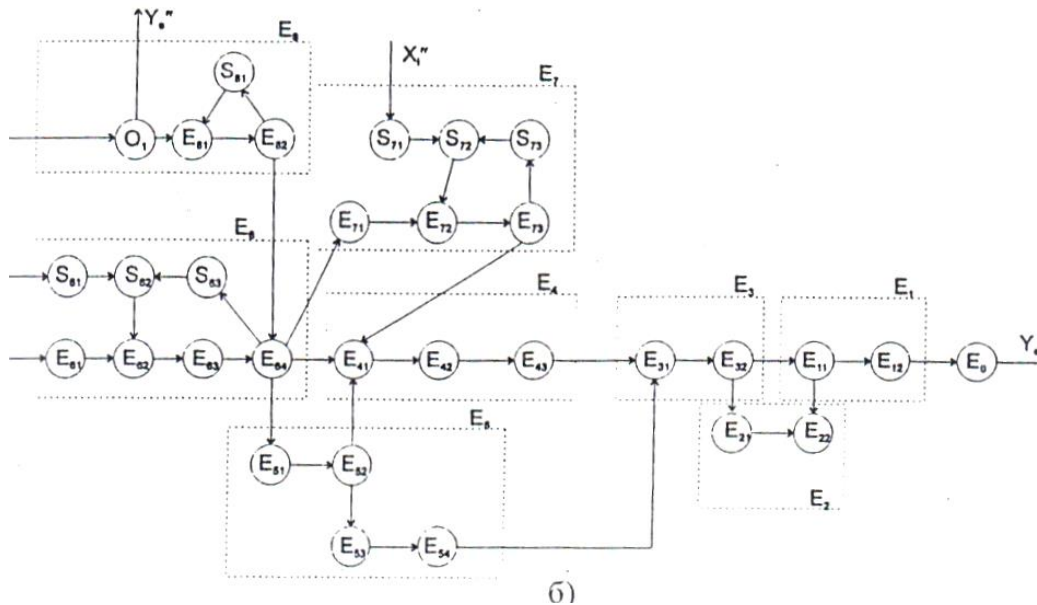


Рис. 8 – Граф района города при первом (а) и втором (б) уровнях детализации: (1-9) – отношения преобразований; (1i-9i) отношения связей; E – энергетические системы; S – информационная система

5. Микропроцессорная реализация интеллектуальных гибких систем

Структурно рассматриваемая система состоит из централизованной (ЦСУ) и локальных (ЛСУ) систем, выполняющих функции автоматизированного управления параметрами режима на отдельных стадиях технологического процесса. Каждая из систем включает ряд функциональных модулей (телемеханический, вычислительный, связи и др.), модулей общей памяти, модулей контроля, сбора и обработки телемеханической информации. При этом локальные устройства могут по цифровому модулю связи вести диалог со смежными модулями. Для связи центральной и локальных систем принята звездная структура линий связи [20], обеспечивающая взаимодействие систем по схеме “точка в точку”. Это требует сравнительно простого набора процедур, реализуемых, как правило, единым программным модулем, который включается в состав прикладных программ. Примером таких сетей является разработанное фирмой Siemens семейство коммутационных схем SINEC, ориентированных на многоуровневые системы [17]. Применение рассмотренных принципов обеспечивает возможность построения СУ, охватывающих нижний (базовый) и частично средний уровни иерархии. Система обеспечивает выполнение операций регулирования и логического управления, в состав которых входят следующие



основные функции:

- координация работы локальных систем;
- регулирование параметров режима РС, в том числе реализация законов ПИД, ПИ и П;
- циклическое управление системами ввода-вывода;
- предварительная обработка данных;
- диагностика нарушений.

Разработанная структура СУ ГС представляет иерархическую распределённую систему, охватывающую все элементы СЭС (ТП, РП, ПС 110/10 кВ и линии 0,38; 6-10 и 110 кВ) и построена по модульному принципу. В качестве основной структурной единицы принята СУ района города, включающая модульные СУ объектов 0,4 кВ, узлов нагрузок (УН) РС 0,4 кВ, РС и ПС 6-10 кВ. Количество элементов СУ составляет: до 500000 объектов 0,4 кВ, до 100 ПС 110/10(6) кВ, до 1000 ТП и до 500 РП. СУ содержит информационную сеть, локальные устройства сбора и обработки информации, а также гибкие активные элементы АЭ.

Информационная сеть выполняет следующие функции [1]:

- обмен информацией между АЭ и ЛСУ, управляющим вычислительным комплексом (УВК) и информационной сетью вышестоящих уровней управления;
- управление потоками информации в соответствии с заданными адресами;
- передача сигналов по каналам связи.

Устройства ЛСУ выполняют функции:

- сбор, обработка и хранение информации о значении уставок АЭ, а также режимных параметрах технологического процесса;
- управление АЭ в соответствии с поступающими сообщениями или локальными алгоритмами;
- обмен сообщениями с ИС.

СУ ГС содержит четыре уровня: объекты РС 0,4 кВ (1 уровень), объекты ПС и РС 6-10 кВ (2 уровень), объекты ПС ВН (3 уровень), объекты СЭС города в целом (4 уровень). За основу СУ принята древовидная структура (рис.9) [1]. Пункты коммутации СУ (ПК) имеют двухуровневую структуру. Они содержат программируемый каналный адаптер (ПКА) и мультиплексор передачи данных (МПД). Они осуществляют, соответственно, функции управления потоками информации определенного уровня и выполнение команд ПКА. При этом команды верхнего уровня имеют приоритет и прерывают выполнение команд на нижнем уровне.

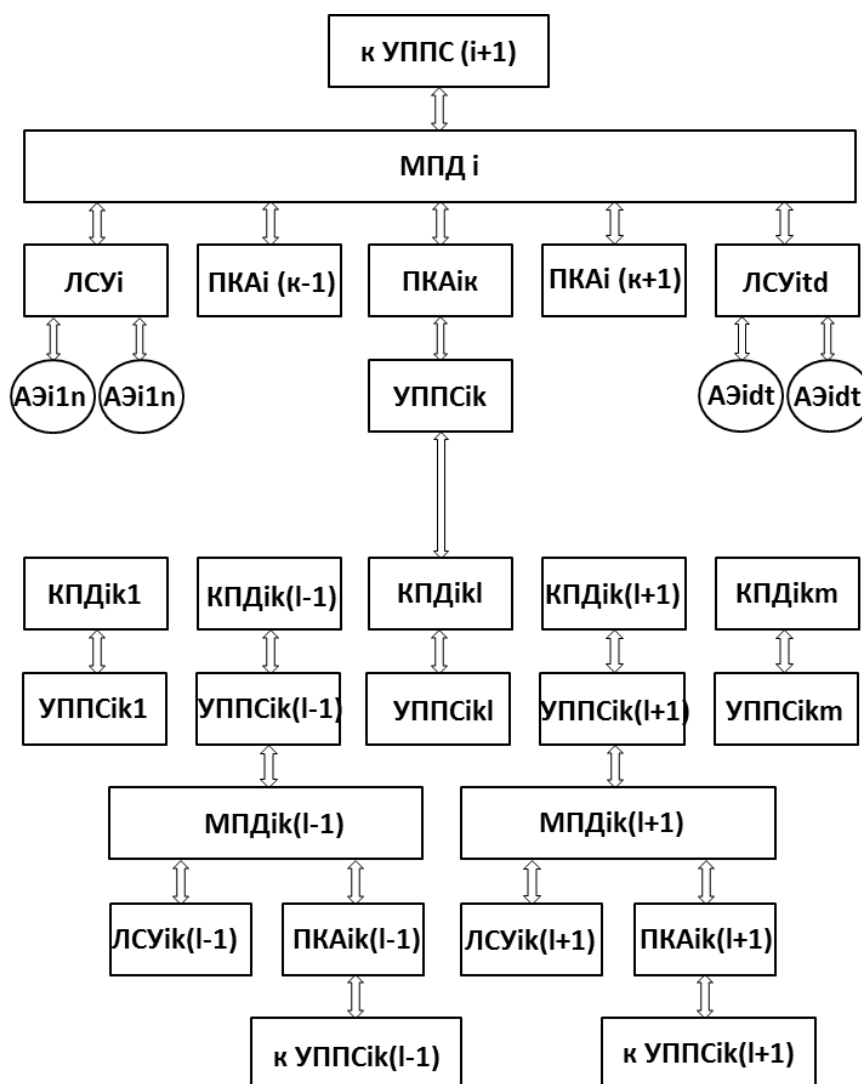


Рис. 9 – Структура модуля СУ РМ

ЛСУ представляют цифровое устройство, осуществляющее функции контроля и управления режимами АЭ, а также регистрацию их параметров (значения токов, напряжений и углов сдвига между ними). В ЛСУ использован контроллер объекта (КО), который содержит центральный процессор (Пр), модули памяти и интерфейсы ввода-вывода (МВВ). Передача сигналов на АЭ осуществляется посредством устройства преобразования и передачи сигналов (УППС), которое обеспечивает взаимное преобразование и передачу кодоимпульсных сигналов. В качестве основных при управлении режимами АЭ ПС применяются ВЧ-каналы и УКВ-среда. Для управления режимами РП и ТП используются РС 6...10 кВ, а для управления режимами АЭ потребителей РС 0,4 кВ - силовые и телефонные линии. Разработанная СУ предусматривает работу в автоматическом и ручном режимах. Автоматический режим системы предусматривает две модификации: измерение режимных параметров РС (АИ) и управление режимами РС (АУ).

В автоматическом режиме осуществляется:

- “срез” по измеряемым параметрам согласно списка объектов и списка вышестоящего уровня;
- управление объемами РС согласно списка объектов и списка верхних уровней управления;
- инициализация по установлению конфигурации сети.

Режим работы “ручной” предусматривает две модификации: получение информации о состоянии (РИ) и управление режимами (РУ) объектов РС по инициативе оперативного персонала. В качестве объектов выступают АЭ всех уровней.

В режиме работы “Управление” предусматривается передача управляющих сообщений на определённый объект, по инициативе оперативного персонала или УВК РС. К управляющим сообщениям относятся сообщения по дискретному управлению уставками регулирующих устройств, а также сообщения для регулирования отдельных параметров РС. В качестве исполнительной команды могут выступать команды на переключение уставок АЭ, положений РПН трансформаторов, емкости конденсаторов БСК и т.д.

При разработке программного обеспечения ГС использован модульный подход со структурным упорядочиванием алгоритмов, ориентированный на элементарную базу МикроДАТ [21]. В качестве операционной системы для устройств ПКА, МПД, ЛСУ, применен микропроцессорный модуль на базе 1821BM85 широко используемой в разработках Харьковского СКБ САУ, в сочетании с операционной системой (ОС) RMX-80. Эта система работает в режиме реального времени, выполняет диспетчеризацию и синхронизацию вычислительных процессов.

Разработанный на основе рассмотренных принципов комплекс технических средств СУ РС включает модули процессора, интерфейсов, дискретных входов, управления, питания, ввода-вывода и ориентирован на отечественную элементную базу (ИМС КР 1821, МВ 85, КР 537, РК 17, КР 573 РФ 6 емкостью 4x8 КБайт и др.). На стадии предварительных испытаний в качестве контролера объекта использован контролер, разработанный в КПИ [94]. В перспективе предусматривается использование микропроцессоров фирмы «Z-WORLD ENGINEERING» и «OKTOGON».

Основные характеристики действующего образца СУ:

- количество уровней – четыре (объекты 0,4 кВ; ТП, РП; ПС);
- количество МПД одного уровня – до пяти на всех уровнях ИС;
- количество ПКА нижестоящего – до пяти;
- количество устройств ЛСУ, подключаемых к МПД – до пяти.

6. Опыт разработки и применение интеллектуальных гибких систем

Методическое, алгоритмическое и техническое обеспечение гибких автоматизированных систем управления режимами работы РС разработаны в соответствии с целевой комплексной программой работ по решению проблемы “Развитие научных основ экономии электроэнергии (шифры 04.10 – “Разработка и усовершенствование основного и защитного электрооборудования электрических систем и систем электроснабжения на основе перспективных технологий” и 04.15 – “Разработка методов и технических средств повышения качества электроэнергии в системах электроснабжения городов”), отраслевыми планами НИР Минэнерго Украины (шифры ВН-08.304, ВН-01.148), Минжилкомхоза Украины (шифры ОЭ-77/78; ОЭ-78/79), Минлегпищемаша России (шифр ЭП-139/85), договорами с предприятиями и учреждениями Украины и России. К основным результатам работ, выполненным в соответствии с указанными планами и договорами можно отнести:

6.1. Автоматизация регулирования напряжения в городских электрических сетях наружного освещения.

Работа выполнялась в соответствии с планами НИР Минжилкомхоза Украины (шифры ОЭ-77/78; ОЭ-78/79).

При выполнении работы получены следующие результаты:

- исследованы параметры режима напряжения городских электрических сетей, определены требования к средствам регулирования напряжения;
- разработана концепция регулирования напряжения в сетях 0,4 кВ на основе перераспределения мощностей на интервале полупериода;
- разработана и внедрена система автоматического регулирования напряжения в городских электрических сетях наружного освещения;
- проведены испытания и опытная эксплуатация автоматических регуляторов напряжения в электрических сетях городов, входящих в состав ассоциации «Союзсвет» государств СНГ.

Система автоматического регулирования напряжения в сетях наружного освещения (САРНО) предназначена для локального автоматического регулирования напряжения в осветительных сетях 0,22 кВ по требуемому закону (стабилизация, встречное либо программное регулирование). САРНО содержит тиристорный (ТРПН) либо тиристорно-трансформаторный (ТТРПН) исполнительный орган (ИО) с электронным коммутатором (ЭК), локальную систему автоматического управления (ЛСУ) и систему контроля и измерения параметров режима (СКИ) с системой измерительных датчиков (Д), преобразования (ПР) и передачи (ПД) сигналов. САРНО выполнена по модульному принципу и размещена в стандартном шкафу одностороннего обслуживания внутренней либо наружной установки. В шкафу расположены силовые блоки ИО и ЭК, ЛСУ и СКИ. В качестве параметра управления принято среднее значение напряжения за промежуток времени от 0,1 до 3 с. САРНО ориентирована на работу с распределённой однородной нагрузкой. Поэтому сигнал обратной связи (ОС), снимается с выходных выводов ИО, а закон регулирования напряжения на выходе САРНО выбирается исходя из условий работы близлежащего (в условиях минимальных нагрузок) и удалённого (в условиях максимальных нагрузок) потребителей.

Исследованиями гармонического состава выходного напряжения установлено [29], что применение ТРПН в состоянии обеспечить соблюдение установленного ГОСТом диапазона искажений $\pm 5\%$ при регулировании напряжения в диапазоне $(0 \div 5\%) U_{\text{ном}}$. Применение ТТРПН в этих условиях позволяет регулировать напряжение в диапазоне $(\pm 15 \div 20 \%) U_{\text{ном}}$ и является более предпочтительным.

Ведомственные испытания системы подтвердили её работоспособность и достаточно

высокие технико-экономические показатели. Ведомственной комиссией САРНО рекомендована к широкому применению в сетях наружного освещения городов. Технические данные САРНО приведены в приложении В.

САРНО установлены в электрических сетях наружного освещения городов входящих в ассоциацию “Союзсвет” (гг. Сумы, Харьков, Чернигов, Лисичанск, Краснодар, Измаил, Ивано-Франковск, Тула, Орёл, Брянск и др.). В ряд городов (г.г. Николаев, Черкассы, Владимир) направлен комплект технической и рабочей документации на изготовление САРНО. Помимо этого САРНО установлены в электрических сетях наружного освещения Ульяновского автозавода, Нефтеюганского управления буровых работ, Новомосковской агрофирмы “Иван-озеро”, Измаильского морского торгового порта. По результатам работы организовано производство систем на Харьковском заводе “Электромашина” и экспериментальных мастерских наружного освещения МЖКХ Украины.

6.2. Автоматизация регулирования напряжения в городских РС 6-10/0,38 кВ.

Работа выполнялась в соответствии с планом НИР Минэнерго Украины (шифры ВН-08.304, ВН-01.148), а также планом НИР Минлеглаппишесмаша России (шифр ЭП-139/85). В ходе выполнения работы произведены исследования, по которым получены следующие основные результаты:

- исследованы параметры и режимы городских РС 6-10/0,38 кВ и сформулированы требования к устройствам регулирования и управления;
- разработаны способы управления режимами сетей, обеспечивающие надёжную и экономичную работу РС 6-10/0,38 кВ;
- проведены испытания и опытная эксплуатация устройств в РС Харьковэнерго (гг. Сумы, Харьков, Полтава и др.).

Системы автоматического регулирования напряжения в РС 6-10/0,38 кВ (САРН РС) предназначены для локального автоматического регулирования напряжения в сетях 0,38 кВ (стабилизация, встречное либо программное регулирование) с распределённой неоднородной нагрузкой. Система обеспечивает управление ИО по интегральному критерию, учитывающему экономические характеристики отдельных групп однородных потребителей. Система внедрена на ТП 1439 Харьковского предприятия городских электрических сетей, ТП 157 Сумского центрального предприятия электрических сетей и ПС 35/10 кВ “Стасивская” Восточного предприятия электрических сетей.

Контроль за состоянием параметров режима однородных потребителей осуществлён по физическим линиям связи. Контроль параметров режима потребителей ПС “Стасивская” осуществлён посредством применения системы сбора и передачи информации по РС 10 кВ (СПИД), разработанной КПИ.

Испытание и опытная эксплуатация систем в действующих сетях показала их работоспособность и достаточно высокие технико-экономические показатели в значительной степени, расширяющие возможности существующих АСДУ. По результатам работы на Харьковском заводе “Электромашина” организовано производство регуляторов напряжения и систем управления ними (приложение Д).

6.3. Разработка ВДТ с электронным управлением.

Работа выполнялась в соответствии с планами НИР Минэнерго Украины и Минжилкомхоза Украины (шифры ВН-08.304, ВН-01.148, ОЭ-77/78; ОЭ-78/79), а также в соответствии с Целевой комплексной программой работ по проблеме “Развитие научных основ экономии элект-

троэнергии (шифр 04.15.- “Разработка методов и технических средств улучшения качества энергии в системах электроснабжения городов”).

При выполнении работы получены следующие основные результаты:

- разработаны основы теории регулирования напряжения с помощью ВДТ с электронным управлением;
- разработаны основные принципы синтеза ВДТ с заданными свойствами;
- разработана идеология построения и техническое задание на создание способов управления и регулирования напряжения в РС с помощью ВДТ, в соответствии с которыми разработаны структурные и принципиальные схемы элементов и узлов ВДТ, алгоритмическое и программное обеспечение задачи.

Результаты работы переданы СКБ завода “Электромашина” для выполнения ОКР и серийного производства ВДТ. Эксплуатационные испытания ВДТ в РС г. Харькова (приложение Д) подтвердили справедливость сделанных основных выводов и положений.

6.4. Разработка методов и технических средств улучшения качества энергии в системах электроснабжения городов.

Работа выполнялась в рамках Целевой комплексной программы НИР по проблеме “Развитие научных основ экономии электроэнергии” (шифр 04.15.- “Разработка методов и технических средств улучшения качества энергии в системах электроснабжения городов”).

Выполнен анализ режимов изменения, методов и технических средств улучшения показателей качества напряжения в РС городов. Установлена недостаточность централизованного регулирования напряжения. Обоснована необходимость применения дополнительных средств местного регулирования напряжения. Определена целесообразность комплексного решения вопросов регулирования и симметрирования напряжения. Обоснована необходимость использования для решения рассматриваемой проблемы ВДТ с электронным управлением. Установлена необходимость совершенствования существующей системы регулирования напряжения в СЭС городов в части децентрализации системы и расширении функций технических средств регулирования напряжения, а также объединении задач повышения качества энергии и компенсации реактивной мощности в сетях.

6.5. Комплексное решение вопросов регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности в РС городов.

Работа выполнялась в соответствии с планом НИР Минэнерго Украины (шифр ВН-01.148). Основными результатами работы являются:

- исследование процессов в РС городов при использовании ВДТ для комплексного решения вопросов регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности;
- разработка методологических и алгоритмических основ комплексного решения вопросов регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности;
- разработка технических требований и технического задания на создание системы многофункционального преобразования напряжения, обеспечивающего комплексное решение вопросов регулирования и симметрирования напряжения, а также компенсации реактивной мощности.

В основу разработанной системы регулирования напряжения в СЭС городов положена идеология гибких систем переменного тока, обеспечивающих управление потоками мощности в сетях за счёт изменения модуля и фазы напряжения в узлах нагрузок СЭС. Система внедрена

и прошла испытания на участке РС 10 - 0,38 кВ, включающей ПС “Салтовская” и направление РП 2100 – (ТП 1459÷1471).

Система включает фазопереключающий вольтодобавочный трансформатор (ФВТ), микропроцессорную систему локального автоматического управления (МПЛСАУ) и систему дистанционного управления, работающую совместно с АСДУ ПЭС. Испытания системы показали её работоспособность, а также возможность экономии значительного количества энергетических ресурсов за счёт улучшения режима напряжения и реактивной мощности.

6.6. Автоматизация управления режимами городских электрических сетей наружного освещения.

Работа выполнялась в рамках Целевой комплексной программы работ по проблеме “Развитие научных основ экономии электроэнергии на 1997 – 2000 гг.” (шифр 04.15.- “Разработка методов и технических средств улучшения качества энергии в системах электроснабжения городов”), отраслевого плана НИР Минжилкомхоза Украины (шифры 0ЭЗ -78/79), а также хозяйственными договорами с Харьковским (№ 1349/91, 1429/92), Лисичанским (№ 1540/94) и Краснодонским (№ 1592/95) предприятиями городских электрических сетей наружного освещения.

В ходе выполнения работы получены следующие основные результаты:

- разработана микропроцессорная система локального автоматического управления режимами сетей наружного освещения (ЛСАУМП);
- разработаны алгоритм и программа комплексной оптимизации режимов сетей наружного освещения;
- разработана идеология построения и техническое задание на разработку информационно-управляющей системы управления режимами сетей наружного освещения.

Разработанная автоматизированная система управления режимами сетей наружного освещения городов (АСУ НО) включает автоматизированную систему диспетчерского управления (АСДУ), пункты управления освещением (ПУО) и пункты повторного управления освещением (ППУО). В состав ПУО и ППУО входят многофункциональные преобразователи напряжения (МПН), ЛСАУ МП и устройства диспетчерского управления (ДУ), которые осуществляют местное (по локальным параметрам) либо централизованное (системное) управление режимами сетей. В функции ЛСАУ МП входит оптимизация режимов напряжения и реактивной мощности по комплексному аддитивному критерию. В функции АСДУ входит оптимизация режимов освещения, осуществляемая по времени и освещённости.

АСУ НО внедрена на Лисичанском и Краснодонском предприятиях наружного освещения (приложение Д). В обоих случаях для связи с ДП использованы физические линии связи с уплотнением сигналов.

Испытание систем подтвердили их работоспособность и возможность экономии значительного количества материальных и энергетических ресурсов за счёт снижения энерго- и материалозатрат на эксплуатацию ОУ, а также повышения качества наружного освещения.

6.7. Автоматизация управления режимами РС 0,4-10 кВ городов.

Работа выполнялась в соответствии с Целевой комплексной программой работ по проблеме “Развитие научных основ экономии электроэнергии на 1997 – 2000 гг.” (шифр 04.15.- “Разработка методов и технических средств улучшения качества энергии в системах электроснабжения городов”), отраслевым планам НИР Минэнерго Украины (шифр ВН-01.148), а также хозяйственным договорам № 1450/92 с ПЭО “Харьковоблэнерго” и № 1239/91, 1340/92 с Харь-

ковскими городскими электрическими сетями “Харьковоблэнерго”.

При выполнении работы получены следующие результаты:

- исследованы параметры и режимы СЭС городов с учётом единства процессов производства, передачи и распределения ЭЭ, а также многоуровневой иерархической структуры СЭС;

- разработаны основные принципы построения многоуровневой иерархической СУ режимами РС городов, алгоритмы и программы управления.

Для передачи информации о параметрах режима РС между ПУО, ППУО и ПП использовались каналы передачи информации по существующим силовым проводам ВЛ и КЛ, а между ПП и ДП – ВЧ каналы связи по ВЛ 110, 35 кВ. При этом КП установлены на ТП, ПП на ПС 110(35)/6-10 кВ, а АСУ РС – на ДП ПЭС (РЭС).

Системы внедрены в ГАЭК “Харьковоблэнерго” (приложение Е).

6.8. Многокритериальная оптимизация режимов СЭС городов.

Работа выполнялась в рамках с Целевой комплексной программы работ по проблеме “Развитие научных основ экономии электроэнергии на 1997 – 2000 гг.” (шифр 04.15.- “Разработка методов и технических средств улучшения качества энергии в системах электроснабжения городов”), отраслевого плана НИР Минэнерго Украины (шифр ВН-01.148), а также хозяйственным договорам № 1540/95, 1560/98 с ГАЭК “Харьковоблэнерго”.

Основными результатами выполняемой работы являются:

- алгоритм и программа многокритериальной оптимизации режимов работы РС городов, учитывающей критерии технической, социально-экономической и экологической адекватности;
- принципы оптимизационного управления объектами, обеспечивающими оптимальное функционирование РС городов.

Результатом работы явилась разработка комплекта программ для АСУ РС, обеспечивающих оптимальное функционирование СЭС, как составной части городского хозяйства.

Выводы

В результате выполненных исследований разработаны принципы построения комплекса технических средств для реализации гибких автоматизированных систем, обеспечивающих решение задачи управления режимами РС городов в режиме реального времени.

Результаты работы могут быть представлены следующими основными положениями:

1. Разработана системная концепция технических средств первых эшелонов АСУ СЭС города, позволившая определить:

- функциональную структуру ГС;
- принципы взаимодействия технических средств, расположенных на разных уровнях управления.

2. Выполнен анализ функциональной схемы локальной СУ РС города и разработаны:

- концепция построения СУ;
- концепция многослойности (временного разделения) задач управления.

3. Проведена классификация алгоритмических функций и определены основные их подмножества: контроль, регулирование, передача информации, логическое управление, отображение информации.

4. Разработана методология агрегирования СУ на базе концепции многослойности и

многокритериальной совместимости элементов СУ.

5. Осуществлено внедрение СУ в действующие СЭС городов.

Список литературы

1. Яндульский А.С. Управление распределительными электрическими сетями на основе информационных управляющих систем: Автореф. д., с. д. т., ... - К. 1997. - 31 с.
2. Бурденко Г.В., Малышев А.И. Автоматизация проектирования систем электроснабжения / В.Н. Винославский, В.И. Тарадай, У.у. Бутц, д. Хайнце _к в., ... |ща школа, 1982. - 208 с.
3. Скрыль В.Ф., Яндульский А.С. Информационный анализ дискретного управления городскими электрическими сетями // Энергетика и электрификация. 1984. - №12. - с. 25-46.
4. Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами тепловых электрических станций. - М.: МЭИ, 1995. - 352 с.
5. Башлыков А.А., Еремеев АЛ. Экспертные системы поддержки и принятия решений в энергетике. - МЭИ, 1994. - 216 с.
6. Праховник А.В. Методы и средства управления электропотреблением. - Киев; Знание, 1981. - 25 с.
7. Говоров Ф.П., Сендерович Г.А., Соколов В.Ф. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. - К.: ИСИО, 1996. - 228 с.
8. Говоров Ф.П., Папко М.А. Регулирование напряжения в электрических сетях с помощью вольтодобавочных трансформаторов с тиристорным явлением. - Киев: Техника, 1994. - 86 с.
9. Парков В.Г., Рабинович М.А. Задачи оперативного и автоматического управления энергосистемами. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 223 с.
10. Баркан Я.Д. Автоматизация регулирования напряжения в распределительных сетях. - М.: Энергия, 1971. - 232 с.
11. Баркан Я.Д. Автоматизация режимов по напряжению и реактивной мощности. - М.: Энергоатомиздат. - 1984. - 160 с.
12. Власов К.П., Говоров Ф.П. Оптимизация качества энергии в городских электрических сетях // Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика, 1997, № 3-4, с. 23-26.
13. Говоров Ф.П. Автоматизация управления качеством энергии в городских распределительных сетях // Известия вузов. Энергетика. - 1995, № 3-4, с. 49-51.
14. Продукция АББ РЗВА - Украина // Издательский центр товарищества "Українські інформаційні системи" - Ровно, 1997. - 240 с.
15. РТАР в электросетях // Обзор программного продукта. М.: Sterling grup, 1996. - 28 с.
16. Управление энергоснабжением // Обзор оборудования. - М. Merlingerin, 1996. - 50 с.
17. Полная гамма комплектующих изделий для систем автоматизации // Обзор оборудования. - М.: Groupe Schneider, 1996. - 28 с.
18. Берман А.А., Беляев Д.М., Калницкий Ю. Краткое описание системы АСУ «Электро» фирмы «Аллен-Бредли» // Электросбережение, Электроснабжение, электрооборудование // Материалы научно-технической и методической конференции 21-22 ноября 1996 г. - М.: Электрика, 1996. - с. 253.
19. Сиженков В.А. Технолог и приборные средства управления злоупотреблением группы «Шнейдер» // Электросбережение, Электроснабжение дооборудованием / Матер, научно-технической и методической конференции (Новомосковск Тульский, 21-22 ноября 1996 г.). - М.: Электрика, 1996. - с. 258

20. Тувелен Б., Сиженков В., Ключников А. Использование электрооборудования группы Шнейдер в странах СНГ//Электрооборудование, электроснабжение, электропотребление: Матер. Научно-технической конференции (Москва, 15-17 ноября 1995 г.).-М.: Электрика, 1995. -с.80.
21. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Рюмшин И.А. Интегрированные АСУ в промышленности. - К.: НПК КИА, 1995. - 316 с.
22. Диденко К.И. Агрегатные микропроцессорные технические средства для локальных систем управления технологическими процессами: Автореф. дис... д-ра техн.наук: 13.05/Харьковполитехн.ин-т. -Х., 1989.-41 с.
23. Дерзкий В.Г. Многоцелевая оптимизация режимов энергосистем. - К.,Наукова думка, 1992. - 142 с.
24. Бессонов Л.А. Нелинейные электрические цепи. – М.: Высшая школа, 1977. -362 с.
25. Глазунов А.А. Оптимизация структур и параметров систем электроснабжения городов: Дисс. докт. техн. наук: 05.14.02.-М, 1983.-460с.
26. Моделирование и автоматизация проектирования измерительных преобразователей тока/Стогний Б.С., Кириленко АС, Пуйло Г.В. и др. Отв.ред. Рогоза В.В.; АН УССР Ин-т электродинамики.- К.:Наук.думка, 1989. - 272 с.
27. Говоров Ф.П. К вопросу об оптимизации регулирования напряжения в городских электрических сетях // Промышленная энергетика, 1997, №7, с. 21-25.
28. Патент 1922810 ФРГ, МКИ 2Id. Система управления тиристорами/ Ausociated Tlector. Guol. Ltd (ФРГ); Fuszeige aus den Jffenleguugs. - № 47/16310; Заявл.30.07.78; опубл. 6.05.80. НИИ 12/04.
29. Говоров Ф.П., Толкунов В.П. Особенности расчета магнитной индукции в вольтодобавочном трансформаторе. Электромашиностроение и электрооборудование. Респ. межвед.научн.техн. сб.-Киев: Техника, 1983, №7, с.120-125.

Раздел 9
Публикации лаборатории
управляемых электропередач
за 2008-2016

**(в соавторстве с коллегами из других лабораторий ИЭ АНМ и коллегами из
зарубежных стран)**

СТАТЬИ СОТРУДНИКОВ ЛУЭП, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ЗА 2008-2016

2008

1. .Е.Быкова Анализ индикаторов блока топливоснабжения в Молдове в системе индикаторов энергетической безопасности ПІВДЕННА АКАДЕМІЯ 18 – 20 июня 2008г. 10-ю международная конференция «Энергоэффективность: проблемы и решения». г. Николаев Тезисы докладов, с.8-11, 2008
2. Vykoва E.V. THE PROBLEM OF ENERGY SECURITY BY THE EXAMPLE OF REPUBLIC MOLDOVA. ***Integrating science and technology for a sustainable and secure future: energy, environment, informatics and human health SSF-2008 15-18 May 2008 - Minsk, Belarus A.v.Humboldt Kolleg, сmp. 16-18***
- 3.Быкова Е.В. Методология анализа энергетической и экологической безопасности«*Наукові праці*», г. Николаев, *Научно-методический журнал, Выпуск 64, 2008,с.84-88*
- 4.Постолатий В.М., Быкова Е.В. О состоянии энергетической безопасности Республики Молдова«*Наукові праці*», г. Николаев, *Научно-методический журнал, Выпуск 64, 2008, с.88-100*
57. Быкова Е.В., Царану М.Х., Бурцев С.В. ЛЕТУЧИЕ ВЫБРОСЫ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВЫ. «*Problemele energeticii regionale*», *Научный, информационно-аналитический журнал. <http://www.asm.md>, №2,2007,Выпущен в электронном виде в январе 2008 г.*
- 6.Быкова Е.В.АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ И ВЫБРОСОВ CO₂ В ЭНЕРГОСЕКТОРЕ МОЛДОВЫ С ПОЗИЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «*Problemele energeticii regionale*», *Научный, информационно-аналитический журнал. <http://www.asm.md>, №1,2008,Выпущен в электронном виде в апреле 2008 г и в твердой копии , с.59-63*
- 7.Постолатий В.М., Быкова Е.В. Тимашова Л.В., Шакарян Ю.Г. Повышение пропускной способности и управляемости электропередач переменного тока«*Problemele energeticii regionale*», *Научный, информационно-аналитический журнал. <http://www.asm.md>, №3,2008,18 страниц. Выпущен в электронном виде в ноябре 2008 г*
- 8.Постолатий В.М., Быкова Е.В. Тимашова Л.В.,Шакарян Ю.Г. Управляемые электропередачи переменного тока повышенной пропускной способности и основные требования к регулируемому оборудованию. Третья международная энергетическая неделя, Сборник информационных материалов и тезисов, Москва, 4 стр.
9. Быкова Е.В. Мониторинг индикаторов энергетической безопасности. Монография., Типография АНМ, 162 с, 2008, Кишинев
- 10.Постолатий В.М., Быкова Е.В. Методические подходы к анализу энергетической безопасности Молдовы на базе расширенной системы индикаторов Сборник докладов 3 Международной конференции «Энергосистема: управление, конкурентоспособность, образование», Екатеринбург, Россия, 13-16 октября 2008, том 2, стр. 267-270; 4 стр- 10 тыс знаков

2009

1. Царану М.Х.,Быкова Е.В. и др. Raport Național de Inventariere.Surse de emisii și sechestare a gazelor cu efect de seră în Republicii Moldova,1990-2005 Chisinau, 2009, mold. și angl var.UNEP, GEF, Chisinau,2009 . Ch.Continental Grup,SRL,ISBN 978-9975-9650-8-8351 p-angl364 p-mold
- 2.Димитраки П.Н. Димитраки П.П Surse fotovoltaice de energie electrică Volum 5. Tîrgoviște, Valahgia_ University press, 2008, вышла в 2009 286 pages
3. Постолатий, Быкова Е.В. Тимашова Л.В., Шакарян Л.Г. Управляемые электропередачи переменного тока повышенной пропускной способности, опыт создания и возможности применения их в электроэнергетических системах. Электронный сборник трудов четвертого международного электроэнергетического семинара "СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ВЛ" Москва 23-27 марта 2009 г. 22 стр 47 тыс знаков 1,17 п.л.
4. Постолатий В.М., Берзан В.П.Быкова Е.В. Регулятивные аспекты возобновляемой биоэнергии в Молдове«*Наукові праці*»Научно-методический журнал, Выпуск 2009, ПІВДЕННА АКАДЕМІЯ. 17 – 20 июня 2009г. 11-ю международная конференция «Энергоэффективность: проблемы и решения». г. Николаев, Тезисы докладов, с.8-11, 2008

5. Постолатий В.М., Быкова Е.В. Статья об УСВЛ в 4 том электротехнической энциклопедии 4 том электротехнической энциклопедии, Москва, 2009 1 стр, 10 тыс знаков, 0,4 п.л.
6. Постолатий В.М., Быкова Е.В. CONTROLLABLE FLEXIBLE A.C. TRANSMISSION SYSTEMS , 2009 International Conference on Ultra High Voltage (UHV) Transmission May 20-22, Beijing. "3. Construction and Environmental Protection"; group "3.3. Overhead Line Design and Construction". Китай, 20-22 мая 2009 7 стр, 16,7 тыс знаков, 0,41 п.л.
7. Постолатий В.М., Быкова Е.В. Эффективность применения управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий электропередачи и фазорегулирующих устройств трансформаторного типа для выдачи мощности удаленных электростанций на примере Эвенкийской ГЭС ТРАВЭК IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Силовые трансформаторы и системы диагностики» 23 - 24 июня 2009г. «Холидей Инн Сокольники», г.Москва, 33 стр, 66 тыс знаков, 1,5 п.л.
8. Быкова Е.В., Чиник М.А. Мониторинг состояния индикаторов экономической безопасности Республики Молдова, Журнал «Экономика региона», 2009, №4, с.159-170 18,8 тыс.зн, 12 стр, 0,47 п.л.
9. Постолатий В.М., Быкова Е.В., Суслов В.М., Быков В.С. НОВЫЕ ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОРЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И РЕЖИМАМИ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 7-9 Сентября ТРАВЭК-Запорожье, Украина, Институт трансформаторостроения
10. П.Аксенти, М.Гродецкий, В.Сулов. Распределение оплаты за тепло централизованного отопления при отключении части квартир от системы , Meridian ingineresc, №1, 2009, с.47-50, Кишинев, ISSN 1683-853X
11. С.Бурцев, И.Буркут. Модель расчета распределения тепловой энергии, поставляемой ЦТС ТЭЦ между подключенными и частично отключенными потребителями, находящимися в одном здании Meridian ingineresc, №1, 2009, с.50-55 , Кишинев , ISSN 1683-853X
12. Постолатий В.М. АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ. «Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №1, 2009, 6 стр, 17 тыс знаков, 0,42 п.л
13. Постолатий В.М. Быкова Е.В. Исследование режимов Южного региона электрических сетей 110 кВ при отключении ВЛ – 400 кВ МГРЭС – Вулканешты. «Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №1, 2009, Выпущен в электронном виде, 31,8 тыс знаков, 17 стр, 0,8 п.л.
14. Ермуратский В.В., Постолатий В.М. Коптюк Э.П. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА СОЛНЕЧНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ВОДЫ САНИТАРНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ. «Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №2, 2009, 13 тыс.знаков, 8 стр, 0,325 п.л.
15. Постолатий В.М., Суслов В.М., Гродецкий М.В. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ДОМА .«Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №2, 2009, 11 тыс знаков, 5 стр, 0,275 п.л.
16. С.В.Ганган П.Н.Димитраки Катушки индуктивности. Материалы и компоненты в электронике, часть 1. Методическое пособие для проведения лабораторных работ. Кишинев, Политехнический институт, 2009, 45 стр, 2,75 п.л.
17. Gangan Silvia Vladimirovna Dimitrache Pavel Nicolae Проводниковые материалы, резисторы. Материалы и компоненты в электронике. Materiale conductoare, rezistoare. Materiale și componente în electronică. Chișinău. Editura UTM. – 56 p.
18. Г.Дука. Постолатий В.М., Быкова Е.В. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ МОЛДОВЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ Академия естественных наук России 1 стр, 1 тыс знаков, 0,1 п.л.
19. Постолатий В.М., Быкова Е.В., Суслов В.М., Быков В.С. Новые области эффективного применения фазорегулирующих устройств трансформаторного типа для управления параметрам электропередач переменного тока повышенной пропускной способности и режимами сложных электроэнергетических систем Запорожье, трансформаторный завод. Юбилейная (50 лет) конференция, 7-10 сент. 2009, 2 стр, 2 тыс знаков, 0,3 п.л

1. Быкова Е.В., Михалевич А.А., Постолатий В.М., Фисенко С.П., Шнип А. И., Римко Д.В., Гродецкий М.В. Методические подходы к решению проблемы энергетической безопасности Молдовы и Беларуси. Серия «Энергетическая безопасность», книга №5.

Monografia. Chisinau, Tipogr. ASM, 100p, ISBN 978-9975-62-275-2, CZU 620.9(478+476), M54

2. Second National Communication of the Republic of Moldova under the United Nations Framework. Convention on Climate Change / United Nations Environment Progr.; coord. Violeta Ivanov, George Manful. Synthesis Team: Vasile Scorpan, Marius Taranu, Petru Todos, Ilie Boian

Institute of Energy of the ASM Vitalii Postolatii, Elena Bîcova și alt., – Ch.: “Bons Offices” SRL, 2009. – 316 p. ISBN 978-9975-80-313-7 500 copies. This document is available at: <http://www.clima.md>, http://www.clima.md/public/458/en/SNC_ENG_Web.pdf

Постолатий В.М. Быкова Е.В., Эффективность применения управляемых самокомпенсирующихся линий и фазорегулирующих устройств трансформаторного типа. Журнал «Электричество», 2010, №2, с.7-14, 18 тыс знаков, 0,5 п.л.

Быкова Е.В. Методические подходы к исследованию экономической безопасности Республики Молдова. Вісник Харківського національного технічного Університету ім. П. Василенка. Технічні науки. Випуск 102. Харків: ХНТУСТ, 2010, -145 с, ББК 40.71. ISBN 5-7987-0176X, с.58-61, 4 стр, 16 тысяч знаков, 0,4 п.л.

Постолатий В.М., Быкова Е.В., Тимашова Л.В., Шакарян Ю.Г. Основные технические решения по созданию высокоэффективных электропередач переменного тока напряжением 220 кВ нового поколения Москва, ТРАВЭК, 17-18 марта 2010, 6 международная научно-техническая конференция «Энергосбережение в электроэнергетике и промышленности», Холидей Инн Сокольники. Электронная публикация, 16 страниц, 37 тысяч знаков, 0,925 п.л. Доклад Д2-02.

В.М. Постолатий, Е.В. Быкова, Г.К. Зарудский, И.И. Карташов, Л.В. Тимашова, Ю.Г. Шакарян. УПРАВЛЯЕМЫЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ – ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем» (1-3 июня 2010г., Москва, МЭИ (ТУ)), секция 6. Электронная публикация. 5 стр., 16 695 знаков, 0,41 п.л.

Постолатий В.М., Суслов В. М. Теоретические аспекты выбора оптимальных параметров конструкций линий электропередачи переменного тока нового поколения 14 тыс знаков, 9 страниц, 0,35 п.л. «Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №2, 2010.

В.М. Постолатий, Е.В. Быкова, В.М. Суслов, Ю.Г. Шакарян, Л.В. Тимашова, С.Н. Карева. Методические подходы к выбору вариантов линий электропередачи нового поколения на примере ВЛ-220 кВ 37 тыс знаков, 18 страниц, 0,925 п.л. «Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №2, 2010

Sergiu Robu, Elena Bicova, Philip Siakkis, George Giannakidis. MARKAL Application for Analysis of Energy Efficiency in Economic Activities of the Republic of Moldova and Feasible use of Renewable Energy Sources. 22 тыс знаков, 14 страниц, 0,55 п.л. «Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №2, 2010

Постолатий В.М. Эффективность применения средств регулирования в ВЛ повышенной натуральной мощности. «Problemele energeticii regionale», Научный, информационно-аналитический журнал группы В. <http://www.asm.md>, №3, 2010, 8 стр

ZAÎȚEV, D.; ȚÎRSU, M.; GOLUB, I.; GORE, N. Interconexiune dirijată a sistemelor energetice. Problemele energeticii regionale. 2010, 1(14), ISSN 1857-0070 http://ieasm.webart.md/data/m71_2_129.doc. (IF РИНЦ: 0.106).

С.В. Ганган, П.Н. Димитраки. Катушки индуктивности. Материалы и компоненты в электронике, часть 2. Методическое пособие для проведения лабораторных работ. Кишинев, Политехнический институт, 2010, 45 стр. 2,75 п.л.

БЫКОВА Е.В.; ПОСТОЛАТИЙ В.М. Моделирование угроз энергетической безопасности Молдовы при отключении ряда электростанций и основных магистральных линий электропередач. *Сборник трудов VII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве»*. Электронная публикация №2.1.. Тирасполь.5 стр.8,8 тыс.знаков,0,22 п.л. (ISSN –по)

БЫКОВА Е.В., КИРИЛЛОВА Т.И., ЧИНИК М.А .Вычислительный комплекс для мониторинга энергетической безопасности Молдовы. *Сборник трудов VII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве»*. Электронная публикация №2.2.. Тирасполь.3 стр.8,8 тыс.знаков,0,2 п.л. (ISSN –по)

ГРОДЕЦКИЙ М.В. Динамические модели показателей текущего и прогнозного состояний ТЭУК Молдовы. *Сборник трудов VII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве»*. Электронная публикация №2.26. (ISSN –по)

ПОСТОЛАТИЙ В.М. ; БЫКОВА Е.В. Разработки новых технологий для повышения эффективности электроэнергетических систем. *Сборник докладов Круглого стола «Россия-Молдова: диалог во имя будущего»*. Кишинёв, ULIM., 31-34.

ПОСТОЛАТИЙ В.М.; ДИМИТРАКИ П.Н.; ДИМИТРАКИ П.П. Установка для преобразования светового потока солнца в электрическую энергию. *Сборник трудов Conferința tehnico- științifică a colaboratorilor, doctoranților și studenților, UTM, 17- 19 noiembrie 2010. Volumul 1, 15- 19*. Выпущен в июле 2011 .

ПОСТОЛАТИЙ В.М.; ГОЛУБ И.В.; БЫКОВА Е.В.; ШЕВЧЕНКО Н.К.; СУСЛОВ В.М.; ГОРЕ Н.С. Моделирование вариантов развития электроэнергетической системы Республики Молдова с учетом параллельной работы с энергосистемами соседних стран. *Problemele energeticii regionale*. 2011, nr.1(15),20-31(Cat.B).

ПОСТОЛАТИЙ В.М.; БЫКОВА Е.В.; СУСЛОВ В.М.;ТИМАШОВА Л.В.; ШАКАРЯН Ю.Г.; КАРЕВА С.Н. Основные принципы организации ремонтных работ на линиях электропередачи нового поколения 220 кВ и выше. *Problemele energeticii regionale*. 2011, 2(16),7-14 (Cat.B). ISSN 1857-0070.

БЫКОВА Е., ПОСТОЛАТИЙ В., ЧИНИК М., ГРОДЕЦКИЙ М., КИРИЛЛОВА Т. Обзор выполненных исследований в области энергетической безопасности за 2006-2010 годы *Сборник трудов ИЭ за 2006-2010 г.* 65 тыс.знаков, 24 стр, 1,625 п.л.

ПОСТОЛАТИЙ В.М.; СУСЛОВ В.М. ; БЫКОВА Е.В.. Обзорная по УСВЛ за 2006-2010 *Сборник трудов ИЭ за 2006-2010 г.*

БЫКОВА Е.В. Анализ текущей ситуации по использованию ВИЭ В Молдове с учетом региональных аспектов. *Сборник трудов Международного семинара экспертов по возобновляемым источникам энергии. Минск 22-24 февраля 2011 г.* Минск, Беларус.наука.2011,33-50. ISBN 978-985-08-1315-2.

БЫКОВА Е.В.; КИРИЛЛОВА Т.И. Система мониторинга энергетической, экономической и экологической безопасности для Молдовы. *Сборник трудов VI-ой Международной научно-практической конференции «Наука и социальные проблемы общества: Информатизация и информационные технологии», 24-25 мая 2011 г.* г. Харьков, Украина.76-77. (ISSN –по)

БЫКОВА Е.В. Моделирование угроз энергетической безопасности Молдовы при отключении электростанций Быкова Е.В. *Сборник трудов VI-ой всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов» 25 – 27 мая 2011 , Благовещенск. Том 2, 50-56. ISBN 978-5-93493-154-5.*

БЫКОВА Е.В.; ГРОДЕЦКИЙ М.В. Прогнозирование значений индикаторов методом условного нелинейного математического программирования для модернизации комплекса мероприятий при анализе и мониторинге энергетической безопасности.. *Журнал «Экономика региона», Екатеринбург . 2011, 3, 243-241. ISSN 2072-6414.*

БЫКОВА Е.В.; ПОСТОЛАТИЙ В.М. Сценарии угроз энергетической безопасности при снижении загрузки электростанций (ТЭЦ-1) в молдавской энергосистеме. Статья и тезисы. *Труды Международной молодежной научно-технической конференции «Управление, информация и оптимизация в электроэнергетических системах» 21-24 сентября 2011 года в Новосибирске в рамках «Университета Шанхайской организации сотрудничества» (УШОС) и Международного молодежного инновационного форума «ИНТЕРРА» (электронная публикация).*6 стр, 14 тыс.знаков, 0,35 п.л. ISBN 978-5-7782-1763-8.

БЫКОВА Е.В. Система индикаторов энергетической безопасности, характеризующая ТЭК Молдовы как отрасль. Журнал «Экология плюс», Полтава, Украина.2011,4(25),13-20.

ДИМИТРАКИ П.Н.; ДИМИТРАКИ П.П.; ПОСТОЛАТИЙ В.М. Методические подходы и опыт создания установок преобразования светового потока Солнца в электрическую энергию. Сборник трудов VI-ой всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов» 25 – 27 мая 2011, Благовещенск, том 1, 369-373. ISBN 978-5-93493-154-5.

ПОСТОЛАТИЙ В.М.; БЫКОВА Е.В.; ТИМАШОВА Л.В.; ШАКАРЯН Ю.Г.

Применение управляемых электропередач повышенной пропускной способности с устройствами фазового регулирования потоков мощности для создания интеллектуальных электроэнергетических систем. Сборник докладов 6 международного Электроэнергетического Семинара Электроэнергетического Совета стран СНГ. Москва. 2011, 156-176. ISBN 978-5-98908-043-4.

ТИМАШОВА Л.В.; ШАКАРЯН Ю.Г.; КАРЕВА С.Н.; ПОСТОЛАТИЙ В.М.; БЫКОВА Е.В.; СУСЛОВ В.М. Применение компактных ВЛ с фазорегулирующими устройствами для увеличения пропускной способности и управления потоками мощности в электроэнергетических системах. Труды IX Международной научно-технической конференции «Перспективы развития электроэнергетики. Энергоэффективность и энергосбережение» (Электронная публикация). Москва, 19 стр. 0,85 п.л.

ТИМАШОВА Л.В., ШАКАРЯН Ю.Г., КАРЕВА С.Н., ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., СУСЛОВ В.М. Применение компактных ВЛ с фазорегулирующими устройствами для увеличения пропускной способности и управления потоками мощности в электроэнергетических системах. Сборник трудов VI-ой всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов» 25 – 27 мая 2011, г. Благовещенск. Том 1, 223-238. ISBN 978-5-93493-154-5.

О.В. Орештян, Е.В. Быкова, В.П. Берзан, В.М. Постолатий, Анализ изменения тарифов на электроэнергию в Республике Молдова, Conferința națională «Cercetarea și inovarea în parteneriat cu mediul de afaceri» 10 noiembrie 2011, с.95-101, 0,3 п.л., 4 стр

БЫКОВА Е.В.; ПОСТОЛАТИЙ В.М. Моделирование угроз энергетической безопасности Молдовы при отключении ряда электростанций и основных магистральных линий электропередач. Сборник тезисов трудов VII-ой Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве». Тирасполь. 22-23.

БЫКОВА Е.В., КИРИЛЛОВА Т.И., ЧИНИК М.А. Вычислительный комплекс для мониторинга энергетической безопасности Молдовы. Сборник тезисов трудов VII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве». Тирасполь. 20-22.

ГРОДЕЦКИЙ М.В. Динамические модели показателей текущего и прогнозного состояний ТЭК Молдовы. Сборник тезисов трудов VII Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве». Тирасполь. 29-30

БЫКОВА Е.В.; ПОСТОЛАТИЙ В.М. Сценарии угроз энергетической безопасности при снижении загрузки электростанций (ТЭЦ-1) в молдавской энергосистеме. Сборник тезисов трудов Международной молодежной научно-технической конференции «Управление, информация и оптимизация в электроэнергетических системах» 21-24 сентября 2011 года в Новосибирске в рамках «Университета Шанхайской организации сотрудничества» (УШОС) и Международного молодежного инновационного форума «ИНТЕРРА». с. 5. ISBN 978-5-7782-1763-8.

ГАНГАН С.В., ДИМИТРАКИ П.Н. Магнитные материалы. Магнитные материалы и компоненты в электронике. Методические указания к лабораторным работам. Кишинэу, Типография UTM. 2011, 47.

BREVETE DE INVENTII Cereri prezentate:

1. BICOVA E. Metodă de asigurare a securității populației. МКИ 9 G 08 B 21 /02 Nr. S 2011 0146 din 13.09.2011;

2. BICOVA E.; POSTOLATI V.; BERZAN V.; ANISIMOV V. Metodă de asigurare a securității populației. Nr. a 2011 0069 din 2011-07-05

2012

1. ГРОДЕЦКИЙ М.В., БЫКОВА Е.В. Модели взаимных связей индикаторов в программном комплексе анализа и мониторинга энергетической безопасности. Сборник трудов Конференции «ЭНЕРГЕТИКА: УПРАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ» 29 – 31 мая 2013 г. г. Благовещенск, Амурская область. с.437-442. ISBN 978-5-93493-154-5, 20 тыс знаков, 5 страниц, 0,5 п.л.

2. ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА Е.В. *Результаты совместных работ в области повышения эффективности электроэнергетических систем*. Сборник трудов Конференции «ЭНЕРГЕТИКА: УПРАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ» 29 – 31 мая 2013 г. г. Благовещенск, Амурская область, с.63-66. ISBN 978-5-93493-154-5, 12,4 тыс знаков, 4 страницы, 0,31 п.л.

3. БЫКОВА, Е.; ПОСТОЛАТИЙ, В. *Анализ систем теплоснабжения и пути увеличения их эффективности для повышения энергетической безопасности*. Сборник трудов Конференции «ЭНЕРГЕТИКА: УПРАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ» 29 – 31 мая 2013 г. г. Благовещенск, Амурская область. с. 413-420. ISBN 978-5-93493-154-5. 31,5 тыс знаков, 7 страниц, 0,78 п.л.

4. БЫКОВА, Е.В.; ПОСТОЛАТИЙ, В.М. *Разработка индикаторов сектора децентрализованного теплоснабжения*. «Экономика региона», Екатеринбург, Россия, 2013, №2, с.106-114. ISSN 2072-6414. 34,9 тыс знаков, 13 страниц, 0,87 п.л.

5. ШАКАРЯН Ю.Г., ТИМАШОВА Л.В., КАРЕВА С.Н., ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., СУСЛОВ В.М., БОБЫЛЕВА Н.В., УТЦ Н.Н. *Эффективность применения компактных управляемых линий электропередачи для формирования межсистемных и межгосударственных транзитов*. Доклад 15.04.2013 ИнтерРАО ЕЭС, 15 апреля 2013. 84,6 тыс знаков, 46 страниц, 2,1 п.л. ■

6. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., ГОЛУБ И.В. *Транзитные возможности юго-западной части объединенной электроэнергетической системы стран содружества независимых государств*. Сборник докладов XV Международной научно-технической Конференции «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ», 17,1 тыс знаков, 10 страниц, 0,42 п.л. ТРАВЭК-2013. 19-20 марта 2013. Доклад 1-20.

7. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В. *Новые технические решения в области ВЛ 110, 220 кВ повышенной пропускной способности и надежности*. Научно-практическое совещание «СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ». Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 22-23 мая 2013 г. 26,4 тыс знаков, 10 страниц, 0,66 п.л.

8. ПОСТОЛАТИЙ, В.М.; ГОЛУБ, И.В. *Моделирование переходных режимов молдавской энергосистемы по условиям статической устойчивости*. Problemele Energeticii Regionale. 2013, 1(21), с.6-15. ISSN 1857-0070. 18 тыс знаков, 0,45 п.л. 13 страниц

9. БОШНЯГА, В.А.; ПОСТОЛАТИЙ, В.М.; СУСЛОВ, В.М.; КЛИНДУХОВ А.Н. *Моделирование перенапряжений в кабельной распределительной сети 10 кВ при однофазных дуговых замыканиях на землю*. Problemele Energeticii Regionale. 2013, 1(21), с.26-40. ISSN 1857-0070. 35,5 тыс знаков 20 страниц, 0,88 п.л.

10. БЫКОВА Е.В. *Методология анализа энергетической безопасности*. Сборник научных статей «Современная наука», 2013, №3(5), с.138-145. ISSN 2076-6866, 6 стр, 24 тыс знаков.

11. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., ГОЛУБ И.В. *Транзитные возможности юго-западной части объединенной электроэнергетической системы стран СНГ*. Сборник научных статей «Современная наука», 2013, №3(5), с.146-151. ISSN 2076-6866 5 стр, 16 тыс знаков

BICOVA ELENA, BERZAN VLADIMIR AND MORARU LARISA. *The analysis of evolution indicators of the energy security in electricity and heat sector of the Republic of Moldova*. Abstract paper nr. 57 of the 4th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, 11-13 October, 2013, Galați, Romania. p.26. http://www.aciee.ugal.ro/ISEEE/2013/FinalProgrammeISEEE2013/Programme%20ISEEE%202013_9oct.pdf, 2 страницы, опубликованы как тезисы

Е.В. Быкова, Т.И. Кириллова. *Текущее состояние и перспективы развития ВИЭ в Молдове*. Сборник трудов II Международного семинара экспертов по возобновляемым источникам энергии "Возобновляемые источники энергии: потенциал, достижения, перспективы", который состоится 3-4 декабря 2013 г. - 9 стр, 16 тыс знаков

ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В. *Моделирование режимов транзитных связей объединенных энергосистем*. ТРАВЭК-11-12 ноября 2013 Сборник Трудов ТРАВЭК, 2013.

БОШНЯГА, В.А.; СУСЛОВ, В.М. *Моделирование трехфазных трансформаторных устройств с трехстержневым магнитопроводом для инженерных расчетов несимметричных режимов при различных схемах соединения обмоток*. Problemele energeticii regionale. 2013, 2(23), с.38-50. ISSN 1857-0070.

ЗАЙЦЕВ Д.А., ГОЛУБ И.В., ТЫРШУ М.С., КАЛИНИН Л.П. *Problemele Energeticii Regionale*. 2013, 2(22). ISSN 1857-0070.

БЫКОВА Е.В. Повышение синергетического эффекта национальных программ стран-членов СНГ по энергоэффективности и энергосбережению для повышения их энергетической безопасности. Enhancing Synergies in CIS National Programmes on Energy Efficiency and Energy Saving for Greater Energy Security. 54 стр, 160 тыс знаков, www.unece.org

Raportul Național de Inventariere, Surse de emisii și sechestrare a gazelor cu efect de seră în Republica Moldova 1990-2010, Chișinău, 2013. Ch.: „Imprint” SRL, 2013 - 381 p.

CZU 551.583 (049.1) (478) F 59, ISBN 978-9975-9650-8-8. Chapter 3. Elena Bicova, Vitalii Postolatii, Marius Taranu

National Inventory Report, Greenhouse Gas Sources and Sinks in the Republic of Moldova, 1990-2010, Chisinau, 2013. Ch.: „IMPRINT PLUS” SRL, 2013- 379 p. CZU 551.583 (049.1) (478), ISBN 9975-940-44-7. Chapter 3. Elena Bicova, Vitalii Postolatii, Marius Taranu

2013

1. ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА Е.В. *Результаты совместных работ в области повышения эффективности электроэнергетических систем*. Сборник трудов Конференции «ЭНЕРГЕТИКА: УПРАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ» 29 – 31 мая 2013 г. г. Благовещенск, Амурская область, с.63-66. ISBN 978-5-93493-154-5

2. БЫКОВА, Е.; ПОСТОЛАТИЙ, В. *Анализ систем теплоснабжения и пути увеличения их эффективности для повышения энергетической безопасности*. Сборник трудов Конференции «ЭНЕРГЕТИКА: УПРАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ» 29 – 31 мая 2013 г. г. Благовещенск, Амурская область. с. 413-420. ISBN 978-5-93493-154-5

3. БЫКОВА, Е.В.; ПОСТОЛАТИЙ, В.М. *Разработка индикаторов сектора децентрализованного теплоснабжения*. «Экономика региона», Екатеринбург, Россия, 2013, №2, с.106-114. ISSN 2072-6414.

4. ШАКАРЯН Ю.Г., ТИМАШОВА Л.В., КАРЕВА С.Н., ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., СУСЛОВ В.М., БОБЫЛЕВА Н.В., УТЦ Н.Н. *Эффективность применения компактных управляемых линий электропередачи для формирования межсистемных и межгосударственных транзитов*. Доклад 15.04.2013 ИнтерРАО ЕЭС, 15 апреля 2013.

5. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., ГОЛУБ И.В. *Транзитные возможности юго-западной части объединенной электроэнергетической системы стран содружества независимых государств*. Сборник докладов XV Международной научно-технической Конференции «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ». ТРАВЭК-2013. 19-20 марта 2013. Доклад 1-20.

6. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В. *Новые технические решения в области ВЛ 110, 220 кВ повышенной пропускной способности и надежности*. Научно-практическое совещание «СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ». Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 22-23 мая 2013 г. 26,4 тыс знаков, 10 страниц, 0,66 п.л.

7. ПОСТОЛАТИЙ, В.М.; ГОЛУБ, И.В. *Моделирование переходных режимов молдавской энергосистемы по условиям статической устойчивости*. Problemele Energeticii Regionale. 2013, 1(21), с.6-15. ISSN 1857-0070.

8. БОШНЯГА, В.А.; ПОСТОЛАТИЙ, В.М.; СУСЛОВ, В.М.; КЛИНДУХОВ А.Н. *Моделирование перенапряжений в кабельной распределительной сети 10 кВ при однофазных дуговых замыканиях на землю*. Problemele Energeticii Regionale. 2013, 1(21), с.26-40. ISSN 1857-0070.

9. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., ГОЛУБ И.В. *Транзитные возможности юго-западной части объединенной электроэнергетической системы стран СНГ*. Сборник научных статей «Современная наука», 2013, №3(5), с.146-151. ISSN 2076-6866 5 стр, 16 тыс знаков

10. ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА, Е.В. *Моделирование режимов транзитных связей объединенных энергосистем*. ТРАВЭК-11-12 ноября 2013

1. BICOVA, ELENA; KIRILLOVA, TATIANA. *Informative Inventory Report of the Republic of Moldova 1990-2012*. Submission under the UNECE convention on Long Range Trans boundary Air Pollution/Chisinau, 2014; 323 p. (§1.9,1.10, glava 3) . www.unece.org
2. БЫКОВА, Е.В.; БЕРЗАН, В.П.; ПОСТОЛАТИЙ, В.М. Основные проблемы энергетики Молдовы и возможная роль ВИЭ в их решении. Глава по Молдове в книге «Проблемы энергетики и нетрадиционные источники энергии», с.75-88. МНЦТИ, Москва
3. БЫКОВА, Е.; БЕРЗАН, В.; ПОСТОЛАТИЙ, В. Basic problems of power engineering of Moldova and a potential role of renewable energy sources (RES) in their solution. Power Engineering and Nonconventional Sources of Energy, с.65-77. МНЦТИ, Москва
4. БЫКОВА, Е.В.; ЦАРАНУ, М.Х.; КИРИЛЛОВА, Т.И. Анализ эмиссий в атмосферу при сжигании топлива в секторе сельскохозяйственного производства Молдовы. Журнал «Экология-плюс», Полтава, №2 за 2014, стр. 3-11. ISSN-нет
5. БЫКОВА, Е.В. ИНВЕСТИЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОЛДОВЫ. Журнал «Экономикс», №4 за 2013 Одесса, Украина, с. 37-50.
6. БОШНЯГА, В.А.; СУСЛОВ В.М. Исследование несимметричных режимов трехфазных трехстержневых трансформаторов со схемой соединения обмоток „в зигзаг”. Problemele Energeticii Regionale. 2013, 3(23) .ISSN 1857-0070
7. БОШНЯГА, В.А.; СУСЛОВ В.М. [Исследование особых режимов трехфазных трехстержневых автотрансформаторов](#) . Problemele Energeticii Regionale. 2014, 1(24), с.26-40. ISSN 1857-0070.
8. БОШНЯГА В.А., СУСЛОВ В.М. Моделирование и расчет несимметричных режимов фазоворотного трансформатора по схеме «треугольник с дополнительными обмотками». Problemele Energeticii Regionale. 2014, 2(25) .ISSN 1857-0070.
9. Л.П.КАЛИНИН, И.В.ГОЛУБ, Д.А.ЗАЙЦЕВ, М.С.ТЫРШУ, Моделирование характеристик двухтрансформаторного фазорегулирующего устройства, PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 1(24) 2014 стр.51-62 ISSN 1857-0070
http://journal.ie.asm.md/assets/files/08_01_24_2014.pdf
10. Д.А.ЗАЙЦЕВ, И.В.ГОЛУБ, Л.П.КАЛИНИН, М.С.ТЫРШУ, Режимы энергосистемы Молдовы с учетом развития топологии межсистемных связей PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 2(25) 2014 стр.22-29 ISSN 1857-0070. http://journal.ie.asm.md/assets/files/06_02_25_2014.doc
11. БЫКОВА, Е.В.; ЦАРАНУ, М.Х.; КИРИЛЛОВА, Т.И.; ГУЦУ, В.В. Анализ эмиссий в атмосферу при сжигании топлива в бытовом секторе Молдовы. Москва, ВИЭСХ, Сборник трудов XI Международной ежегодной конференции «Возобновляемая и малая энергетика - 2014», «Renewable & Small Power Engineering – 2014», 27 – 28 мая 2014 года.
12. БЫКОВА, Е.В.; КИРИЛЛОВА, Т.И. Система индикаторов энергетической безопасности Молдовы и вычислительный комплекс для ее мониторинга. Сборник трудов Международного научного семинара им. Ю.Н.Руденко МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ БОЛЬШИХ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ, Санкт-Петербург, 1-4 июля 2014, статья №6.
13. E.BÎCOVA, V.BERZAN, L.MORARU. Estimări privind impactul unor măsuri de economisire a combustibilului asupra securității energetice a republicii Moldova. FORUMUL REGIONAL AL ENERGIEI PENTRU EUROPA CENTRALA SI DE EST – FOREN 2014. 15-19 iunie 2014, Romania
14. БЫКОВА, Е.В.; ТУРТУРИКА, А.И.; МИРОН, В.С. Сравнение тенденций изменения индикаторов энергетической безопасности для правобережного и левобережного регионов Молдовы. Сборник научных статей «Современная наука», 2014. Днепропетровск-Алушта. ISSN 2076-6866.
15. ПОСТОЛАТИЙ, В.М.; БЫКОВА, Е.В. Проблемы совместной работы электроэнергетических систем Молдовы, Украины и Румынии. Сборник трудов Международной научно-практической конференции "Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины" и Круглого стола «Стратегия развития технологий smart grid в электроэнергетической отрасли Украины», 6-7 ноября 2014 г. ХНТУСХ, Харьков, Украина.

- 16.BOSNEAGA, V.; SUSLOV, V. *Three-phase three legs power transformers asymmetrical modes study for zigzag windings connection*.16TH International conference on harmonics and quality of power harmonics and quality of power, Bucharest, Romania, 25-28 May 2014.
(Poster Session 2, #100 , Wednesday 12:00 – 13:00, Room: F, Chairman - Horia Necula - University POLITEHNICA of Bucharest, Romania)
- 17.L.CALININ, I.GOLUB, D.ZAIȚEV, M.ȚIRȘU, *Caracteristicile tehnice principale ale instalației de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare*. FORUMUL REGIONAL AL ENERGIEI PENTRU EUROPA CENTRALA SI DE EST – FOREN 2014, 15-19 iunie 2014, Romania ISBN no
- 18.I.GOLUB, *Analiza comparativă a regimurilor staționare la aderarea sistemului electroenergetic al Republicii Moldova la ENTSO-E*, FORUMUL REGIONAL AL ENERGIEI PENTRU EUROPA CENTRALA SI DE EST – FOREN 2014, 15-19 iunie 2014, Romania ISBN no
- 19.Л.П.КАЛИНИН, Д.А.ЗАЙЦЕВ, И.В.ГОЛУБ, М.С.ТЫРШУ, *Основные режимные характеристики двухтрансформаторного фазорегулирующего устройства*. Science and technology as a basis of modernization for future sustainable development SSF-2014 18-21 September 2014 - Minsk, Belarus ISSN no
- 20.БЫКОВА, Елена; ТУРТУРИКА А.; БЕРЗАН В. Мониторинг основных индикаторов энергетической безопасности регионов Молдовы. *Conferința Științifică Jubiliară a studenților și colaboratorilor UTM*, Secțiunea EIE-3 „Electrotehnica, Electromecanica, Metrologie”, 20 Octombrie 2014, Chișinău. 3 p.
- 21.ПОСТОЛАТИЙ, В.М; БЫКОВА, Е.В.; ГРОДЕЦКИЙ; М.В.; МОРАРУ, Л.П. *Анализ показателей энергопотребления в сельском хозяйстве Молдовы*. Сборник трудов научного семинара к 60-летию Б. Боинчану, Faculty of Exact, Economic and Environmental Sciences, Alecu Russo Balti State University, г. Бельцы, 24-25 ноября 2014.
- 22.КИОРСАК, М. В., КАЛОШИН, Д. Н., АЛПАЦКИЙ, А. В. «Исследование влияния несинусоидальности кривых тока и напряжения на активную и внутреннюю индуктивность проводов ЛЭП»; ж-л «Вестник ПГУ им. Т. Г. Шевченко» 2014 ежегодное издание ISBN: нет; с. 107-109.
- 23.КАЛОШИН, Д. Н., ТУРТУРИКА, Н. Н. «Математический анализ несинусоидальных режимов на основе реальных осциллограмм»; ж-л «Вестник ПГУ им. Т. Г. Шевченко» 2014 ежегодное издание ISBN: нет; с. 111-113.
- 24.КАЛОШИН, Д. Н., ДОБРОВОЛЬСКАЯ, О. М. «Проблемы подготовки бакалавров электроэнергетического профиля»; ж-л «Вестник ПГУ им. Т. Г. Шевченко» 2014 ежегодное издание ISBN: нет; с. 123-125.
- 25.Д.А.ЗАЙЦЕВ, И.В.ГОЛУБ, Л.П.КАЛИНИН, М.С.ТЫРШУ, Л.П. МОРАРУ, *Сравнительный анализ установившихся режимов в рамках различных стратегий присоединения Молдовы к ENTSO-E* Conferința tehnico-științifică a UTM consacrată jubileului de 50 ani, 20 octombrie 2014, Chișinău ISSN no
- 26.КАЛОШИН, Д. Н., КОШЛЯК, И. В. «Электроэнергетические системы»; *Методическое учебное пособие по курсовому проектированию* 2014; ISBN: нет; 80 с.

2015

- ПОСТОЛАТИЙ, В. М.; БЫКОВА, Е.В. Опыт разработки, проектирования, эксплуатации управляемых электропередач в молдавской энергосистеме 10-110 кв. Журнал ВИЭСХ «ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ», №2(12)/2015, с.281-285. (http://ej.viesh.ru), ISSN 2304-4926
- Bîcova, E.; Berzan, V.; Grodețchi, M.. Estimări privind impactul unor măsuri de economisire a combustibilului asupra securității energetice a Republicii Moldova. «Academос», №1, 2015, p.92-101. ISSN 1857-0461
<http://www.akademos.asm.md/files/Tendintele%20functionarii%20sistemului%20energetic.pdf>
- V. POSTOLATI, E. BYKOVA, V. BERZAN, V. BOSHNEAGA, V. SUSLOV, T. RADILOV. *Possible Operation Modes of Moldovan, Ukrainian and Romanian Electrical Power Systems Joint Work*. Problemele Energeticii Regionale, 2015, 28(2), 1-6. ISSN 1857-0070.
- ПОСТОЛАТИЙ, В.М; БЫКОВА, Е.В.; СУСЛОВ, В.М.; ШАКАРЯН, Ю.Г. ; ТИМАШОВА, Л.В.; КАРЕВА, С.Н. *Эффективность компактных управляемых высоковольтных линий электропередачи*. Problemele Energeticii Regionale, 2015, 29(3), 1-10. ISSN 1857-0070.

БОШНЯГА, В.А.; СУСЛОВ, В.М. Исследование несимметричных режимов трехстержневого фазоповоротного трансформатора по схеме «двойной обратный зигзаг» с переключением в нейтрале. *Problemele Energeticii Regionale*, 2015, 297(1), 1-10. ISSN 1857-0070.

ПОСТОЛАТИЙ, В.М.; БЫКОВА, Е.В.; МИРОН, В.; ГУЦУ, В.В.; МОИСЕЕВ, Ф.Е. Анализ показателей себестоимости электроэнергии и теплоэнергии. Сборник научных трудов ИЭ АНМ “Analele” за 2011-2014. (сборник готовится к печати)

БЫКОВА, Е.В.; ГРОДЕЦКИЙ, М.В.; ЧИНИК, М.А.; КИРИЛЛОВА, Т.И. Вопросы анализа энергетической безопасности. Сборник научных трудов ИЭ АНМ “Analele” за 2011-2014. 27 страниц, 80 тыс. слов– 2 п.л. (сборник готовится к печати)

БОШНЯГА В.А., СУСЛОВ В.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ С ТРЕХСТЕРЖНЕВЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК. Сборник научных трудов ИЭ АНМ “Analele” за 2011-2014.

БЫКОВА, Е.В.; КИРИЛЛОВА, Т.И. Анализ выбросов от сжигания топлива в коммерческом и Институциональном секторе Молдовы. Сборник трудов 8 международной конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, 27-29 мая 2015 г. с. 335-339. ISBN 978-5-93493-240-5

БЫКОВА, Е.В.; БЕРЗАН, В.П.; ГРОДЕЦКИЙ, М.В. Анализ структуры ТЭБ и подходы к построению краткосрочных прогнозов по потреблению топлив. Сборник трудов 8 международной конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, 27-29 мая 2015 г. с. 326-329. ISBN 978-5-93493-240-5

БЫКОВА, Е.В. Углубленный анализ тенденций выбросов CO₂ при сжигании угля, мазута и природного газа при производстве электроэнергии и теплоэнергии в регионах Молдовы. Сборник трудов 8 международной конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, 27-29 мая 2015 г. с.348-353 ISBN 978-5-93493-240-5

БЫКОВА, Е.В., ГРОДЕЦКИЙ, М.В. Математические модели для прогноза показателей ТЭК при исследованиях энергетической безопасности., 7 стр. 26 тыс. слов, 0,65 п.л. Сборник трудов 8 международной конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, 27-29 мая 2015 г. с.230-234. ISBN 978-5-93493-240-5

БОШНЯГА, В.А.; СУСЛОВ, В.М. Исследование режимов несимметричных замыканий трехфазного трехстержневого трансформатора-фазорегулятора. Сборник трудов 8 международной конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, 27-29 мая 2015 г. с.164-170. ISBN 978-5-93493-240-5

BOSNEAGA, V.A.; SUSLOV, V.M.; POSTOLATY, V.M. *Mathematical Model of Flexible Alternating Current Link Based on Phase-Shifting Transformer with Circular Phase Angle Rotation*. 10th International Conference and Exhibition on Electromechanical and Power Systems Conference SIELMEN 2015.

ELENA BICOVA, NATALIA SHPAK, MIHAIL GRODETSKII. *Approach to building short-term forecasts consumption of fuels in the analysis of energy security*. Сборник трудов конференции Агроуниверситета к 65-летию факультета электрификации сельского хозяйства, 2015 г., 2 стр., 6900 знаков, 0,17 п.л. (сдано для печати)

Быкова Е.В., Берзан В.П., Посторонко С. *Прогноз структуры балансов по нефти, углю и природному газу в РМ до 2020 г.* Сборник трудов конференции «Электроэнергетика, теплотехника и управление в энергетике» 27 ноября 2015, Технический Университет Молдовы . 7 тыс .знаков, 4 стр, 0,175 п.л.

KALININ, L.; ZAITSEV, D.; GOLUB, I.; TIRSHU, M.; MORARU, L. Transformator trifazat de reglare a decalajului de fază cu reglare în punctul neutru. *Problemele energeticii regionale* 2015, 1(27), p.11-18. ISSN 1857-0070.

KALININ, L.; ZAITSEV, D.; GOLUB, I.; TIRSHU, M. Режимы работы параметрического регулятора мощности. *Problemele energeticii regionale* 2015, 1(27), p.19-26. ISSN 1857-0070.

KALININ, L.; ZAITSEV, D.; TIRSHU, M.; GOLUB, I. Моделирование циклоконвертора на базе фазорегулятора с круговым преобразованием. “Интеллектуальные энергетические системы –ESS’15” 9-12 июня , 2015 г. Киев, Украина

KALININ, L.; ZAITSEV, D.; GOLUB, I.; TIRSHU, M.; SPIVAK, V. The model and characteristics of circular phase convertor. *SIELMEN 2015. 10th International Conference and Exhibition on Electromechanical and Power Systems*

КАЛИНИН, Л.; ЗАЙЦЕВ, Д.; ТЫРШУ М, ГОЛУБ, И. Моделирование рабочих характеристик фазорегулирующего трансформатора. «Оперативное управление в энергетике» № 6/2015

КАЛИНИН, Л.; ЗАЙЦЕВ, Д.; КАЛОШИН, Д.; ГОЛУБ, И. Характеристики управления режимом параметрического регулятора мощности на основе электромеханического преобразователя. *Problemele energeticii regionale* 2015, 3(29), p. ISSN 1857-0070.

2016

ЕЛЕНА БЫКОВА. *Энергетическая безопасность: методология, мониторинг, прогнозирование*. Изд-во LAP Lambert. Германия, 2016, 59 с. ISBN 978-3-330-02471-7

First Biennial Update Report of the Republic of Moldova under the United Nations Framework Convention on Climate Change / Min. of Environment (MoEN), United Nations Environment Progr.(UNEP); Coord.: Valeriu Munteanu, Suzanne Lekoyiet; Synthesis Team: Vasile Scorpan, Marius Țăranu, Ion Comendant, Lilia Țăranu. - Chisinau: S.n., **2016** (Tipogr. "Bons Offices"). Contributors in Chapter 2, Energy sector , Grup of energy sector; include E.Bicova, V.Postolaty, T.Kirillova, L.Moraru, 220 p. Bibliographical references in footer. - Published with financial support of the Global Environment Facility (GEF).- 50 cop. ISBN 978-9975-87-078-8. www.clima.md

Primul Raport Bienal Actualizat al Republicii Moldova : Elaborat pentru a fi raportat către Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite cu privire la Schimbarea climei / Min. Mediului al Rep. Moldova / Progr. Națiunilor Unite pentru Mediu (UNEP); aut.: Vasile Scorpan, Marius Țăranu, Ion Comendant; coord.: Valeriu Munteanu, Suzanne Lekoyiet. Chisinau : S. n., **2016** (Tipogr. "Bons Offices"). - 200 p. Apare cu sprijinul financiar al Fondului Global de Mediu (GEF). Bibliogr.: p. 141-147 (179 tit.) și in subsol. - 75 ex. ISBN 978-9975-87-080-1. 551.583:502/504(478)(047) P 92 (Contributors in Chapter 2, Energy sector , Grup of energy sector; include E.Bicova, V.Postolaty, T.Kirillova, L.Moraru). www.clima.md

Raport privind Sistemul național de inventariere a emisiilor de gaze cu efect de seră în Republica Moldova / aut.-coord.: Marius Țăranu ; aut.-contribuitori : Elena Bîcova, Vladimir Brega, Anatol Tăriță [et al.] ; coord.: Valeriu Munteanu, Silvia Pană-Carp ; Progr. Națiunilor Unite pentru Dezvoltare. – Chisinau : Bons Offices, **2016**. – 188 p. 100 ex ISBN 978-9975-87-049-8 CZU 351.777.6:504.054(478)(047) www.clima.md

Report on National Greenhouse Gas Inventory System in the Republic of Moldova / aut.-coord.: Marius Taranu ; aut.-contributors : Elena Bicova, Vladimir Brega, Anatol Tarita [et al.] ; coord.: Valeriu Munteanu, Silvia Pana-Carp ; United Nations Development Progr. (UNDP). - Chisinau : Bons Offices, 2016. - 176 p. 15 ex. ISBN 978-9975-87-050-4. 351.777.6:504.054(478)(047). www.clima.md

ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА, Е.В., СУСЛОВ, В.М. ТИМАШОВА, Л.В., ШАКАРЯН, Ю.Г., КАРЕВА, С.Н. Управляемые компактные линии электропередачи высокого напряжения. «*Problemele energeticii regionale*», 1 (30) 2016, pp.1-13.

BOȘNEAGA, V., SUSLOV, V., POSTOLATY, V. Dispozitiv tip reactor-condensator pentru legătură flexibilă a sistemelor energetice asincrone. "*Problemele energeticii regionale*". N1(30) 2016, pp.47-55, ISSN 1857-0070.

BOȘNEAGA, V., SUSLOV, V. Dispozitiv tip reactor-condensator cu trei elemente pentru legătură flexibilă a sistemelor energetice asincrone. "*Problemele energeticii regionale*", N2(31) 2016, pp.39-47, ISSN 1857-0070

ГОЛУБ, И.В. Однотрансформаторное фазорегулирующее устройство для управления потоками мощности в электрических сетях. "*Problemele energeticii regionale*", N 2 (31) 2016 pp.2-10, ISSN 1857-0070.

БЫКОВА, Елена. *Short-term outlook energy balance to the analysis of energy security*. Журнал «Современная наука», №4 за 2016, с.64-69. ISSN 2076-6866.

БЫКОВА Е.В. *Методология и мониторинг энергетической безопасности*. Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Технические науки, выпуск 176 "Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины", с.6-7. ISSN 5-7987-0176X

БОШНЯГА В., СУСЛОВ В. Реакторно-конденсаторное устройство для управляемой передачи мощности между несинхронно работающими энергосистемами. 10-я *Международная Научно-техническая Конференция «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве»*, 24-25 мая 2016 г., Москва, ФГБНУ ВИЭСХ. ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ Теоретический и научно-практический журнал, 2 (17)/2016, стр.266-275. ISSN 2304-4926.

ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА, Е.В., ГРОДЕЦКИЙ, М.В. Моделирование взаимных связей показателей энергетики и экономики и координация их развития Москва, ФГБНУ ВИЭСХ. ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ Теоретический и научно-практический журнал, 3 (17)/2016, стр.290-280. ISSN 2304-4926.

POSTOLATI, V., BERZAN, V. *Particularități ale regimului sistemului electroenergetic al republicii moldova la realizarea interconexiunii cu România*. WEC CENTRAL & EASTERN EUROPE REGIONAL ENERGY FORUM – FOREN 2016. 12-16 June 2016, Vox Maris Grand Resort, Costinesti, Romania 38 тыс знаков, 14 стр. Masa rotundă

BOSNEAGA V.A., SUSLOV V.M., POSTOLATY V.M. Reactor-Capacitor Device for Controlled Active Power Transmission between Non-Synchronous Power Systems. *WEC CENTRAL & EASTERN EUROPE, REGIONAL ENERGY FORUM, 13th Edition - FOREN 2016 -Safe and Sustainable Energy for the Region, 12-16 June 2016, Vox Maris Grand Resort, Costinești, Romania*.

BOSNEAGA V.A., SUSLOV V.M. Two-element's reactor-condenser device for flexible .Link of alternating current systems. *The 10th International Conference on Industrial Power Engineering, CIEI 2016, 2-4 June 2016, Bacau, Romania*. BOSNEAGA V.A., SUSLOV V.M. Modelling of asymmetric modes of three-phase three legs phase shifting transformers. 3-RD INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016: REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”. Rapoarte, Chisinau, 2016, pp.273-282.

BOSNEAGA V.A., SUSLOV V.M. Асинхронная гибкая связь двух энергосистем переменного тока на основе управляемых L и C элементов. 3-RD INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016: REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”. Rapoarte, Chisinau, 2016, pp.435-448.

БЫКОВА, Е.В, КИРИЛЛОВА, Т.И. Анализ влияния прироста потребления биомассы на общие выбросы загрязняющих веществ. Сборник трудов Юбилейной 10-ой Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», ВИЭСХ, 24 - 25 мая 2016 г. Россия, г. Москва. Доклад 72 . Секция 4, 6 стр.

Informativ Inventory Report , Energy sector, 1990-2014 . “Air Quality Governance in ENPI East Countries Europe” Aid/129522/C/SER/Multi MWH Emission Inventory. Assessment of pollutants on based EMEP-2013 in Energy sector. E. Bicova, T. Kirillova. “Improving the national emission inventory system in the context of emissions reporting under the LRTAP Convention”. “Air Quality Governance in the ENPI East Countries AIR-Q-GOV”, 2016 http://ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2016_submissions/

БЫКОВА, Е.В. Разработка индикаторов энергетической безопасности для описания сектора ВИЭ. Сборник докладов «Возобновляемые источники энергии- потенциал, достижения, перспективы», 3 международный семинар экспертов, Минск, 25-27 мая 2016, с.50-58. Электронная публикация. CD-ROM.

БЫКОВА, Е.В.. Концептуальные положения и система мониторинга энергетической безопасности. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT” 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, стр.36-40, 5 стр, 20 тыс знаков, 0,5 п.л.

БЫКОВА, Е.В., БЕРЗАН, В.П. Методические подходы при построении краткосрочных балансов ТЭБ. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT” 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, стр.18-27, 10 стр, 31тыс знаков, 0,755 п.л.

БЫКОВА, Е.В, ГРОДЕЦКИЙ, М.В. Разработка среднесрочного прогнозирования в составе вычислительного комплекса для анализа и мониторинга энергетической безопасности. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, стр. 28-35, 8 стр, 31тыс знаков, 0,755 п.л.

БЫКОВА, Е.В, КИРИЛЛОВА, Т.И., ЦАРАНУ, М.Х. Анализ тенденций изменения выбросов парниковых газов в секторе малого сжигания в Молдове. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, стр.545-553, 9 стр, 29 тыс знаков, 0,725 п.л.

БЫКОВА, Е.В., ЧИНИК, М.А., МОРАРУ, Л.П. *Мониторинг ряда индикаторов экономической безопасности*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр.154-162, 9 стр, 24 тыс знаков, 0,6 п.л.

ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА, Е.В., ГРОДЕЦКИЙ, М.В. *О подходах к моделированию скоординированного управления отраслями экономики*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр. 424-429, 6 стр, 21,5 тыс знаков, 0,54 п.л.

БЕРЗАН, В.П., ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БАБИЧ, В.М. *Сравнительный анализ работы ТЭЦ с различной мощностью генерации тепла и электроэнергии*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр. 261-272, 12 стр, 44 тыс знаков, 1,1 п.л.

БЕРЗАН, В.П., ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА, Е.В.. *Некоторые аспекты проблемы обеспечения энергией республики Молдова*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр. 601-609, 10 стр, 34,7 тыс знаков, 0,87 п.л.

СУСЛОВ, В.М., ПОСТОЛАТИЙ, В.М. *Экологические характеристики управляемых самокомпенсирующихся компактных линий электропередач переменного тока*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр. 301-311, 9 стр, 21,5 тыс знаков, 0,54 п.л.

ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БАБИЧ, В.М. *Использование физического метода для оценки и расчета суммарного коэффициента полезного использования топлива, оценки разнесения затрат и определения себестоимости при производстве тепловой и электрической энергии методом когенерации*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova,, стр. 253-256.

ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЫКОВА, Е.В., СУСЛОВ, В.М., ШАКАРЯН, Ю.Г., ТИМАШОВА, Л.В., КАРЕВА, С.Н. *Параметры управляемых самокомпенсирующихся компактных линии электропередачи*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”. 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova. , стр.287-300, 18 стр, 48,5 тыс знаков, 1,21 п.л.

ПОСТОЛАТИЙ, В.М., ГОЛУБ, И.В. *Сопоставление результатов расчета пропускной способности и натуральной мощности по различным методикам*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр. 283-286, 5 стр, 10 тыс знаков, 0,25 п.л.

ПОСТОЛАТИЙ, В. М., СУВОРОВ, А.С., АНИСИМОВ, В. К. *Стенд для исследования макетов устройств объединения энергосистем переменного тока*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT”, 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр. 249-252, 6 стр, 9 тыс знаков, 0,225 п.л.

ПОСТОЛАТИЙ, В.М., БЕРЗАН, В.П. *Режимы работы энергосистемы Республики Молдова при реализации межсистемной связи с Румынией*. Сборник трудов 3 международной конференции INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT” 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova, , стр. 413-423, 10 стр, 31тыс знаков, 0,755 п.л.

ГОЛУБ И.В., ЗАЙЦЕВ Д.А., ЗУБАРЕВА И.Г. *Модифицированное двухтрансформаторное фазорегулирующее устройство, выполненное на основе классической однотрансформаторной схемы «Delta Connection»* Problemele Energeticii Regionale 1 (30) 2016 Electroenergetică

Л.П. КАЛИНИН, Д.А. ЗАЙЦЕВ, М.С. ТЫРШУ, И.В. ГОЛУБ. *Перспективы совершенствования стратегии управления процессом прямого преобразования частоты переменного тока на базе фазорегулирующего трансформатора*. International Conference “Energy of Moldova – 2016. Regional Aspects of Development” 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova

ПЕРЕЧЕНЬ КОНФЕРЕНЦИЙ, В КОТОРЫХ ПРИНИМАЛИ УЧАСТИЕ СОТРУДНИКИ ЛАБОРАТОРИИ (2008-2016)

2008

25 февраля Первое заседание сформированной комиссии по разработке мероприятий по энергетической безопасности. Доклад Постолатия В.М.

4 марта Второе заседание сформированной комиссии по разработке мероприятий по энергетической безопасности.

15 марта Круглый стол на «Молдэкспо» по теме: «Биотопливо Молдовы: достижения и перспективы»

15-18 May 2008 - Minsk, Belarus. Integrating science and technology for a sustainable and secure future: energy, environment, informatics and human health SSF-2008 A.v.Humboldt Kolleg,

Доклад Быковой Е.В. «THE PROBLEM OF ENERGY SECURITY BY THE EXAMPLE OF REPUBLIC MOLDOVA»

Доклад Быковой Е.В. на семинаре в Институте энергетики Беларуси по энергетической безопасности

11 июня ASOCIAȚIA OAMENILOR DE ȘTIINȚĂ „N. MILESCU SPATARU” Семинар: „Problemele energiei Moldovei: dezvoltarea surselor de generare și a consumului de energie”,

Доклады: 1. Постолатий В. М. Структура покрытия общего баланса производства и потребления электроэнергии.

2. Быкова Е.В. Структура и уровень производства и потребления электроэнергии как факторы обеспечения энергетической безопасности.

18 – 20 июня 10-я международная конференция «Энергоэффективность: проблемы и решения». С докладом и презентацией выступила Быкова Е.В. на тему: «АНАЛИЗ ИНДИКАТОРОВ БЛОКА ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ В МОЛДОВЕ В СИСТЕМЕ ИНДИКАТОРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

15 июля Семинар по экологии «Rezultatele inventarierii emisiilor naționale de gaze cu efect de seră pentru perioada 1990-2005». Proiectului „Perfectarea celei de-a doua Comunicări naționale în conformitate cu cerințele Convenției-cadru a Organizației Națiunilor Unite cu privire la schimbarea climei”. Rezultatele inventarierii emisiilor de gaze cu efect de seră în sectorul 1 „Energetica”. Dr. Elena Bîcova

13-16 сентября Николаевка, Крым, Конференция Института возобновляемой энергетики НАНУ по тематике нетрадиционных источников энергии. С докладом и презентацией выступил Постолатий В.М. на тему: «Применение ВИЭ в условиях Молдавской энергосистемы»

III Всероссийская научно-техническая конференция «ЭНЕРГОСИСТЕМА: Управление, Конкуренция, Образование» 13-16 октября 2008 года в Екатеринбурге, Россия. Доклад и презентация Быковой Е.В и Постолатия В.М. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОЛДОВЫ НА БАЗЕ РАСШИРЕННОЙ СИСТЕМЫ ИНДИКАТОРОВ (с докладом выступила Быкова Е.В.)

Третья международная энергетическая неделя, Москва, Россия, 10-15 октября 2008. Доклад и презентация работы «Повышение пропускной способности и управляемости электропередач переменного тока (компактные линии электропередач, содержащие устройства FACTS)» авторов Постолатий В.М., Быковой Е.В. Тимашовой Л.В., Шакаряна Ю.Г. С докладом выступил **Постолатий В.М.**

7 ноября 2008

Семинар Лаборатории управляемых передач и Семинар Института энергетики. Доклад Римко Дениса Вячеславовича, г. Минск, о состоянии энергетики Республики Беларусь и исследованиях в области энергетической безопасности. Выступления также Постолатия В.М., Быковой Е.В.

2009

Конференция в Политехническом институте по вопросам теплоснабжения 28 февраля 2009 г. Участники-Постолатий В.М., Суслов В.М., Гродецкий М.В., Бурцев С.В. Доклады сделаны каждым из них.

23-27 марта 2009 г. Москва 4- международный электроэнергетический семинар "СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ВЛ" В.М. Постолатий, Быкова Е.В. (ИЭ АН М, г. Кишинев), Тимашова Л.В., Шакарян Л.Г. (ВНИИЭ, г.Москва). Управляемые электропередачи переменного тока повышенной пропускной способности, опыт создания и возможности применения их в электроэнергетических системах

May 2009 - Minsk, Belarus

Международный Семинар «Координация методологии расчета и анализа энергетической безопасности по секторам ТЭК с учетом накопленного опыта исследований в Молдове и Беларуси», г. Минск. Доклады:

1. Быкова Е.В. Методология анализа и мониторинг индикаторов энергетической безопасности Республики Молдова
2. Кириллова Т.И. Социологические аспекты энергетической безопасности

Китай- 21-24 мая, Пекин, отель Бежлин . М/н конференция “Ultra High Voltage (UHV)

Power transmission – 2009”. Доклад Постолатия В.М. «Increasing throughput and controllability of power transmission lines of alternating current. Compact power transmission lines, including FACTS devices».

ТРАВЭК 24-27 июня, г Москва. Постолатий В. М., Быкова Е.В. Эффективность применения управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий электропередачи и фазорегулирующих устройств трансформаторного типа для выдачи мощности удаленных электростанций на примере Эвенкийской ГЭС. С докладом выступил Постолатий В.М.

7-9 Сентября ТРАВЭК-Запорожье. Постолатий В.М., Быкова Е.В., Суслов В.М., Быков В.С.

НОВЫЕ ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОРЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И РЕЖИМАМИ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. Выступление Постолатия В.М. с докладом и презентацией по указанной теме.

7 октября 2009 –участие Быковой Е.В. в Workshop по МАРКАЛ-системе

8 – 9 октября 2009. «МЕЖДУНАРОДНАЯ ТОРГОВЛЯ, ЭНЕРГЕТИКА И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА»

г. Киев, Украина. Быкова Е.В. выступила с докладом и презентацией на тему «Эмиссии парниковых газов от энергетических источников Молдовы и обеспечение энергетической безопасности»

8-11 ноября 2009, Москва. Академия естественных наук России. Г. Дука Постолатий В.М., Быкова Е.В. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ МОЛДОВЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ. Постолатий В.М. выступил с докладом и презентацией.

2010

МАРТ 2010

17-18 марта 2010. 6 международная научно-техническая конференция «Энергосбережение в электроэнергетике и промышленности», Холидей Инн Сокольники. Постолатий В.М., Тимашова Л.В., Шакарян Ю.Г. «Основные технические решения по созданию высокоэффективных электропередач переменного тока напряжением 220 кВ нового поколения». Москва, ТРАВЭК. Выступление с докладом Постолатия В.М.

17 марта 2010. 14-ая Выставка «Молдэнержи-2010». Круглый стол на «Молдэкспо» по теме «Омические преобразователи и устройства для измерения напряжений 6,3-35 кВ переменного тока». Организатор –ИЭ АНМ. Приняли участие все сотрудники лаборатории.

ИЮНЬ 2010

1-3 июня 2010г. Шестая Всероссийская научно-практическая конференция «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем», Москва, МЭИ (ТУ)), секция 6. Выступление с докладом и презентацией Постолатия В.М. на тему:

УПРАВЛЯЕМЫЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ – ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.

Николаев 22-25 июня 2010. 12-я международная научно-практическая конференция «Энергетика и экология – эффективность и перспектива». Постолатий В.М., Быкова Е.В. ОТРАСЛЕВАЯ СИСТЕМА ИНДИКАТОРОВ И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОЛДОВЫ. Выступление с докладом и презентацией Быковой Е.В.

Октябрь

4 октября 2010. Международный семинар в Минске по энергетической безопасности. Выступление с докладом и презентацией Быковой Е.В. Презентация совместной книги «Методические подходы к решению проблемы энергетической безопасности Молдовы и Беларуси» (монография). Авторы Быкова Е.В., Михалевич А.А., Постолатий В.М., Римко Д.В., Гродецкий М.В., Фисенко С.П., Шнип А.В.

6-9 октября 2010 Румыния, Бухарест. Международная выставка изобретений, научных исследований и новых технологий «Инвентика»-2010. Ромэкспо. Участие с двумя плакатами. Получена бронзовая медаль на имена Быковой Е.В, Постолатия В.М, Кирилловой Т.И, Чиник М.А, Гродецкого М.В..

Декабрь

7. Inogate 4-5 декабря 2010, Кишинев. Выступление Постолатия В.М с докладом на тему: «Управляемые электропередачи».

2011

Февраль

Минск 22-24 февраля 2011 г. Международный семинар экспертов по возобновляемым источникам энергии «Разработка предложений к реализации национальной политики по возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) в Беларуси и совместному использованию межрегиональных знаний и положительного практического опыта для повышения эффективности использования энергии». Выступление с докладом и презентацией Быковой Е.В. «Анализ состояния сектора ВИЭ в Молдове».

Март

Москва, 29-30 марта 2011 г. Международная Ассоциация ТРАВЭК-2011. IX Международная научно-техническая конференция «Перспективы развития электроэнергетики. Энергоэффективность и энергосбережение» IX International scientific and technical conference «Prospects of development of electric power industry. Energiefficiency and energosaving». Участие Постолатия В.М. с докладом об управляемых электропередачах.

Апрель

18-23 апреля 2011. Семинар международный научно-практический (МЭС-6): «Актуальные вопросы обеспечения надёжности, безопасности и эффективности эксплуатации энергосистем, линий электропередачи и оборудования подстанций». Электроэнергетический Совет стран СНГ, Москва, Россия. Участие Постолатия В.М. с докладом об управляемых электропередачах.

19 апреля 2011 - 6 заседание Круглого стола «Россия - Молдавия: диалог во имя будущего» на тему «Россия и Молдавия: вызовы модернизации» в г. Кишиневе, Международный независимый Университет Молдовы (ULIM). Участие Быковой Е.В. с докладом об управляемых электропередачах.

Май

VI-ая Международная научно-практическая конференция «НАУКА И СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЩЕСТВА: ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ», 24-25 мая 2011 г., г. Харьков, на базе Харьковского национального университета радиоэлектроники. Участие Быковой Е.В. с докладом об энергетической безопасности.

Май

ШЕСТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ЭНЕРГЕТИКА:УПРАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ» 25 – 27 мая 2011 г.г. Благовещенск, Амурская область, Россия - участие заочное, с 4 публикациями.

2012

24 февраля 2012. Семинар в Политехническом Университете с участием всех сотрудников лаборатории.

3 апреля 2012. Круглый стол на «Молдэкспо» по возобновляемым источникам энергии – участие всех сотрудников лаборатории.

май 2012. Доклады (3) на семинаре ИЭ, на Отделении и на Президиуме АНМ Постолатия В.М. по теме «Эффективность использования ТЭЦ»

24-26 сентября 2012 Семинар по эмиссиям на транспорте, Кишинев. Доклад Быковой на тему «Расчеты эмиссии от транспорта Молдовы для 2009 года с использованием программы Коперт».

25 сентября 2012 Круглый стол, проведенный Офисом по Изменению климата, на тему «Потенциал улучшения Национальных сообщений» в Le Grand, Кишинев- участие Быковой Е.В.

4-6 октября 2012 Конференция «Энергетика Молдовы-2012» - участие всех сотрудников. Доклады сделаны Постолатием В.М. – 2 доклада, Быковой Е.В.-1 доклад.

11 октября 2012, Круглый стол «Улучшение статистики по энергетике», Кишинев - участие Быковой Е.В.

27 сентября, 8, 18 октября 2012. Участие в рабочей группе по эмиссиям на транспорте – участие Быковой Е.В.

2013

29 – 31 мая 2013. Конференция «ЭНЕРГЕТИКА: УПРАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ» г. Благовещенск, Амурская область-участие сотрудников лаборатории (заочное) с 3 статьями.

15 апреля 2013. Доклад в ИнтерРАО ЕЭС. ШАКАРЯН Ю.Г., ТИМАШОВА Л.В., КАРЕВА С.Н., ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., СУСЛОВ В.М., БОБЫЛЕВА Н.В., УТЦ Н.Н. Эффективность применения компактных управляемых линий электропередачи для формирования межсистемных и межгосударственных транзитов. С докладом выступил Постолатий В.М.

13-14 марта 2013 Москва ТРАВЭК. Транзитные возможности юго-западной части объединенной электроэнергетической системы стран содружества независимых государств. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В., ГОЛУБ И.В. С докладом выступил Постолатий В.М.

22-23 мая 2013 г. Научно-практическое совещание «Современные подходы к обеспечению надежности электроэнергетических систем», Сыктывкар, Республика Коми, Россия. ПОСТОЛАТИЙ В.М., БЫКОВА Е.В. Новые технические решения в области ВЛ 110, 220 кВ повышенной пропускной способности и надежности. Участие заочное, доклад зачитан руководителем семинара.

20 июня 2013. Семинар Офиса по изменению климата. С докладом на тему «Выбросы парниковых газов от энергосектора Молдовы» выступила Быкова Е.В. Участвовали Быкова Е.В., Постолатий В.М.

20-22 сентября 2013. Украина. Международная конференция «Энергетика: эффективность, экономия, экология». Алушта. Сделано 2 пленарных доклада Быковой Е.В. по темам:

- 1) Быкова Е.В. Методология анализа энергетической безопасности.
- 2). Постолатий В.М., Быкова Е.В., Голуб И.В. Транзитные возможности юго-западной части объединенной электроэнергетической системы стран СНГ.

11-12 ноября 2013, ТРАВЭК, Москва. Постолатий В.М., Быкова Е.В. Моделирование режимов транзитных связей объединенных энергосистем. С докладом выступил Постолатий В.М.

14-15 ноября 2013. Женева. Представление работы Быковой Е.В. «Повышение синергетического эффекта национальных программ стран-членов СНГ по энергоэффективности и энергосбережению для повышения их энергетической безопасности. Enhancing Synergies in CIS National Programmes on Energy Efficiency and Energy Saving for Greater Energy Security». С докладом выступал Бошняга В.А. www.unece.org

3-4 декабря 2013 Международный Семинар в Минске «ВИЭ: потенциал, достижения, перспективы». Е.В. Быкова, Т.И. Кириллова представили доклад «Текущее состояние и перспективы развития ВИЭ в Молдове». С докладом выступила Быкова Е.В.

2014

Семинар 23-25 января 2014, Министерство экологии. Семинар «Управление качеством воздуха в странах Восточного региона ЕИСП «Air-Q-Gov»». Доклад и презентация Быковой Е.В. на тему «Мониторинг загрязнителей по методологии ЕМЕР для энергетического сектора, раздел «Транспорт»»

Семинар 3 июня 2014 Семинар «Управление качеством воздуха в странах Восточного региона ЕИСП «Air-Q-Gov»». Доклад и презентация Быковой Е.В. «Мониторинг загрязнителей по методологии ЕМЕР для энергетического сектора»

Семинар обучающий 4-6 июня, Министерство экологии. «Управление качеством воздуха в странах Восточного региона ЕИСП «Air-Q-Gov»». Картирование выбросов по стране. Участвовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И.

20 марта 2014. Круглый стол по энергоэффективности на «Молдэкспо». Участвовали все сотрудники лаборатории.

Специальный семинар на Молдавской ГРЭС 12 марта 2014. Доклад и презентация Постолатия В.М. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОРЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕТОКАМИ МОЩНОСТИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ».

Семинар по проекту ADA/UNDP „Suportul procesului de adaptare națională a Republicii Moldova la schimbările climatice” 6-9 апреля 2014 (первый). Участвовал в дискуссиях и выступлениях Постолатий В.М.

Семинар по проекту ADA/UNDP „Suportul procesului de adaptare națională a Republicii Moldova la schimbările climatice” 15-19 июля 2014 (заключительный). Участвовал в дискуссиях и выступлениях Постолатий В.М.

Семинар 29 мая 2014 Proiectului « Programul de fortificare a capacităților în domeniul dezvoltării cu emisii reduse de carbon în Republica Moldova» (представление проекта).

11 июня 2014. Семинар по национальной безопасности, адаптации и выбросам. Schimbările climatice și securitatea Atelierul de consultare de nivel național privind Schimbările climatice și securitatea în Moldova în cadrul proiectului Schimbările climatice și securitatea în Europa de Est, Asia Centrală și Caucazul de Sud, finanțat de Uniunea Europeană prin Instrumentul de stabilitate și Agenția pentru dezvoltare a Austriei. Над презентацией работали Быкова Е.В. и Берзан В.П. С докладом выступил В.П. Берзан.

30 июня-4 июля 2014. Научный семинар им. Руденко Института систем энергетики им. Мелентьева, Санкт-Петербург, Выступление с докладом и презентацией Быковой Е.В. на тему: «Система индикаторов энергетической безопасности Молдовы и вычислительный комплекс для её мониторинга».

17-19 сентября 2014 – обучающий семинар по ТЭБ и планированию (1 часть). Support to the development of an energy statistics system in the Republic of Moldova «TA-ESS Treening on Energy statistics and Energy Planning». Участвовали В.П. Берзан, Е.В. Быкова, В.В. Гуцу, Т.И. Кириллова, М.В. Гродецкий.

25 сентября 2014. Участие в торжественных мероприятиях по 50-летию ГРЭС. Участвовали В.М. Постолатий, В.В. Гуцу.

21 октября 2014. Участие в конференции к 50-летию Политехнического университета. Masă rotundă „Problemele dezvoltării sectorului energetic național pe termen mediu și lung”, Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Energetică și Inginerie Electrică, 21 octombrie 2014. Участвовали В.П. Берзан, В.М. Постолатий

24-25 ноября 2014. Семинар к 60-летию Б. Боинчана в Бельцком Университете им.А. Руссо. Доклад и презентация коллективной статьи на тему: АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ МОЛДОВЫ, авторы В.М, Постолатий, Е.В.Быкова, Гродецкий М.В. , Морару Л.П. В семинаре приняли участие Быкова Е.В. и Кириллова Т.И.

4-5 ноября 2014. Семинар по ТЭБ и планированию в энергетике (2 часть). Support to the development of an energy statistics system in the Republic of Moldova «TA-ESS Treening on Energy statistics and Energy Planning». Участвовали В.П. Берзан, Е.В. Быкова, Л.П. Морару, Т.И. Кириллова, М.В. Гродецкий.

2015

Январь:

- 2 рабочие встречи с Николасом Бризард по подготовке прогнозов ТЭБ (ТА-ЕСС);
- 2 рабочие встречи в Министерстве экономики по подготовке прогнозов ТЭБ;
- одна отдельная рабочая встреча с Николасом Бризард в ИЭ АНМ.

Февраль:

-встреча в Министерстве экономики по работе по краткосрочному прогнозированию ТЭБ. Доклад П. Марко по опыту построения прогнозов ТЭБ в Словении. Присутствовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И, В.П. Берзан

-Семинар 26 февраля по NAMAs в Молдове. Организатор - Офис по Изменению климата. Присутствовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И.

Март:

- Семинар 19 марта по загрязнению от ртути в РМ. Присутствовала Кириллова Т.И.
- Семинар 21 марта на «Молдэкспо» «Молдэнержи-2015». Присутствовали все сотрудники, с докладом выступил Берзан В.П. на тему «Развитие ВИЭ в РМ».

Апрель

-доклад Постолатия В.М. по УСВЛ в ЭЭС СНГ 16 апреля 2015

-доклад Постолатия В.М. по УСВЛ в Центре культуры и науки РФ на День науки, 28 апреля 2015

Май

- 12 мая 2015 участие с докладом Постолатия ВМ в видеоконференции ФСК РФ по УСВЛ;

-27 мая 2015 - Круглый стол НТО по тарифам – доклад Постолатия ВМ и доклад Берзана ВП. «Impactul tarifulor asupra dezvoltării economiei și energeticii» («Влияние тарифов на развитие экономики и энергетики»)

Июнь

5 июня 2015. Круглый стол «Инновационное развитие административно- территориальных единиц РМ. Взаимодействие Правительства, АНМ, бизнеса и местных администраций»- присутствовали Быкова Е.В., Гродецкий М.В., Бошняга В.А.

5 июня – день охраны окружающей среды. 5 iunie 2015 a Conferinței Internaționale „Mediul și schimbarea climei: de la viziune la acțiune”. Присутствовала Кириллова Т.И.

9-12 июня Киев. Украина. Четвертая международная конференция «Интеллектуальные энергетические системы»-2015 (ESS-2015). Постолатий В.М, выступил с пленарным докладом (П-2) и презентацией на тему: «Управляемые компактные электропередачи 110-750 кВ»

30 June – 1 July 2015 – Chisinau, Moldova. INOGATE Regional Seminar on Energy Planning “From Energy Statistics to Energy Policies”. *Helping INOGATE Partner Countries adopt adequate institutional frameworks, methodologies and tools* Присутствовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И. Семинар был посвящен энергетической статистике и энергетическому планированию.

Сентябрь

8 сентября 2015. Семинар по оценке перспективных выбросов в РМ и возможных способов их снижения и адаптации. GEF/UNEP Project "Republic of Moldova: Preparation of Intended Nationally Determined Contribution (INDC) to the 2015 Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)”. Присутствовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И..

25 сентября 2015. Ночь науки. Доклад Постолатия В.М. «Linii electrice dirijate cu autocompensare de tensiune înaltă în curent alternativ cu sarcinătate sporită de transmisie». Презентация будущей монографии. Участие в выставке сотрудников Института. Присутствовали от ЛУЭП Постолатий В.М., Быкова Е.В., Бошняга В.А., Гродецкий М.В., Кириллова Т.И.

Октябрь

21-24 октября. Посещение Постолатия ВМ международной выставки "RUGRIDS-ELECTRO 2015", Москва, и выступление на Круглом столе на тему: "Управляемые электропередачи большой пропускной способности". Состав авторов: В.М. Постолатий, Е.В. Быкова, В.М., Ю.Г. Шакарян, Л.В. Тимашова, С.Н. Карева.

СИЕЛМЕН-2015. Участие с докладом и презентацией Бошняги В.А. на тему “*Mathematical Model of Flexible Alternating Current Link Based on Phase-Shifting Transformer with Circular Phase Angle Rotation*», Кишинев, октябрь 2015.

Ноябрь

2-5 ноября 2015. Семинар по выбросам парниковых газов по методологии МГЭИК. Доклады с презентациями Быковой Е.В., Постолатия В.М., Кирилловой Т.И., Морару Л.П по оценке выбросов по секторам энергетики.

12 ноября 2015. Семинар в Агроуниверситете РМ к 65-летию факультета электрификации сельского хозяйства. Выступление Быковой Е.В. с докладом: «ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ КРАТКОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПО ПОТРЕБЛЕНИЮ ТОПЛИВ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

22-24 ноября 2015. Семинар - тренинг по совершенствованию работ в области выбросов парниковых газов и подготовки Национальных Сообщений. Участвовали сотрудники ЛУЭП.

27 ноября 2015 . Семинар в Политехническом Университете. Представление доклада Быковой ЕВ, Берзана В.П., С. Посторонко на тему «ПРОГНОЗ СТРУКТУРЫ БАЛАНСОВ ПО НЕФТИ, УГЛЮ И ПРИРОДНОМУ ГАЗУ В РМ ДО 2020 Г». Докладчик –Берзан В.П.

Декабрь

Международная конференция СИГРЭ-2015, Париж, Франция. Л.В. ТИМАШОВА, Ю.Г. ШАКАРЯН, С.Н. КАРЕВА, В.М. ПОСТОЛАТИЙ, Е.В. БЫКОВА, Ю.А. ГОРЮШИН. Компактные управляемые линии электропередачи 110-500 кВ. Сборник трудов международной конференции СИГРЭ-2015, Париж, Франция.

В течение года было несколько заседаний рабочей группы по ЕМЕР (февраль, май, июнь) в Министерстве окружающей среды. Заседания были посвящены работе над ответами на вопросы международных экспертов по ранее представленной работе, касающейся оценки загрязняющих веществ от энергетического сектора. Участвовали Быкова Е.В. и Кириллова Т.И..

2016

Февраль

15 февраля. Участие в рабочей группе Министерства экологии (координатор Борщ Мария) по подготовке Раздела по энергетике для Национального Инвентаря по выбросам загрязняющих веществ по методологии ЕМЕР-2013. Участвовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И. Тема - представление расчетов выбросов загрязняющих веществ по формату NFR.

Март

15 марта. Участие в рабочей группе Министерства экологии (координатор Борщ Мария) по подготовке Раздела по энергетике для Национального Инвентаря по выбросам загрязняющих веществ по методологии ЕМЕР-2013. Участвовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И. Тема - представление финальной версии текста Национального доклада (сектор энергетики) в формате IIR.

Апрель

15 апреля. Участие в рабочей группе Министерства экологии (координатор Борщ Мария) по подготовке Раздела по энергетике для Национального Инвентаря по выбросам загрязняющих веществ по методологии ЕМЕР-2013 для будущего цикла. Участвовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И. Тема - организация работы по следующему циклу инвентаризации, обсуждение организационных трудностей, возникших в работе.

Май

4 мая 2016. Семинар в Институте энергетики АНМ, посвященный обсуждению «Стратегии по снижению выбросов парниковых газов».

Доклад В.М. Постолатия на тему: «ПРЕДЛОЖЕНИЕ об использовании оборудования ТЭЦ-1 для теплоснабжения потребителей г.Кишинэу в летний период». Авторы В.М. Постолатий, В.М. Бабич.

Доклад Быковой Е.В. на тему: «Эмиссии парниковых газов в атмосферу в РМ в период 1990-2013».

Доклад В.П. Берзана на тему: «STRATEGIA DE DEZVOLTARE CU EMISII REDUSE A REPUBLICII MOLDOVA PÎNĂ ÎN ANUL 2030».

5 мая 2016. Участие в рабочей группе Министерства экологии (координатор Борщ Мария) по подготовке Раздела по энергетике для Национального Инвентаря по выбросам загрязняющих веществ по методологии ЕМЕР-2013. Участвовали Быкова Е.В., Кириллова Т.И. Тема - постановка работы для последующего года, обсуждение трудностей при работе, встреча с сотрудниками Экологического фонда.

25-27 мая 2016. «Возобновляемые источники энергии - потенциал, достижения, перспективы», 3 международный семинар экспертов, Минск, 25-27 мая 2016, с.50-58. Доклад Быковой Е.В. на тему «Разработка индикаторов энергетической безопасности для описания сектора ВИЭ».

24 - 25 мая 2016. Юбилейная 10 Международная научно-техническая конференция «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», ВИЭСХ, 24 - 25 мая 2016 г. Россия, г. Москва. Доклад 72. Секция 4. БЫКОВА, Е.В, КИРИЛЛОВА, Т.И. Анализ влияния прироста потребления биомассы на общие выбросы загрязняющих веществ. Участие заочное, со статьей.

Июнь

12- 16 June 2016. WEC CENTRAL & EASTERN EUROPE REGIONAL ENERGY FORUM – FOREN 2016. 12-16 June 2016, Vox Maris Grand Resort, Costinesti, Romania. Masa rotundă. POSTOLATI, V., BERZAN, V. Particularități ale regimului sistemului electroenergetic al republicii Moldova la realizarea interconexiunii cu România. С докладами выступили Постолатий В.М. и Берзан В.П.

20-22 iunie 2016. Seminarul de instruire în domeniul inventarierii emisiilor de gaze cu efect de seră – însușirea instrumentului de calcul pentru Ghidul IPCC 2006, sectoarele energie, procese industriale și utilizarea produselor, deșeuri. Участвовали БЫКОВА Е.В, КИРИЛЛОВА Т.И., МОРАРУ Л.П.

Июль

15 июля 2016. Постолатий В.М., Берзан В.П. Выступления на совещании по проблеме ТЭЦ-1 в Министерстве экономики.

22 июля 2016. Выступление на телевидении в прямом эфире в Программе «ACCENT» Берзана В.П., Постолатия В.М. и Комарова А.С.

Август

Представлен совместный доклад по УСВЛ (Молдова - Россия) на СИГРЭ, Париж, Франция. С докладом выступила Карева С.Н.

Сентябрь

3 международная конференция INTERNATIONAL CONFERENCE “ENERGY OF MOLDOVA – 2016. REGIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT” 29 September – 01 October, 2016 - Chisinau, Republic of Moldova. С докладами выступили Постолатий В.М., Быкова Е.В., Берзан В.П. по материалам подготовленных статей в области управляемых электропередач, энергетической безопасности и других.

20 сентября 2016 участие Постолатия В.М., Берзана В.П., Бабича В.М в Круглом столе в Примэрии г. Кишинева по поводу ТЭЦ-1. Телепередача состоялась в прямом эфире.

22 сентября 2016. Международный семинар по Стратегии развития Дунайского бассейна “Ziua Națională de Participare a Strategiei UE pentru regiunea Dunării pentru Societatea Civilă (SUERD) din Republica Moldova”. Принимали участие Быкова Е.В., Кириллова Т.И.

23 сентября 2016. Участие сотрудников лаборатории в мероприятии «Ночь науки». Представлен экспонат «Карта ВИЭ в Молдове», подготовленный на основе собранного электронного каталога возобновляемых источников в период 2013-2016. Участвовали в работах Быкова ЕВ, Кириллова ТИ, Чиник МА, Шпак НС. В изготовлении экспоната принял участие Бурчу В.И.

Октябрь

26 октября семинар в Институте экономике, организованный по инициативе Постолатия ВМ на тему тарифов в энергетике и межотраслевых балансов. С докладом выступил Постолатий ВМ.

25 octombrie 2016. BOSNEAGA V.A. Participarea in lucrarile platformei S2B (Science to business), consacrate interactiunei dintre mediul de afaceri si cercetare stiintifica.

28 октября 2016 встреча в Национальном бюро статистики и выступления Постолатия В М и Гродецкого М.В. по теме «Межотраслевые балансы в РМ»

Ноябрь

3-4 ноября 2016 г. Международная научно-практическая конференция "Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины". Институт энергетике и компьютерных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Доклад Быковой Е.В. на тему: «Методология и мониторинг энергетической безопасности».

8 ноября 2016. Участие Постолатия В.М. и Берзана В.П. в Научно-техническом Совете ГП «Молдэлектрика» по теме вставки постоянного тока и развития сетей (выступления).

15 ноября 2016. Совещание в Бельцких электросетях по опыту работы УСВЛ-110 кВ Бельцы-Беличены. Участвовал Постолатий В. М.

16 ноября 2016. Семинар в НБС по представлению нового статистического документа «Обследование домашних хозяйств» - участие Быковой Е.В., Кирилловой Т.И.

26 ноября 2016. Семинар в Офисе по Изменению климата по представлению 2 BUR- участие Быковой Е.В.

22 декабря 2016. Семинар в Офисе по Изменению климата по представлению первичных данных предприятиями энергетике и экономики – участие Быковой Е.В.

Раздел 9
Страницы сотрудников
лаборатории управляемых
электропередач

Постолатий Виталий Михайлович



Заведующий лабораторией управляемых электропередач Института энергетики АН Молдовы, начиная с 1972 года и на настоящий момент.

Тел.: (+373-22) 73-53-88, e-mail: vpostolati@rambler.ru

Доктор-хабилитат технических наук (1988), член-корреспондент Академии наук Республики Молдова (1992), академик Академии наук Молдовы (2007).

Образование

Постолатий Виталий Михайлович родился 19 июля 1937 г.. Окончил в 1956 г. техникум механизации и электрификации сельского хозяйства в г. Сороки Молдавской ССР (факультет электрификации);

В 1961 г. окончил Институт механизации и электрификации сельского хозяйства (факультет электрификации) в г. Мелитополе на Украине, в настоящее время Таврийский Государственный Агротехнологический Университет;

В 1966 -68 г. учился в аспирантуре Отдела энергетической кибернетики Академии наук МССР и был прикомандирован к кафедре электрических систем Московского энергетического института.

В 1969 г. в Московском энергетическом институте защитил кандидатскую диссертацию на тему « Исследование режимов полуразомкнутых управляемых электропередач».

В 1988 защитил докторскую (хабилитат) диссертацию в Институте электродинамики Национальной Академии наук Украины в г. Киеве на тему «Теоретические основы и принципы создания управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий электропередачи».

С 1992- член-корреспондент Академии наук Республики Молдова;

С 2007-академик Академии наук Молдовы.

Работа

В 1961 г. был направлен на работу в качестве мастера районных распределительных электрических сетей в г. Страшены Молдавской ССР. В период с 1963 по 1966 г.г. работал в поселке Днестровске Тираспольского района в Молдавии на строительстве и эксплуатации Молдавской ГРЭС в качестве начальника смены электроцеха электростанции. В 1966 г. поступил в аспирантуру Отдела энергетической кибернетики Академии наук МССР и был прикомандирован к кафедре электрических

систем Московского энергетического института. Аспирантуру закончил в 1968 г. и в 1969 г. в Московском энергетическом институте защитил кандидатскую диссертацию. В этом же году был направлен в Отдел энергетической кибернетики Академии наук МССР, где работал младшим научным сотрудником (1968-1969), ученым секретарем (1969-1973), заведующим лабораторией (с 1972 по настоящее время), заведующим Отделом энергетической кибернетики (1981-1986), затем его директором (1986-1990) а с 1991 г. директором Института энергетики Академии наук Молдовы. В этой должности проработал в период до 1994 г., а затем с 2004 г. был снова назначен на эту должность. В качестве директора Института энергетики работал по март 2010 г. В настоящее время исполняет обязанности заведующего лабораторией управляемых электропередач. Докторскую диссертацию защитил в 1988 г. в Институте электродинамики Академии наук Украины в г. Киеве. В 1997 г. решением Правительства был назначен на должность заместителя генерального директора Департамента энергетики и топливно-энергетических ресурсов Республики Молдова. В данном качестве работал до 1998 г. В указанный период был представителем от Республики Молдова в Черноморском Центре Энергетических исследований (BSREC) в Болгарии в г. Софии, и в Черноморском Экономическом Сотрудничестве в г. Стамбуле в Турции.

Научные интересы

Направление научных исследований связано с решением проблем электроэнергетики, общей энергетики, электрических систем и электростанций, транспорта и распределения электроэнергии, экономики энергетики, экологии и энергетической безопасности.

На основании проведенных исследований В.М. Постолатием предложен новый тип электропередач переменного тока, получивших название компактных управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий электропередач (УСВЛ), которые по сравнению с обычными обладают на 20-40 % большей пропускной способностью, обеспечивают улучшение режимные характеристики и оказывают сниженное экологическое влияние.

Выполнен большой комплекс теоретических и экспериментальных исследований и разработок УСВЛ различных классов напряжений – от 10 кВ до 1150 кВ. В Молдавской энергосистеме внедрены и находятся в эксплуатации более 600 км линий данного типа напряжением 10-110 кВ.

На предложенные линии электропередач в период 1966-1982 г.г. получено 28 авторских свидетельств на изобретения и 21 зарубежный патент, в том числе патенты США, Англии, Франции, Германии, Канады, Швеции и Японии.

Исследования в области управляемых электропередач в последние годы отнесены к направлению создания гибких электропередач.

В 1992 г при участии Постолатия В.М. разработана Программа развития энергетики Республики Молдова до 2010 г., а в 1995-1998 г.г. схема размещения новых электростанций на территории Молдовы, предложенных к строительству на базе современных установок комбинированной выработки электрической и тепловой энергии (ПГУ и ГТУ). В 2000 г. По его инициативе начато новое направление работ в области энергетической безопасности Республики Молдова. Разработаны варианты развития межсистемных высоковольтных связей энергосистемы Молдовы с энергосистемами соседних стран, а также схемы формирования объединенных энергосистем на базе управляемых электропередач повышенной пропускной способности.

В настоящее время научные интересы Постолатия В.М. находятся в области исследования и анализа общих проблем энергетики, в области применения современных технологий производства электрической и тепловой энергии; новых средств передачи и

распределения электрической энергии- управляемых линий электропередачи ; методологии расчета и мониторинга индикаторов энергетической безопасности страны (региона); обоснования энергетических балансов и перспектив развития энергетики, математического моделирования процессов в энергетике

Публикации

Постолатием В.М. опубликовано более 350 научных работ в стране и за рубежом, в том числе 8 монографий, получено 28 авторских свидетельств и 21 зарубежный патент.

Ряд статей опубликовано в сборниках трудов и в виде докладов конференций, республиканских и международных.

В области управляемых электропередач Постолатием В.М. создана новая научная школа. Защищено в этой области 28 кандидатских и докторских диссертации, по 6-ти из которых В.М. Постолатий был научным руководителем.

Участвовал более чем в 150 международных и республиканских конференциях, на которых выступал с научными докладами, принимал участие в выставках, опубликовал ряд статей в прессе. Являлся редактором тематического сборника «Управляемые электропередачи» (издано 20 сборников),

В настоящее время – заместитель главного редактора журнала „Problemele energeticii Regionale”, выпуск которого организован в 2005 г. в Институте энергетики, член редакционной коллегии научного и информационно-аналитического экономического журнала «Экономика региона», издаваемого Отделением общественных наук и Уральским отделением Российской академии наук (с 2004 г), журнала «Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК», Украина (с 2016).

Был председателем специализированного Совета по защите кандидатских и докторских диссертаций, членом экспертной комиссии и Президиума ВАК Молдовы (1998-2004 г.г.), ряд лет является председателем Государственных комиссий по защите дипломных работ. Имя Постолатия В.М. занесено в Золотую книгу Академии наук Молдовы. Постолатий В.М. награжден двумя Грамотами Президиума Верховного Совета Республики Молдова, удостоен звания Государственный Советник Республики Молдова 1 ранга, награжден медалью «За трудовое отличие», медалью «Dimitrie Cantemir», медалью к 60-летию АНМ, медалью к 70-летию АНМ.

Участие в национальных проектах

В.М. Постолатий принимал участие в следующих проектах:

1. Ministerul economiei al Republicii Moldova Institutul național de Economie și Informație cercetări științifice pe tema 01.18.06 .9 „Elaborarea recomandărilor privind stimularea economisirii resurselor energetice și majorarea eficienței energetice în economia națională”- 2003.
2. Ministerul economiei al Republicii Moldova Institutul național de Economie și Informație cercetări științifice pe tema 01.18.06 «Studiu de evaluare a securității energetice a statului și conservării energiei în economia națională a Republicii Moldova”- 2004.
3. „Elaborarea și implementarea variantelor schemei de dezvoltare a rețelelor electrice de tensiune înaltă al sistemului energetic a Moldovei între nodurile Strășeni 330 kV – Bălți 330 kV – Șoldănești 110 kV, АИТТ, 2008.
4. „Implementarea captatoarelor solare pentru încălzirea apei (băi obștești, case particulare sau cabine mobile)”. АИТТ, 2008-2009.

5. «Научные основы анализа и мониторинга энергетической безопасности Молдовы и Беларуси и разработка практических рекомендаций по ее повышению» . Фонд фундаментальных исследований Молдовы и Беларуси, 2008-2009.
6. Внедрение солнечных коллекторов для нагрева воды (общественные бани, частные дома, или мобильные душевые), 2008.
7. «Fundamentarea cerințelor pentru rețelele de gaze ale SA „Moldovagaz” și dezvoltării lor complementare în scopul extragerii eficiente a potențialului de gaze naturale din depozitele de stocare subterană a gazelor, care pot fi create în subsolul Republicii Moldova», 2012
8. «Выявление мест возможного расположения подземных газовых хранилищ на территории РМ и определение потребностей в ПХГ и возможностей их использования в газораспределительной структуре на территории РМ, определение предварительной оценки затрат на создание ПХГ и обустройство инфраструктуры ПХГ». Международный коллектив исполнителей : 1) Laborator Linii electrice dirijate IE ASM; 2) SRL « ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ», Moscova ; 3) Institutul de Geologie și Seismologie ASM.
9. Договорная работа по заказу руководства распределительных сетей г. Тирасполь, системы «Днестрэнерго» по теме «Исследование и расчет перенапряжений в кабельной распределительной сети микрорайона», 2012.
10. Договорная работа по заказу ТЭЦ-1 по анализу эффективности работы тТЭЦ-1 в сравнении с другими когенерационными источниками РМ, 2014.
11. Участие в ряде проектов по исследованию экологических аспектов энергетики.

В. М. Постолатий принимал участие в подготовке ряда документов, принятых на Государственном уровне:

1. Стратегия развития энергетики до 2010 г;
1. Стратегия развития энергетики до 2020г;
2. Закон о ВИЭ, 2007 г.
3. Программа по ВИЭ и ряд других документов.

Адрес : ул. Академией 5, MD-2028, Кишинев, Республика Молдова
Телефон: (+373-22) 72-70-40, 73-53-88. Факс: (+373-22) 73-53-82
vpostolati@rambler.ru

Бошняга Валерий Анатольевич



Институт энергетики АН Молдовы, лаборатория
управляемых электропередач, ведущий научный сотрудник,
д.т.н.
тел.: (+373-22) 73-74-94, (+373-79) 43-87-13
e-mail: valeriu.bosneaga@gmail.com

Научные интересы

Научные интересы лежат в области развития энергетического сектора, в частности, много времени посвящено исследованиям режимов электрических сетей и систем, в особенности несимметричных установившихся режимов, а также электромагнитных переходных процессов для электрических сетей с различными трансформаторными устройствами, в том числе со специальными схемами соединения обмоток, например с фазоповоротными трансформаторами. Большое внимание было уделено разработке методики моделирования трансформаторных устройств на основе уравнений приведенного трансформатора, содержащих парные сопротивления короткого замыкания обмоток, которые легко могут получены на основе паспортных данных трансформатора. При этом используются современные существующие программные средства и самостоятельно разработанные программы; в частности, американско-канадская программа для расчета электромагнитных переходных процессов EMTP (АТР), широко распространенный пакет МАТЛАБ для расчетов и моделирования различных процессов.

Разработки

Из разработанных программ хотелось бы отметить программу для расчета установившихся несимметричных режимов участка электрической сети, содержащего трансформаторные устройства. В качестве трансформаторных устройств могут быть включены также автотрансформаторы, в том числе с вольтодобавочными регулировочными трансформаторами, фазоповоротные трансформаторы и вообще трансформаторные устройства с любыми схемами соединения обмоток, при условии их исполнения в виде трехфазной группы однофазных трансформаторов. Могут быть учтены несимметрии, вызванные питающими напряжениями, неодинаковыми параметрами фаз, неодинаковыми положениями регулирующих устройств в фазах, а также любые несимметрии схемного характера – неполнофазные режимы, короткие замыкания.

Образование

Аспирантура при Институте энергетики АНМ. Кандидат технических наук по специальности 05.14.02 - «Электрические сети и системы и управление ими», Академия наук Украины, Институт электродинамики.

Инженер-электрик, Кишиневский политехнический институт, электрофизический факультет, специальность – автоматика и телемеханика. Свободное владение английским и румынским языками.

Публикации

Полный список научных публикаций включает более 100 научных статей в местных и международных изданиях, научные отчеты, доклады на научных конференциях и симпозиумах, патенты и авторские свидетельства на изобретения.

Быкова Елена Витальевна



Ведущий научный сотрудник Института энергетики АН Молдовы, лаборатория управляемых электропередач, д.т.н.
тел.: (+373-22) 73-53-88, 73-74-94, e-mail: elena-bicova@rambler.ru

Научные интересы

Профессиональные интересы находятся в области исследования и анализа общих проблем энергетики, методологии расчета и мониторинга индикаторов энергетической безопасности страны (региона) при учете их вклада в экономическую безопасность; в области применения современных технологий производства электрической и тепловой энергии; новых средств передачи и распределения электрической энергии- управляемых линий электропередачи; методов расчета и мониторинга эмиссий газов с парниковым эффектом в атмосферу, обоснования энергетических балансов и перспектив развития энергетики, математического моделирования процессов в энергетике

Разработки

Разработка методов расчета и анализа индикаторов энергетической безопасности для условий энергетической системы и энергетического комплекса Республики Молдова как нового направления исследований. Предложен новый метод определения пороговых значений индикаторов энергетической безопасности, названный методом функциональных взаимосвязей и позволяющий аналитическим путем вычислить кризисные величины индикаторов в зависимости от главного параметра экономики, в качестве которого рассмотрен ВВП.

Образование

Доктор технических наук по специальности 05.14.02, Институт энергетики АНМ, 2003 г.
Инженер-электрик по специальности «Электрические сети и системы»
Электроэнергетический факультет Московского энергетического института, 1985.

Публикации

Автор более 150 научных публикаций, 3 монографий, соавтор в 2 монографиях по тематике энергетической безопасности. Принимала участие в подготовке глав по энергетическому сектору в ряде изданий по экологии.

Гродецкий Михаил Викторович



тел.: (+373-22) 73-53-88, 73-74-94, e-mail: grod35@mail.ru

Научный сотрудник Лаборатории управляемых электропередач Института энергетики АН Молдовы

Общие сведения о профессиональной подготовке

инженер-электрик, окончил Чешский политехнический институт в Праге в 1958 году по специальности «Автоматика и измерительная техника»

Научные интересы

Исследование режимов электроэнергетических систем, моделирование развития и оптимизация развития энергетических систем, компьютерное моделирование и разработка программных модулей для расчета режимов электроэнергетических систем, системы для прогнозирования и анализа индикаторов энергетической безопасности, для моделирования процессов в экономике

Работа

В настоящее время Гродецкий М.В. принимает участие в исследованиях и разработках по тематике:

SISTEME ENERGETICE, SURSE ALTERNATIVE DE ENERGIE, PRELUCRAREA ȘI UTILIZAREA EFICIENTĂ A ENERGIEI

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ

MODELE, METODE DE CALCUL ȘI ANALIZĂ ÎNTRU PROMOVAREA DEZVOLTĂRII DURABILE A COMPLEXULUI ENERGETIC ȘI SPORIRII SECURITĂȚII ENERGETICE

М.В. Гродецкий плодотворно работает в Институте энергетики более 50 лет.

Неоднократно награжден Грамотами за научные результаты, за разработку компьютерных программ для моделирования процессов в энергетике. М.В. Гродецкий имеет выдающиеся спортивные результаты и награжден множеством медалей за ежегодное участие в марафонских забегах на 3, 5, 10, 40 км.



Бабич Владимир Михайлович



Научный сотрудник лаборатории управляемых электропередач Института энергетики АНМ, инженер-теплоэнергетик.

Образование

Закончил Львовский политехнический институт в 1970 году.

Работа

Работал в системе предприятий теплоэнергетики «Молдглавэнерго» и в Республиканском производственном объединении «Теплокоммунэнерго» Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики в качестве ведущего специалиста по централизованным системам теплоснабжения. В настоящее время - научный сотрудник Института Энергетики Академии наук Республики Молдова.

Научные интересы:

Системы централизованного теплоснабжения, энергетическая эффективность и энергосбережение, когенерация.



Голуб Ирина Владимировна



Научный сотрудник Института энергетики АН Молдовы, лаборатория управляемых электропередач, тел.: (+373-22) 73-53-88, 73-74-94

Общие сведения о профессиональной подготовке

Имеет высшее образование по специальности 05.09.01 - «Электроснабжение промышленных предприятий и городов», с 2012- сертификат аудитора

Научные интересы

Исследование режимов электроэнергетических систем, управляемые электропередачи, расчеты параметров ВЛ повышенной пропускной способности, моделирование развития энергосистем

Работа

Голуб И.В. принимает участие в исследованиях и разработках по темам:

Factorii de influență asupra pieței energetice din republică și monitorizarea evoluției indicilor securității energetice în condițiile curente reale și funcționarea sistemului electroenergetic în contextul extinderii interconexiunilor și dezvoltării rețelelor electrice.

Modele, metode de calcul și analiză întru promovarea dezvoltării durabile a complexului energetic și sporirii securității energetice

Участие в конференциях, семинарах, Круглых столах:

2005 Конференция «Энергетика Молдовы-2005» 21-24 сентября

2006 8 июня 2006 Семинар ИЭ АНМ , посвященный 60-летию АНМ и 40-летию ИЭ

10 ноября 2006 семинар ИЭ ко дню науки.

2007 8 февраля - Круглый стол по ВИЭ «СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА ДО 2010 гг. И НА БОЛЕЕ ОТДАЛЕННУЮ ПЕРСПЕКТИВУ»

27 апреля - Круглый стол «Стратегия развития энергетики Молдова»

2008 15 марта - Круглый стол на Молдэкспо «Биотопливо Молдовы: достижения и перспективы»

2010 17 martie 2010. Expoziția a 14 “Moldenergy”. Masa rotundă la MoldExpo «Омические преобразователи и устройства для измерения напряжений 6,3-35 кВ переменного тока». Organizator – IE AȘM

2012 Конференция «Энергетика Молдовы-2012», 4-6 октября 2012, Кишинев

2016 Конференция «Энергетика Молдовы-2016», 29-30 сентября, 1 октября 2016, Кишинев

Публикации

Голуб И.В. является автором и соавтором более чем в 20 научных публикациях. Имеет награждения за достигнутые научные результаты.

Кириллова Татьяна Исаковна



Научный сотрудник Института энергетики АН Молдовы, лаборатория управляемых электропередач, тел.: (+373-22) 73-53-88, 73-74-94

Образование

Родилась в 1965 году в городе Витебск Белорусской ССР. Закончила среднюю школу №1 города Житковичи Белорусской ССР (1983 год); Тираспольский Государственный университет, факультет физики и математики (1997 год).

С 2001 по настоящее время работает в лаборатории управляемых электропередач Института энергетики АН Молдовы, в должности научного сотрудника.

Область научных интересов

Моделирование развития энергетических систем, энергетическая безопасность, экологическая безопасность, оценка эмиссий парниковых газов, оценка выбросов загрязняющих веществ от энергетического сектора

Основные научные работы

1. Быкова Е.В., Кириллова Т.И. Анализ структуры генерирующих мощностей Молдавской энергосистемы с позиций энергетической безопасности. Сборник Трудов Конференции «Энергетика Молдовы», 2005, с. 162-167.
2. Е.В. Быкова, Т.И. Кириллова. Текущее состояние и перспективы развития ВИЭ Сборник трудов II Международного семинара "Возобновляемые источники энергии: потенциал, достижения, перспективы", 3-4 декабря 2013, г. Минск.
3. Быкова Е., Царану М., Гуцу В; Т.И. Кириллова, Т.И. *Анализ эмиссий в атмосферу при сжигании топлива в бытовом секторе Молдовы*. Москва, ВИЭСХ, Сборник трудов XI Международной ежегодной конференции «Возобновляемая и малая энергетика - 2014», 27 – 28 мая 2014 года.
4. Е.В. Быкова, Т.И. Кириллова. Анализ выбросов NOX, CO, NMVOC от сжигания топлива в коммерческом и институциональном секторе Молдовы с использованием разных подходов. Сборник трудов 8 международной конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, 27-29 мая 2015 г. с.348-353
5. National Inventory Report Greenhouse Gas Sources and Sinks in the Republic of Moldova 1990-2013 Submission to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Chapter 3 Elena Bicova, V.Postolati, T.Kirillova, L. Moraru and etc. Chisinau : S. n., 2015 (Tipogr. "Bons Offices"). – 419 p.
6. *Анализ влияния прироста потребления биомассы на общие выбросы загрязняющих веществ*. Сборник трудов X Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», ВИЭСХ, 24 - 25 мая 2016 г, Москва, Быкова Е., Царану М., Кириллова Т., Гуцу В..

Награждения

1. Грамота Института энергетики, 2007
2. Бронзовая медаль за работы в области энергетической безопасности на выставке Ромэкспо, 2010, Румыния
3. Inventory Awards 2017 best small country IIR (Republic of Moldova)

Суслов Виктор Миронович



Научный сотрудник лаборатории управляемых электропередач Института энергетики АНМ Тел. (+37322) 73 74 94

Общие сведения о профессиональной подготовке

В 1972 году закончил Кишиневский политехнический институт по специальности 05.09.01 «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

Научные интересы

Суслов В.М. принимает участие в исследованиях и разработках по тематике «Обобщение теории и разработки методов расчета управляемых многоцепных управляемых электропередач переменного тока повышенной пропускной способности». Суслов В.М. владеет навыками квалифицированного программиста. Является автором и соавтором ряда научных статей и имеет свидетельство на изобретение.

Работы

Суслов В.М. принимал участие в ряде работ по управляемым электропередачам. Среди них можно отметить следующие:

1. Исследование распределения электрического и магнитного полей многоцепных линий электропередач повышенной пропускной способности в окружающем пространстве с учетом провисания ее фазных проводов;
2. Исследование среднегодовых потерь на корону для многоцепных линий электропередачи повышенной пропускной способности;
3. Исследование характеристик защиты от атмосферных (грозовых) перенапряжений линий класса 110-330 кВ;
4. Обоснование схем замещения для симметричных режимов управляемых самокомпенсирующихся воздушных линий и важнейших элементов управляемой электропередачи – фазорегуляторов;
5. Разработка математической модели, определяющей интегральный суммарный поток вектора мощности линии для оптимизации конструкции ЛЭП по различным заданным критериям. Модель разработана для случаев трехфазной ЛЭП и многофазных, многопроводных ЛЭП

Участие в проектах

1. Elaborarea și implementarea variantelor schemei de dezvoltare a rețelor electrice de tensiune înaltă al sistemului energetic a Moldovei între nodurile Strășeni 330 Bălți 330 Șoldanești 110 kV «ÎE Moldelectrică» (по ЛЭП), 2008
2. 2011 – 2012. Проект с АО «Молдовагаз» и Институтом геологии и сейсмологии АНМ : STUDIU GEOLOGO-GEOFIZIC AL TERITORIULUI DE SUD AL REPUBLICII MOLDOVA ÎN SCOPUL EVIDENȚIERII STRUCTURILOR LOCALE POSIBILE PENTRU CREAREA REZERVOARELOR DE GAZE NATURALE.
3. Участие в работе с «Днестрэнерго» на тему «Исследование и расчет перенапряжений в кабельной распределительной сети микрорайона», 2012

Публикации

Суслов В.М. является автором и соавтором более чем в 100 публикациях ЛУЭП

Чиник Мария Андреевна



Ведущий инженер лаборатории управляемых электропередач Института энергетики АН Молдовы, стаж работы более 40 лет

Общие сведения о профессиональной подготовке.

Имеет высшее образование по специальности «Математика»

Научные интересы

Исследование режимов электроэнергетических систем, моделирование развития и оптимизация развития энергетических систем, базы данных в области энергетики и энергетической безопасности, экономической безопасности

Работа

Чиник М.А. принимала участие в исследованиях и разработках по темам:
SISTEME ENERGETICE, SURSE ALTERNATIVE DE ENERGIE, PRELUCRAREA ŞI UTILIZAREA EFICIENTĂ A ENERGIEI
MODELAREA CORELAȚIILOR INDICATORILOR SECURITĂȚII ENERGETICE CU INDICATORII ECONOMIEI
MODELE, METODE DE CALCUL ŞI ANALIZĂ ÎNTRU PROMOVAREA DEZVOLTĂRII DURABILE A COMPLEXULUI ENERGETIC ŞI SPORIRII SECURITĂȚII ENERGETICE

Награждения

Чиник М.А. награждена множеством Грамот за безупречный труд, в том числе за период 2006-2016 :

1. Награждена грамотой Отделения точных наук к 60-летию АНМ, 2006
2. Награждена Грамотой Института энергетики, 2007
3. Получена бронзовая медаль на имена Быковой Е.В, Постолатия В.М, Кирилловой Т.И, Чиник М.А, Гродецкого М.В.. за работы в области энергетической безопасности на выставке Ромэкспо, 2010, Румыния
4. Награждена Почетной Грамотой Института энергетики АНМ за работы в области режимов электроэнергетических систем, в области энергетической безопасности и к 75-летию Юбилею



Бурунчук Тамара Васильевна



Сотрудница лаборатории управляемых электропередач Института энергетики АН Молдовы, специалист компьютерного набора и в области делопроизводства, тел.: (+373-22) 73-53-88, 73-74-94

Работа

Бурунчук Т.В. в настоящее время выполняет печатные, графические и другие оформительские работы в лаборатории, в Институте энергетики, участвует в решении организационных вопросов.

Бурунчук Т.В. участвует в подготовке электронных версий документов лаборатории, отчетов, статей, презентаций. Выполнила компьютерный набор рукописей для 10 монографий, более чем 100 научных статей сотрудников лаборатории с общим количеством более 2200 страниц печатного материала, оформила большое количество графиков, рисунков, диаграмм и таблиц. Все научно-технические отчеты лаборатории за период 2000-2017 гг, статьи и доклады оформлялись на ЭВМ с компьютерным набором, выполненным Т.В. Бурунчук.

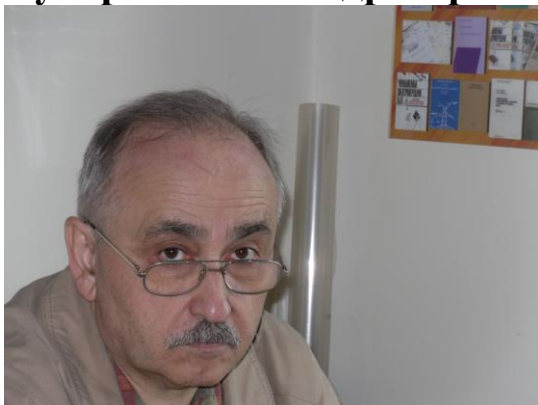
Наиболее крупными отпечатанными работами являются монографии:

- монографии «Анализ состояния энергетического комплекса Республики Молдова и пути обеспечения энергетической безопасности» (170 страниц), 2001;
- монографии «Методы расчета и анализ показателей энергетической безопасности» (160 страниц), 2005;
- буклета «Лаборатория управляемых электропередач ИЭ АНМ» (60 страниц), 2006;
- буклета «Институт энергетики АНМ», (70 страниц), 2006;
- монографии «Энергетика в экономике Республики Молдова», 2007;
- монографии «Мониторинг показателей энергетической безопасности» (160 страниц), 2008;
- сборника «Труды ЛУЭП к 35-летию образования лаборатории» (234 страницы), 2008;
- монографии «Научная школа в области управляемых электропередач» (200 страниц), 2012;
- сборника «Труды ЛУЭП к 45-летию образования лаборатории» (254 страницы), 2017;
- монографии «Компактные управляемые самокомпенсирующиеся высоковольтные линии электропередачи переменного тока» (700 страниц), 2017.

Награждения

Т.В. Бурунчук неоднократно награждена Грамотами Института энергетики за добросовестный труд и тщательную подготовку материалов к публикациям.

Суворов Александр Сергеевич



Институт энергетики АН Молдовы, лаборатория управляемых электропередач (ЛУЭП)
Ведущий инженер – электрик (с 1.07.2015)

Адрес: MD-2028, Республика Молдова, мун. Кишинёв, ул. Академией, 5.
тел.: (+373-22) 73-74-94, (+373-67) 23-53-20, E-mail: alexsuv@gmail.com

Научные интересы

Профессиональные интересы:

- радиоэлектронные устройства, в т.ч. радиоэлектронные устройства моделирования процессов в энергетике. Разработка, эксплуатация и усовершенствование;
- патентование в части выявления и оформления изобретений, критериев охраноспособности изобретений применительно к радиоэлектронной схемотехнике.

Разработки

В настоящее время проводится разработка электронного генератора трёхфазного синусоидального напряжения (ЭГ ТСН) для создания стенда для исследования макетов устройств объединения энергосистем переменного тока. В связи с актуальностью задачи объединения несинхронно работающих энергосистем переменного тока возникла необходимость проводить экспериментальное сравнение макетов устройств объединения энергосистем в различных вариантах их реализации. Соответственно, для удобства работы необходим стенд, позволяющий проводить экспериментальные исследования с указанными макетами устройств.

Образование

Патентовед ВОИР.

Молдавский общественный институт патентования при Республиканском совете ВОИР МССР (1.09.1987 – 22.06.1988).

Защитил дипломную работу на инициативную тему «Критерий «существенные отличия» и его использование в области радиоэлектронной схемотехники».

Диплом №87319 от 22.06.1988 с общей оценкой «отлично».

Инженер-электрик по специальности «Автоматика и телемеханика».

Электрофизический факультет Кишинёвского политехнического института (1.09.1972 – 1.07.1977). Диплом Я №254112 от 1.07.1977 с отличием.

Механик 4-го разряда по специальности «Механик по ремонту телевизоров и радиоприёмников».

Курсы при Республиканском Радиоклубе ДОСААФ МССР (1.09.1970 – 1.04.1972).

Свидетельство РС №459511 от 1.04.1972 с общей оценкой «отлично».

Публикации

Является автором 9 научных работ и 14 изобретений в областях неразрушающего контроля, радиоэлектронной схемотехники, медицины и энергетики (1973 – 2016).

Является автором 7 рационализаторских предложений в области эксплуатации мини- и микро-ЭВМ (1987 – 1988).

В области управляемых электропередач в 2016 году :

Постолатий В.М., Суворов А.С., Анисимов В.К. Стенд для исследования макетов устройств объединения энергосистем переменного тока, - В кн.: Conferința Internațională „Energetica Moldovei – 2016. Aspecte regionale de dezvoltare. Ediția III. 29 septembrie – 01 octombrie 2016, Chișinău, Republica Moldova”. Chișinău, 2016, с.249-252.

Апробация результатов исследований

Conferința Internațională „Energetica Moldovei – 2016. Aspecte regionale de dezvoltare. 29 septembrie – 01 octombrie 2016, Chișinău, Republica Moldova.

Стендовый доклад: Постолатий В.М., Суворов А.С., Анисимов В.К. «Стенд для исследования макетов устройств объединения энергосистем переменного тока».

Награждения

Нагрудный знак «Изобретатель СССР», 1987

Чалбаш Олег Халильевич



Старший научный сотрудник лаборатория управляемых электропередач, Институт энергетики АН Молдовы, Тел. (+373-22) 73-53-88, 73-53-86., e-mail: olegch0@yandex.ru

Образование

Николаевский кораблестроительный институт им. адмирала С.О.Макарова (Николаев, 1969-1975 гг.). Факультет – машиностроительный.

Очная аспирантура ВНИИ Системных исследований при АН СССР и ГКНТ СССР (Москва, 1981-1983 гг.). Специальность – математические методы управления и планирования.

Ученая степень – кандидат экономических наук.

Владение языками

Русский

Английский – свободное чтение специальной литературы (информационные технологии).

Турецкий – разговорный

Владение компьютерными технологиями

- Интегрированные среды разработки – Visual Studio.NET; Visual Studio VB6.
 - Технологии – ASP.NET, ADO.NET.
 - Технологии функционально-структурного моделирования (SADT-IDEF).
 - Базы данных – ACCESS; MSSQL-SERVER; MySQL.
 - Языки программирования – семейство VB и SQL.
 - CASE технологии. Интегрированная среда проектирования - Ration Rose Enterprise Edition. UML.
- Инструментальные среды проектирования – BPWin, ERWin.
Графические редакторы – Adobe Photoshop, Adobe Flash.

Научные интересы

Профессиональные интересы находятся в следующих областях:

- Математическое моделирование. Разработки численных математических методов и алгоритмов для моделирования процессов в различных предметных областях (в т. ч. в области управляемых электропередач).
- Системы управления солнечными энергетическими установками. Разработка численных методов и алгоритмов для управления двух- и трех координатными подвижными платформами для солнечных батарей (tracking system). Программирование микропроцессорных плат. Проектирование оптимальных кинематических схем для привода подвижных платформ.

- Разработка программных приложений (program applications) для реализации математических моделей.
- Разработка баз данных для программных приложений.

Разработки

Разработка математических моделей, численных методов, программных приложений, информационных систем и баз данных:

- Проект №1 (Институт виноградарства АНМ) «Разработка системы защиты растений», ИС «PROTECT». Разработка систем защиты многолетних насаждений от болезней и вредителей путем формирования оптимального состава препаратов, используемых на различных стадиях развития растений;
- Проект №2. (Пилотный проект) Разработка алгоритма формирования латинского квадрата 9-ой степени методом трансверсальных преобразований (игровая версия);
- Проект №3 (Вычислительный центр АНМ) «Научный потенциал республики Молдова». Разработка концепции WEB-портала. Разработка технического задания;
- Проект №4. (Вычислительный центр АНМ) «Автоматизированная система проектирования серверных баз данных»;
- Проект №5. (Пилотный проект) Автоматизированная система управления учебным процессом в ВУЗе «STUDY», (Автоматизация разработки учебного расписания), Разработка эвристического алгоритма автоматического формирования сетки учебного расписания ВУЗа;
- Проект №6 (Дистрибьюторская компания GU). Автоматизированная система комплектации оконной и дверной фурнитуры. WEB-портал «GU.md». Разработка алгоритма (на базе графов) системы комплектации фурнитурных компонентов для заданной конфигурации клиентского заказа. Разработка WEB-портала для выполнения заказов в режиме «on-line» (аналог интернет-магазина). Разработка серверной базы данных;
- Проект №7 (UNDP). «Информационно-вычислительная система статистической электронной отчетности». Разработка концепции ИС;
- Проект №8 (Компания «TrainingPortNet»). Разработка автоматизированной системы для поддержки экспертных решений в сфере безопасности полетов. Программное приложение для обработки экспертных оценок методами нечисловой статистики;
- Проект №9. (Пилотный проект). Разработка проектов двух- и трех координатных солнечных фотоэлектрических установок. Кинематическая схема, конструкция, система управления, экономические расчеты рентабельности и окупаемости проектов;
- Проект №10 (Институт энергетики АНМ). «Разработка численных методов и алгоритмов, базы данных и программного приложения для параметрического моделирования ВЛ».

Научные статьи

- Чалбаш О.Х. «Экономико-математическая модель расчетных цен на промежуточную продукцию районных АПК». – Известия АН МССР, №1, 1986. Серия физико-технических и математических наук. г. Кишинев, «Штиинца», 1986, с.5-10.
- Чалбаш О.Х., Кожухарь П.В. «Экономико-математическая модель планирования развития АПК административного района». – В сб.: «Моделирование и оптимизация в задачах планирования и управления»: Математические исследования. г.Кишинев, «Штиинца», 86, вып. 87, с.24-33.
- Чалбаш О.Х., Кожухарь П.В. «Машинная имитация процесса разработки плана районного АПК и адекватного ему хозяйственного механизма». – Тезисы Всесоюзной конференции по системам управления и средствам оптимизации в АПК. г.Кишинев, 10-12 ноября 1987, М.: 1988, с.46-52.
- Чалбаш О.Х. «Основы микроэкономического анализа рынка. Экономико-математические модели и алгоритмы». Учебно-методическое пособие. Современный Гуманитарный Институт; г. Кишинев, 2005 г., 58с.
- Чалбаш О.Х. «Современные средства проектирования информационных систем». Учебно-методическое пособие. Современный Гуманитарный Институт. Кишинев, 2006 г. 82с.
- Чалбаш О.Х. Шмугуров В.А. «Автоматизация учебного процесса. Эвристический алгоритм генерации матрицы расписания». Современный Гуманитарный Институт; г. Кишинев, 2006 г. 34с.
- Чалбаш О.Х. «Автоматизированная система проектирования баз данных». Современный Гуманитарный Институт; г. Кишинев, 2007 г. 74с.
- Чалбаш О.Х., Караганча Г.А. «Математическая модель выбора стратегий инвестиционной политики предприятия, позиционированного на олигополистическом рынке». 2009 г. 20с.
- Чалбаш О.Х., Гусликов В.М. «Программируемая графика». Славянский университет; г. Кишинев, 2009 г.
- Чалбаш О.Х., Кузнецов Е.А. «Солнечные фотоэлектрические и термоколлекторные станции на подвижных платформах». Институт математики и информатики. Международная конференция «Энергетика Молдовы -2016», с.572-576.

Челак Ирина Викторовна



E-mail: 15131610@mail.ru;

Образование

- 2013 г.- Сертификат аудитора, Агентство по энергетической эффективности Республики Молдова
- 2009 – 2011 гг., Технический Университет Молдовы, Энергетический факультет, департамент Теплоэнергетики и Менеджмента в Энергетике, Цикл II, Магистратура
- 2004 -2009 гг., Технический Университет Молдовы, Энергетический факультет, специальность Инженерия и менеджмент в энергетике, Цикл I
- 1993-2004 гг., Теоретический лицей им. 'Василе Александри', мун. Бэлць

Работа

- Институт энергетики АН Молдовы, лаборатория управляемых электропередач
- АО «Термоком», инженер, производственно – техническая служба
- АО «Термоком», инспектор, отдел кадров
- ПИК «Red Union Fenosa» АО, технический оператор, коммерческий отдел
- ПИК «Red Union Fenosa» АО, практика, департамент закупок
- ТЭЦ-1, практика.

Сертификаты и Дипломы:

- Курсы системы менеджмента качества
- Курсы управления и организации предприятия
- Бухгалтерский учет, анализ и аудит
- Аудитор в области энергетики
- Курсы систем менеджмента качества по ISO 9001:2008 и ISO 19011:2004'

Иностранные языки

Румынский, русский, украинский и английский

Научные интересы

Научные интересы включают исследование экономических процессов, вопросов экономической безопасности, баз данных по макроэкономическим показателям, топливно-энергетических балансов, индикаторов энергетической и экономической безопасности.

Радилов Федор Владимирович

Научные интересы

Область научных интересов: энергетические системы, управляемые линии электропередач переменного тока повышенной пропускной способности, проблемы передачи энергии, режимы энергетических систем, переходные электромеханические процессы, электрические станции, вопросы теплоснабжения городов, теплоэнергетика.

Работа

Параллельно с исследовательской работой ведет преподавательскую деятельность в Политехническом Университете, разработал курсы лекций по электромеханическим переходным процессам, по фазорегулирующим устройствам, имеет ряд публикаций по указанной тематике

Калошин Даниил Николаевич

Научные интересы

Энергетические системы, управляемые линии электропередач переменного тока повышенной пропускной способности, фазорегулирующие устройства, режимы энергетических систем, электрические станции

Параллельно с исследовательской работой ведет преподавательскую деятельность в Тираспольском Университете.

Публикации

КИОРСАК, М. В., КАЛОШИН, Д. Н., АЛПАЦКИЙ, А. В. «Исследование влияния несинусоидальности кривых тока и напряжения на активную и внутреннюю индуктивность проводов ЛЭП»; ж-л «Вестник ПГУ им. Т. Г. Шевченко» 2014 ежегодное издание ISBN: нет; с. 107-109.

КАЛОШИН, Д. Н., ТУРТУРИКА, Н. Н. «Математический анализ несинусоидальных режимов на основе реальных осциллограмм»; ж-л «Вестник ПГУ им. Т. Г. Шевченко» 2014 ежегодное издание ISBN: нет; с. 111-113.

КАЛОШИН, Д. Н., ДОБРОВОЛЬСКАЯ, О. М. «Проблемы подготовки бакалавров электроэнергетического профиля»; ж-л «Вестник ПГУ им. Т. Г. Шевченко» 2014 ежегодное издание ISBN: нет; с. 123-125.

КАЛОШИН, Д. Н., КОШЛЯК, И. В. «*Электроэнергетические системы*»; *Методическое учебное пособие по курсовому проектированию* 2014; ISBN: нет; 80 с..

Туртурика Александр Иванович

Научные интересы

Область научных интересов: энергетические системы, управляемые линии электропередач переменного тока повышенной пропускной способности, режимы энергетических систем, моделирование электрических систем, газовые сети и их оборудование

Работа

Выполнил магистерскую работу в 2014 году по тематике энергетической безопасности, соавтор в 2 опубликованных статьях.

Раздел 11

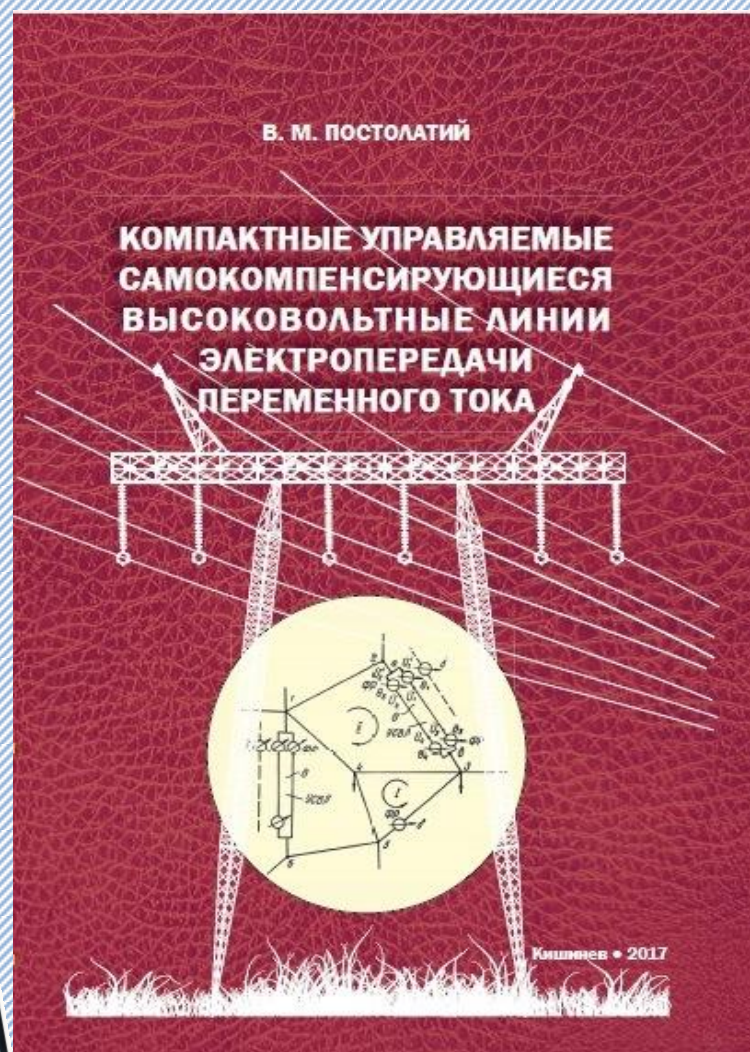
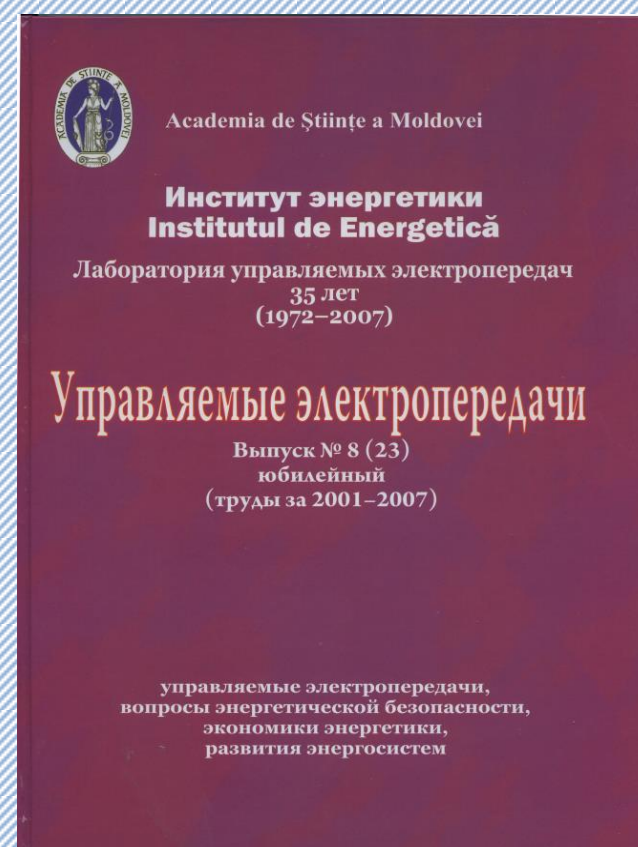
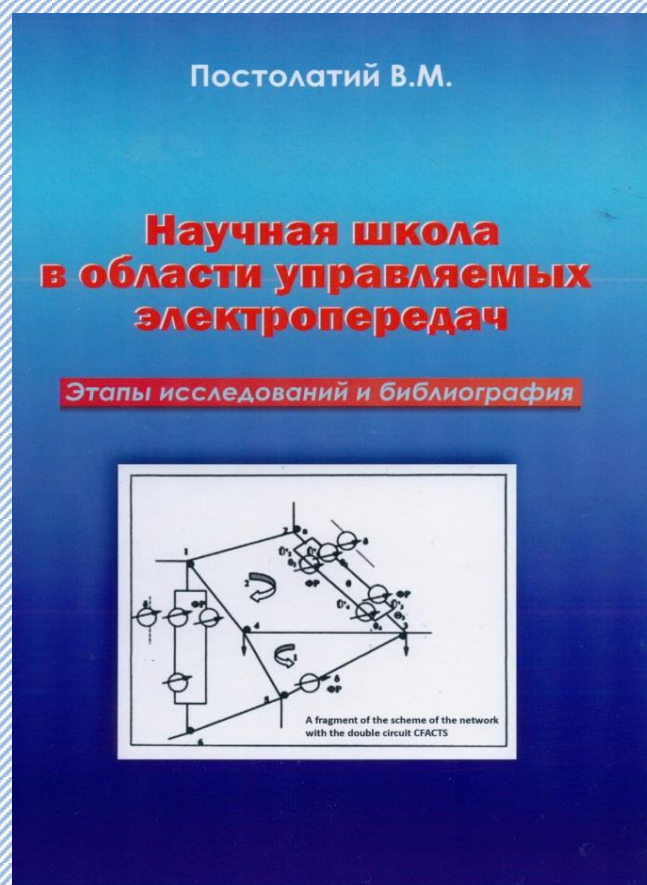
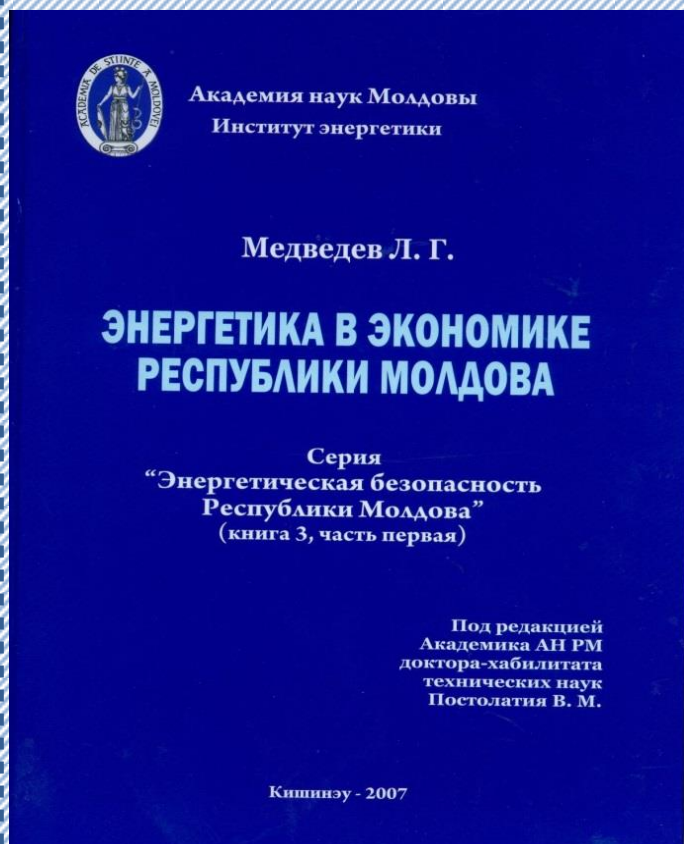
Фотоиллюстрации

Семинары, события, встречи

Academia de Științe a Moldovei

INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

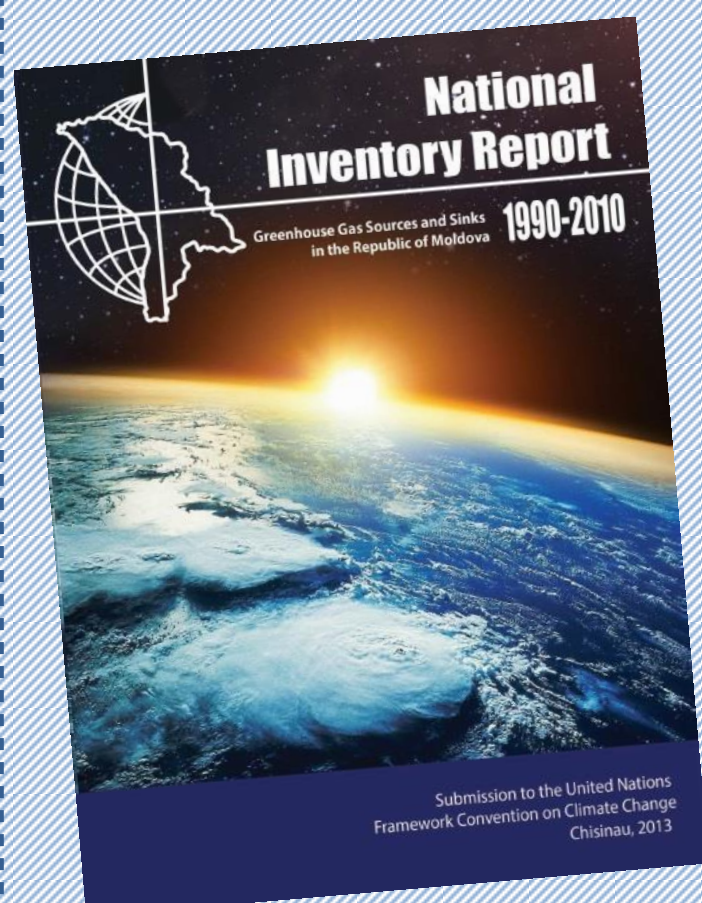
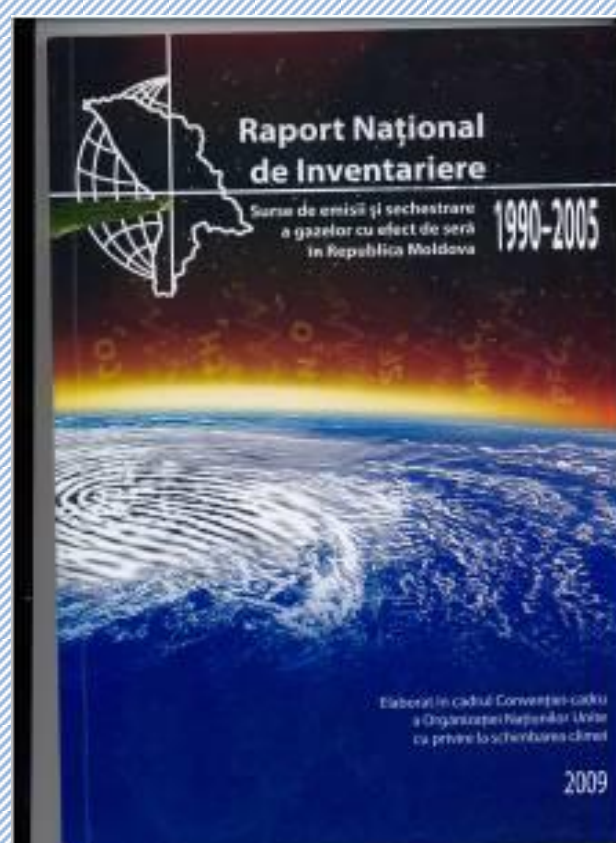
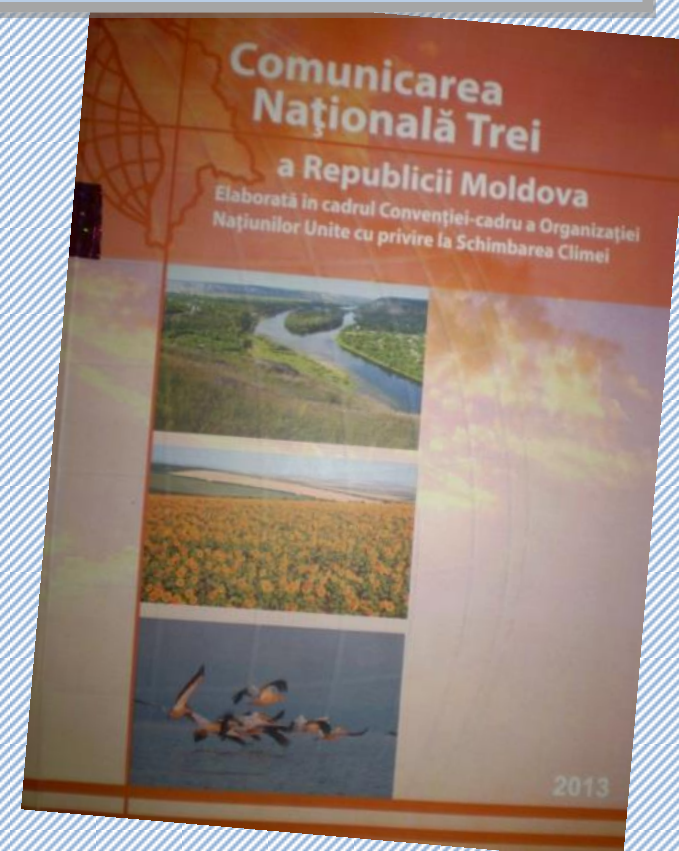
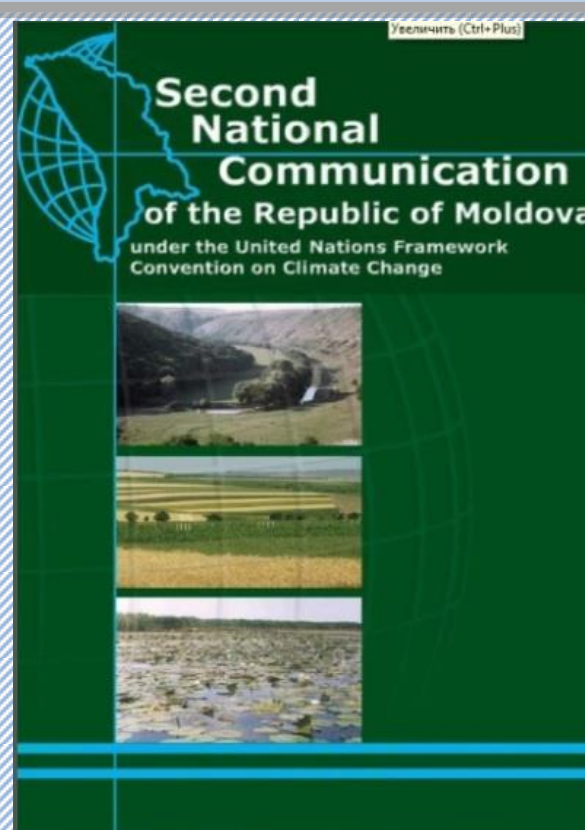
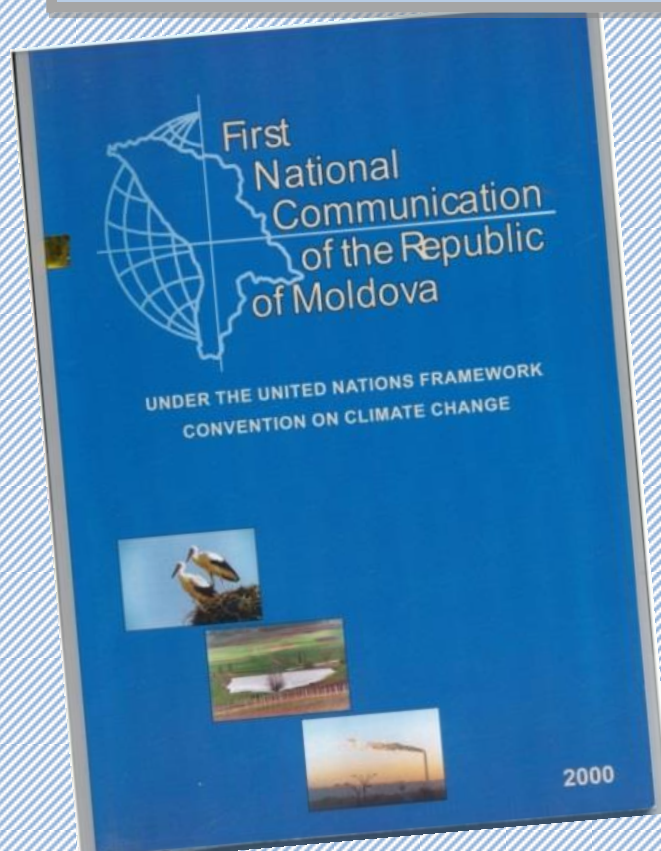
Laboratorul Linii electrice dirijate



Academia de Științe a Moldovei
INSTITUTUL DE ENERGETICĂ
Laboratorul Linii electrice dirijate



COLABORAREA CU OFICIUL «SCHIMBAREA CLIMEI», MINISTERUL MEDIULUI



Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



A V-a Conferința Internațională „Modelarea matematică în educație, cercetare și producere” Tiraspol, 3-6 iunie 2007



Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ



MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md

Participare la emisiunea «MAXIMA» 21 octombrie 2006.

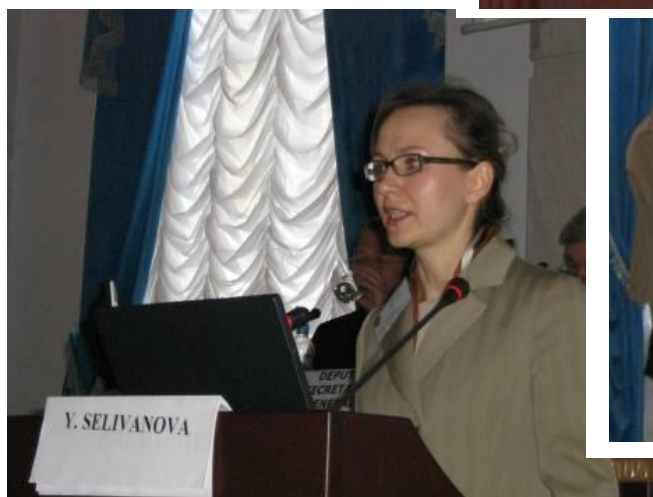


Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ



MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md

SEMINAR INTERNAȚIONAL „Colaborare în domeniul dezvoltării tehnologiilor în energetică” 10-11 mai 2007

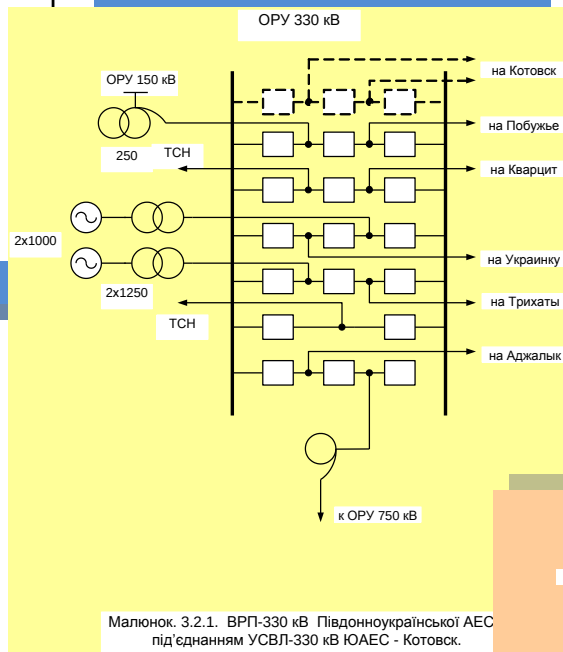
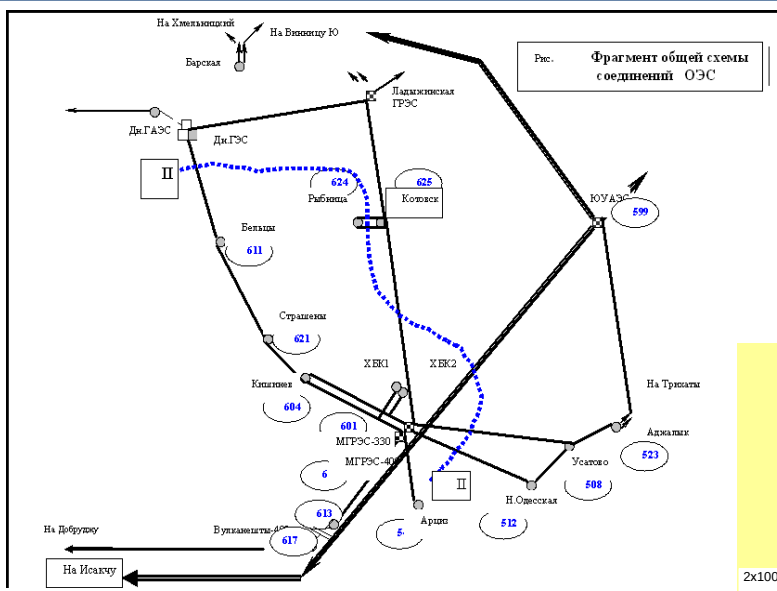


Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

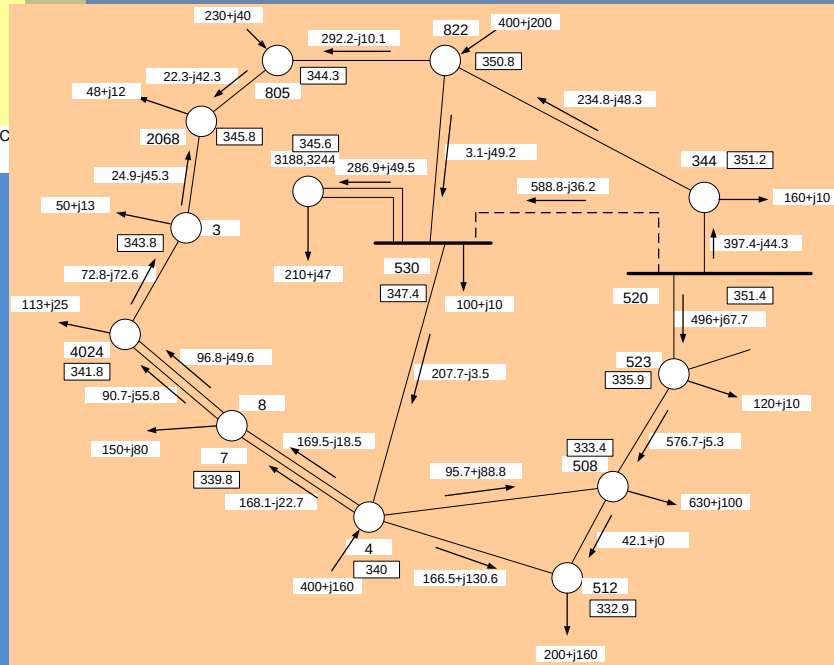
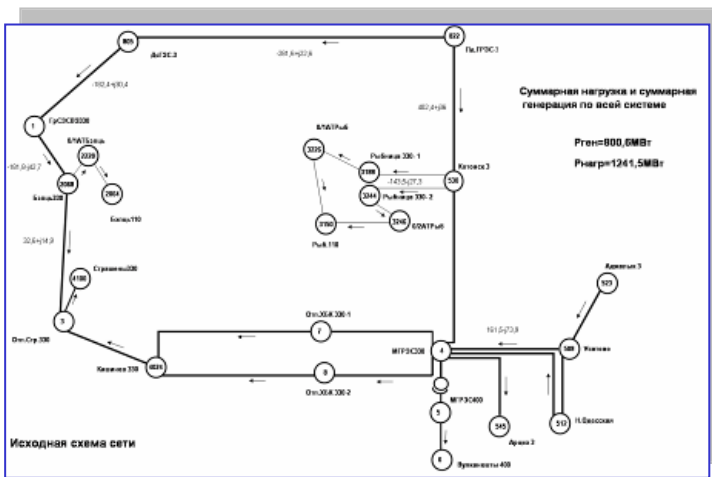
MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



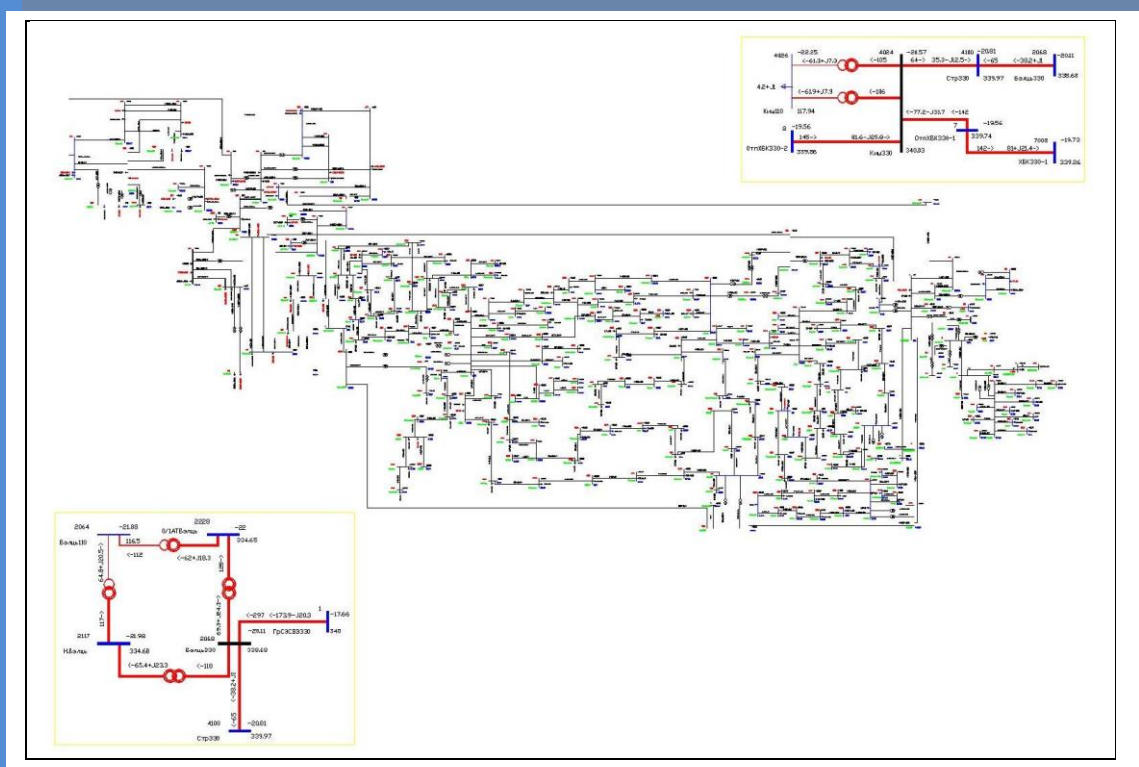
Elaborarea schemelor de calcul a variantelor de dezvoltare a interconexiunilor dintre sisteme de tensiune înaltă



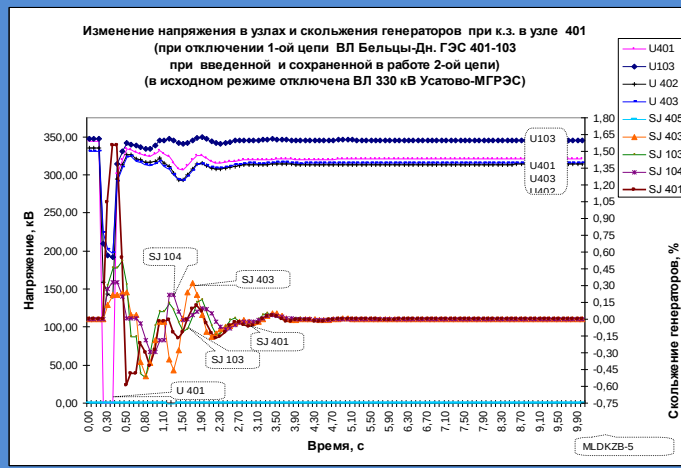
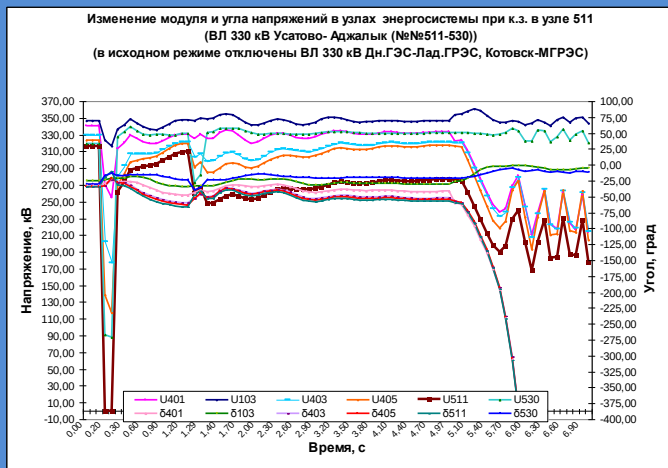
Conexiunea LEDA 330kV a SAE a Ucrainei de Sud



Distribuirea fluxurilor în regim normal cu conectarea LEA noi de tip LEDA 2*3*AC 240/39 0=0 grade



Cercetarea caracteristicilor dinamice a sistemelor energetice

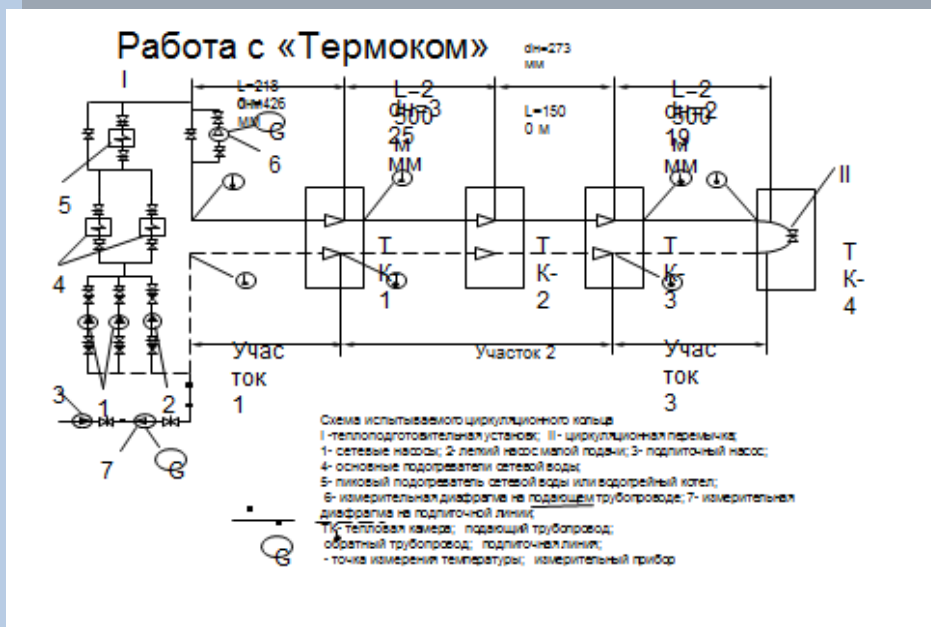


Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ



MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md

Efectuarea măsurărilor pierderilor termice într-un contur caracteristic al rețelelor termice a mun. Chișinău



Modul fotovoltaic a instalației IE AȘM de alimentare de rezervă cu energie electrică 180W.



Instalație solară de încălzire mobilă pentru scopuri casnice



Sistem de alimentare cu apă caldă menajeră în baza colectoarelor solare

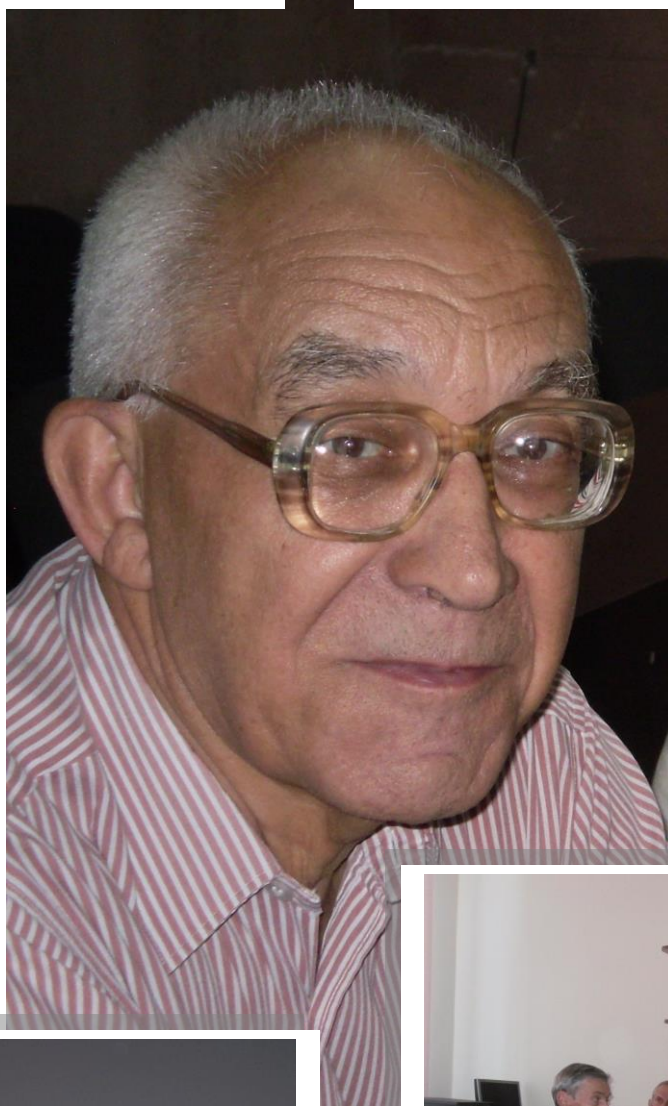


Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



Mihail Grodețki la jubileul de 80 ani



Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



Conferința științifică Energetica Moldovei-2016



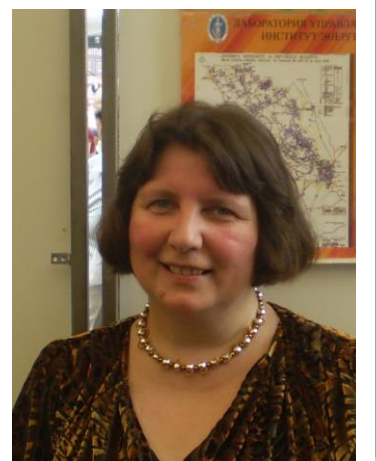
Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ



MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



NOAPTEA CERCETĂTORILOR EUROPENI



Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



Evenimentele IE la anulul 2015



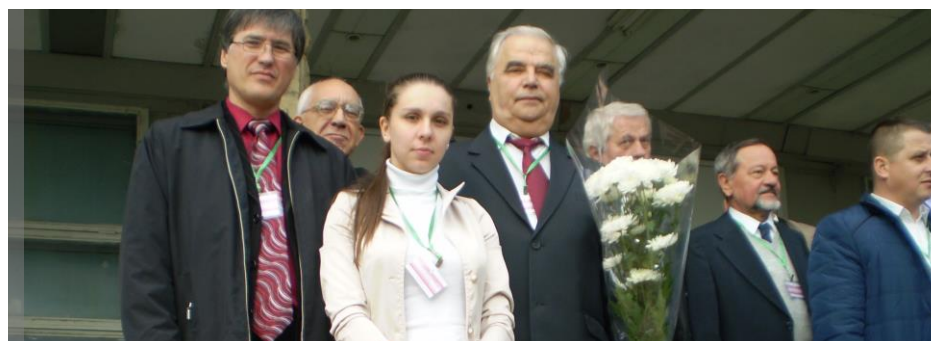
Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



Conferința științifică jubiliară a 65 de ani a Facultății Injinerie Agrară și Transport Auto a USAM

Evenimentele in IE la anul 2016



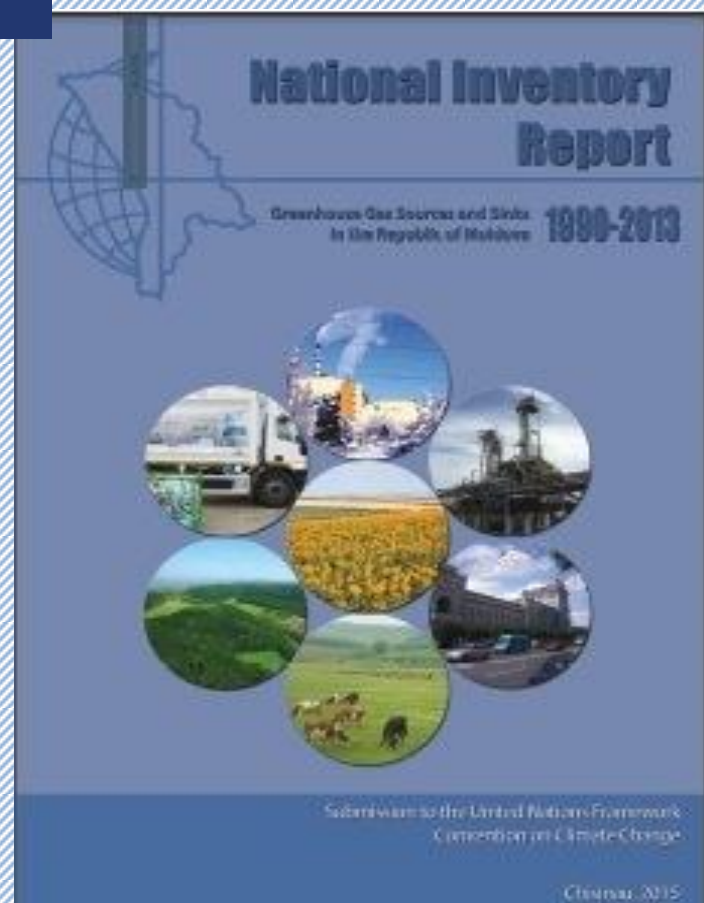
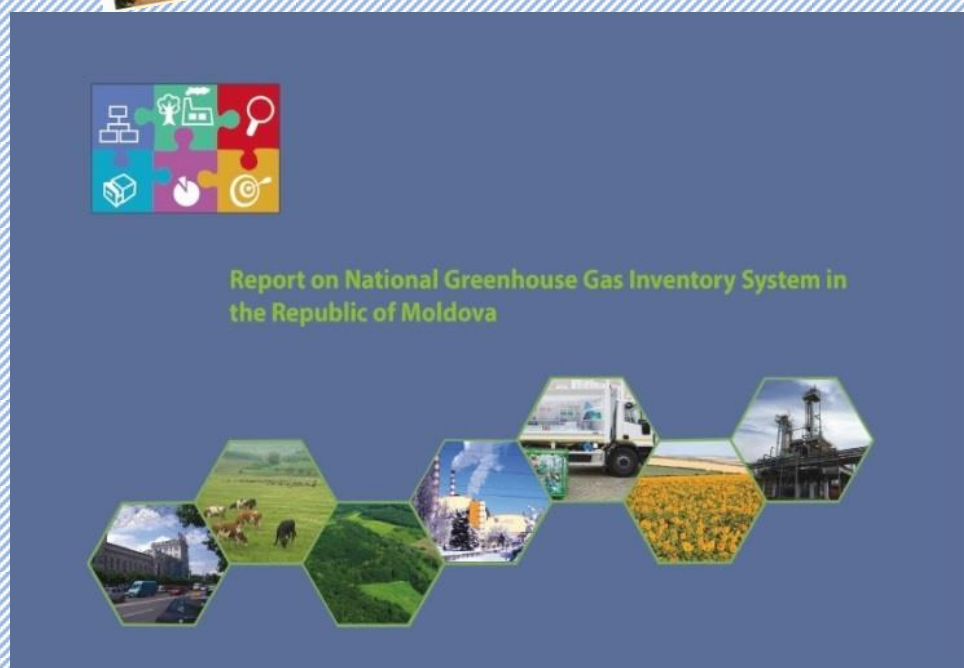
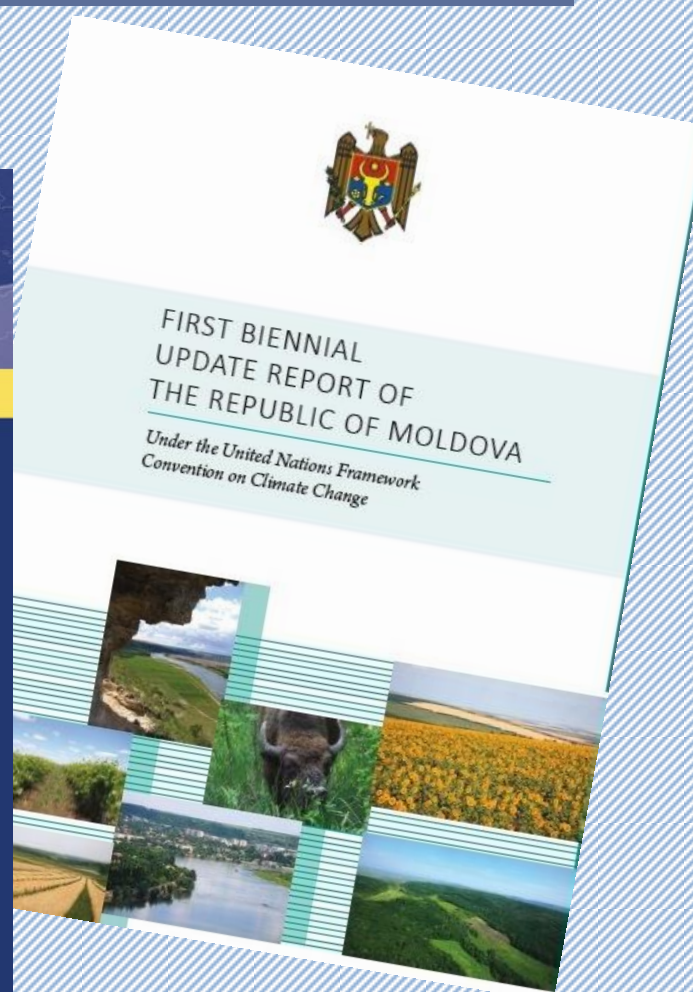
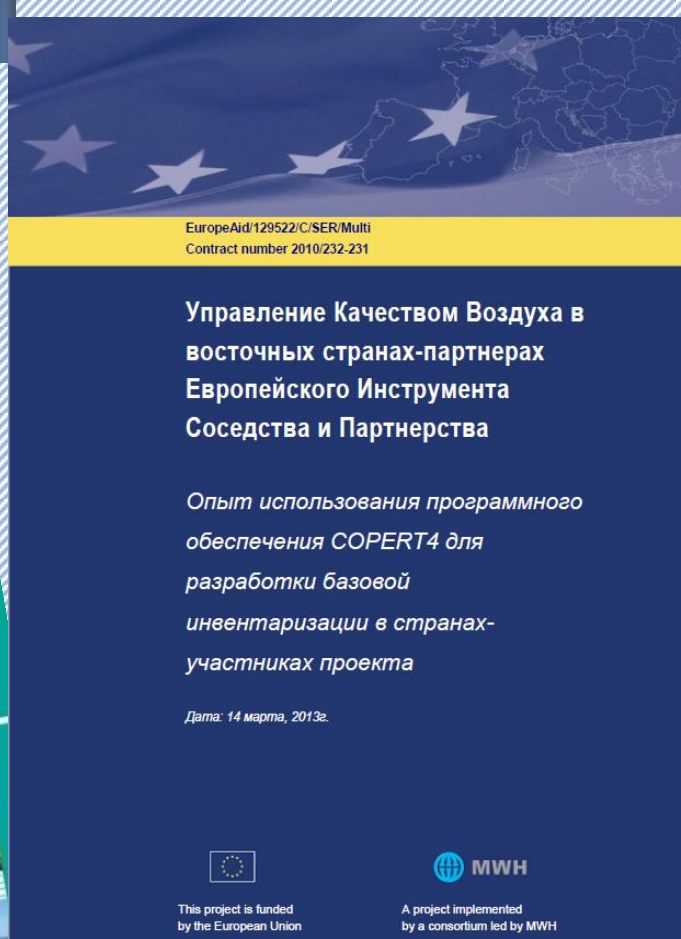
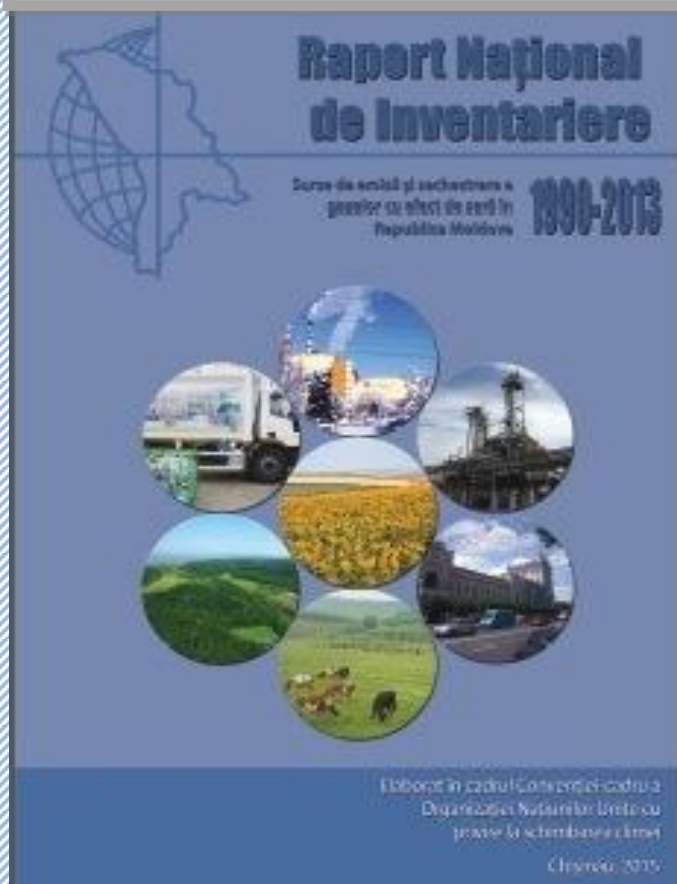
Academia de Științe a Moldovei

INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

Laboratorul Linii electrice dirijate



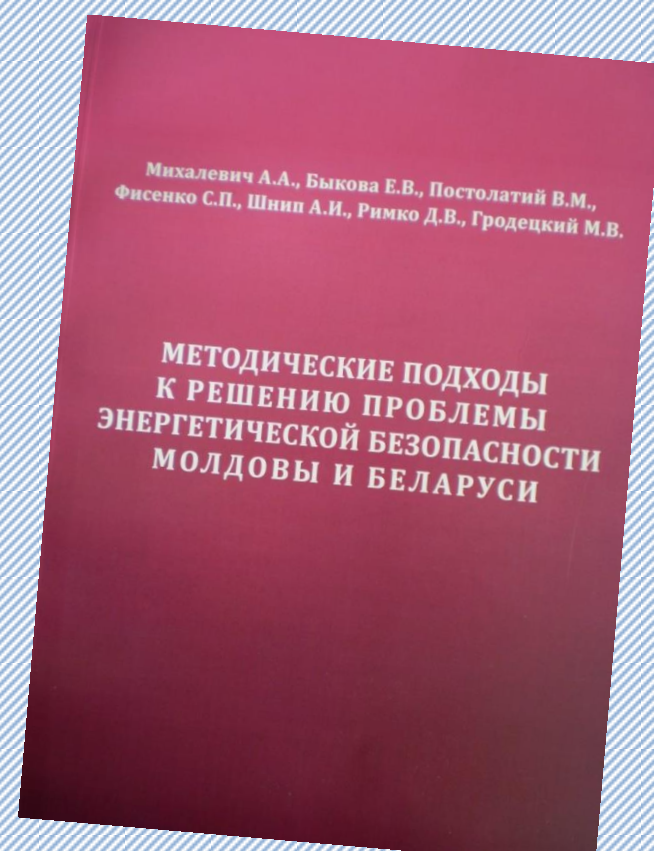
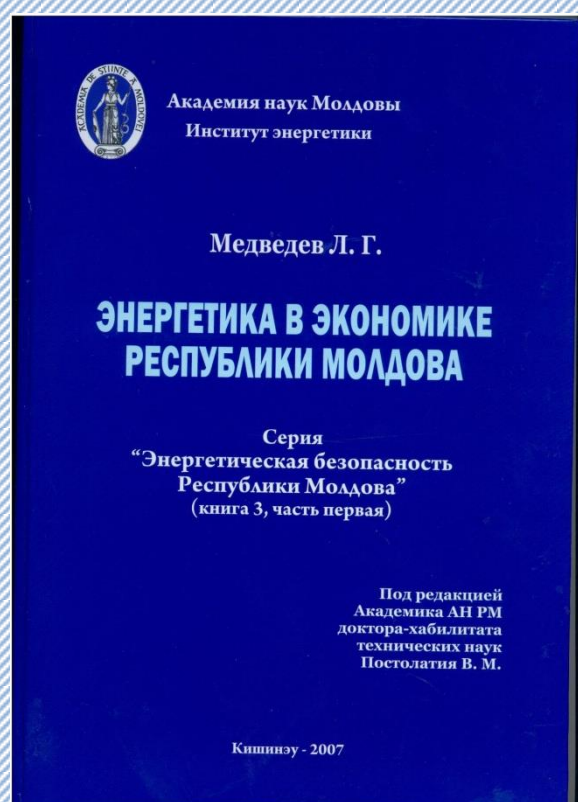
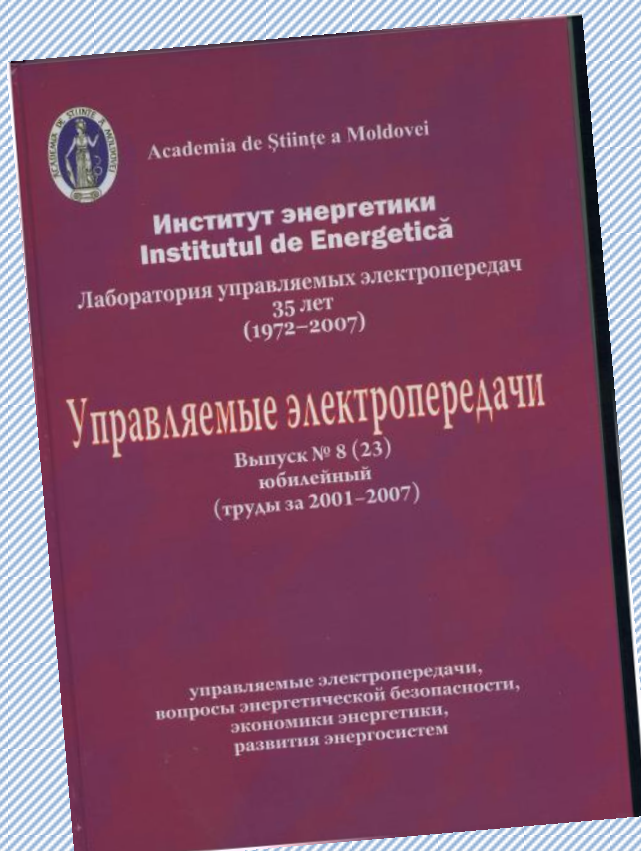
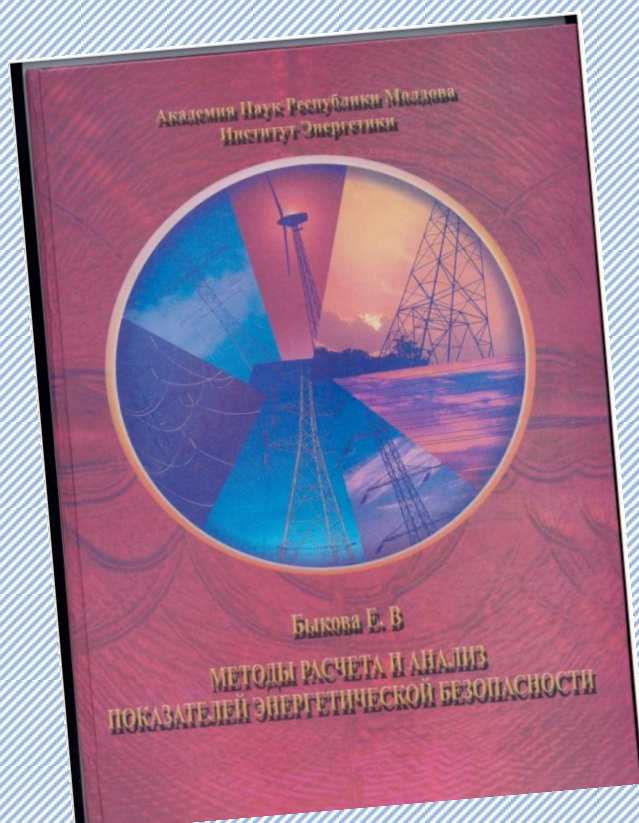
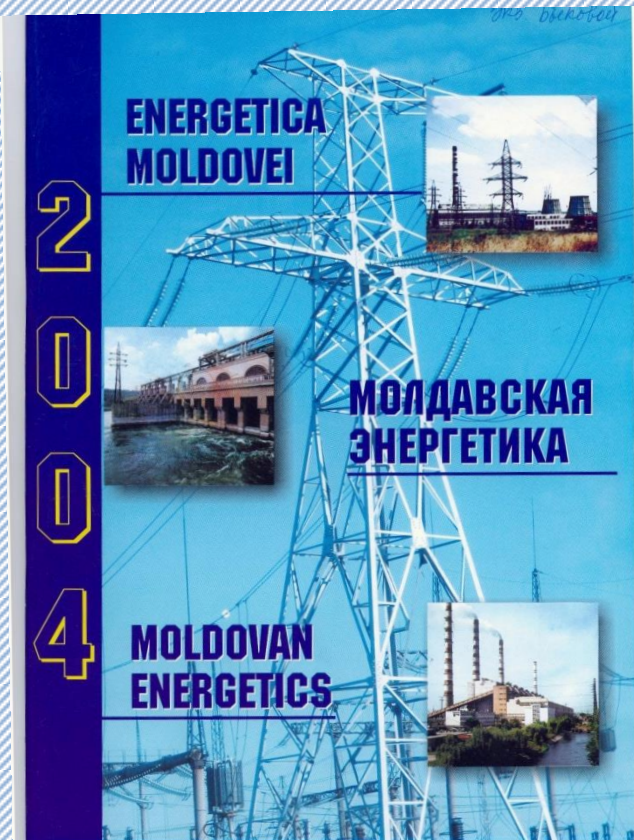
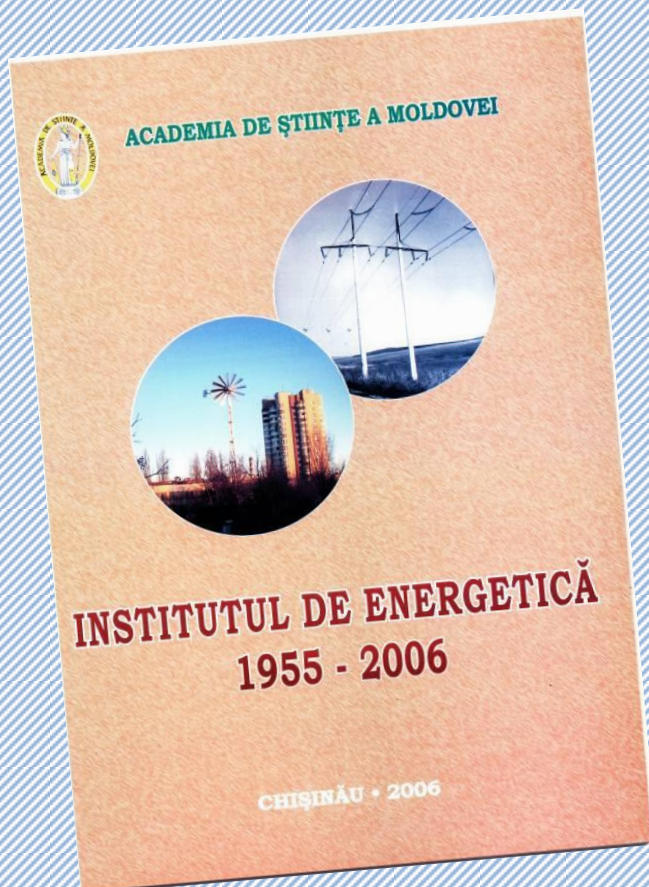
COLABORAREA CU OFICIUL «SCHIMBAREA CLIMEI», MINISTERUL MEDIULUI



Academia de Științe a Moldovei

INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

Laboratorul Linii electrice dirijate



Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ

MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md



ASAMBLEA AȘM 15 FEBRUARIE 2007



Academia de Științe a Moldovei INSTITUTUL DE ENERGETICĂ



MD2028, Chișinău, str.Academiei, 5, tel. 72-70-40, E-mail sci_secr_ie@cc.acad.md

Întrevedere cu delegația norvegiană la 15 martie 2007



