

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-2-66-67>

УДК 692.23

Талпа Е.А.

Бендерский политехнический филиал
Приднестровского государственного университета имени Т.Г. Шевченко

Дмитриева Н.В., Муравьева И.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСЕЛКОВ ПРИДНЕСТРОВЬЯ – СОВОКУПНОСТЬ ВЫБОРА СХЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ТЕПЛОМОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье раскрываются проблемы энерго- и ресурсосбережения: теплопотерь зданий и газовых сетей поселков Приднестровья. Проведен анализ газовых систем Приднестровья в зависимости от плотности газопотребления, площади газифицируемой области, а также условий местности. Обоснована необходимость применения методики многокритериального анализа при оптимизации конструктивно-технологических решений многослойной системы термомодернизации ограждающих конструкций зданий. Представлены результаты эксперимента при совокупности одноступенчатой – тупиковой схеме газоснабжения на основании полученных зависимостей влияния типа многослойной системы «стена-теплоизоляция» на показатели термического сопротивления (R , $(\text{m}^2 \cdot \text{C})/\text{Вт}$). Выявлено, что экономический эффект совокупности термомодернизации жилых домов в предложенной схеме газоснабжения составит уменьшение расхода газа в 3,3 раза.

Ключевые слова: термомодернизация, газоснабжение, полиуретан, конструктивно-технологические решения, термическое сопротивление, экономический эффект.

Talpa Elena

Bendery Polytechnic Branch, Transnistrian State University T.G. Shevchenko

Dmitrieva Nina, Muraviova Irina

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

ENERGY EFFICIENCY OF VILLAGES IN TRANSNISTRIA – A COMPLEX OF CHOICE OF GAS SCHEMES AND HEAT-MODERNIZATION OF BUILDINGS

Summary. The article is devoted to studies of improving the energy efficiency of settlements with a combination of thermal modernization of enclosing structures and rational gas supply schemes, for example with Suklea (Moldova). The article reveals the problems of energy and resource saving in the construction of buildings at the design stage, as well as the features of laying gas networks in the villages of Transnistria. Held The analysis of energy-saving measures, giving maximum fuel economy during the construction of gas systems in Transnistria, taking into account the density of gas consumption, the area of the gasified area, as well as the conditions of the terrain. The necessity of the use of the multi-criteria analysis technique when optimizing the design and technological solutions of a multilayer thermal modernization system for building envelopes has been substantiated. The presented results of the experiment with the combination of a single-stage-dead-end gas supply scheme based on the influence of dependent factors such as the multi-layer wall-thermal insulation system on the thermal resistance data (R , $(\text{m}^2 \cdot \text{C})/\text{W}$). In the experiment, they varied: constructive solutions for enclosing structures: limestone – shell rock; heat insulation – polyurethane; thickness of each layer of the system. The results of the evaluation of the feasibility study of structural and technological solutions for the thermal modernization of enclosing structures are presented. Based on a multi-criteria analysis, as well as the results of a full-scale experiment, it is established that the optimal solution for improving the energy efficiency of villages is thermal modernization of buildings made of limestone – shell rock, 400 mm thick, with insulation of 75 mm polyurethane. It was revealed that the set of solutions for thermal modernization of walling and a rational single-stage gas supply scheme will increase the thermal resistance of the building walls and reduce gas consumption by 3.3 times, while the economic effect of thermal modernization of residential buildings and the proposed gas supply scheme will be 54822 dollars.

Keywords: thermomodernization, gas supply, polyurethane, constructive-technological solutions, thermal resistance, economic effect.

Постановка проблемы. Энерго- и ресурсосбережение в современном мире одна из приоритетных задач решаемых человечеством. К сожалению, пока что в Украине и Молдове этот процесс не получил должного развития. Известен тот факт, что наибольшие теплопотери здания тратятся через стены (25–40%). И конечно неоспорим тот факт, что к вопросу термомодернизации необходимо подходить комплексно и также уделять внимание теплозащите кровли, полов, оконных и дверных блоков и вентиляции. И начинать необходимо с энергоаудита каждого

здания, для определения не только утечек тепла через ограждающие конструкции здания, но и эффективности газового оборудования и сети.

Сегодня при проектировании зданий учитываются современные требования по теплозащите. Однако модернизация существующего жилищного фонда, особенно в Приднестровье, где большинство населенных пунктов это поселки городского типа, происходит очень медленно, что не позволяет решить проблему энергосбережения в полном объеме. Таким образом, поиски решений повышения энергоэффективности по-

селков Приднестровья является актуальной научно-практической задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам термомодернизации жилого фонда посвящены труды Береговой А.М., Мейнелюка А.И., Дмитриева А.Н., Езерского Е.А., в которых изложены методики расчета и проектирования различных типов теплоизолирующих систем ограждений. Работы Н.А. Гаррис, Н.И. Белокопя, Р.Н. Бикчентай, Г.В. Бахмата, З.Т. Галиуллина, С.П. Зарицкого, А.Ф. Калинина, В.И. Кочергина, А.С. Лопатина, Б.П. Поршакова, А.Д. Седыха, О.А. Степанова, М.М. Шпотаковского и других ученых и специалистов, посвящены различным аспектам решения задач энергосбережения при проектировании газовых систем. Однако до сих пор не рассматривался вопрос комплексного подхода к повышению энергоэффективности поселков.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Рациональное энергоснабжение малых населенных пунктов и объектов агропромышленного комплекса ПМР требует детального анализа энергосберегающих мероприятий, дающих максимальную экономию топлива и получивших наибольшее распространение в мировой практике.

Газификация природным газом в Приднестровье берет начало с 1968 г. Источником газоснабжения стал магистральный газопровод «Шебелинка – Одесса – Кишинев». С этого времени резко возросла газификация предприятий и жилого фонда природным газом, возросли темпы строительства уличных, внутриквартальных газопроводов и сооружений на них.

В настоящее время газораспределительные системы поселковых районов Приднестровья представляют собой сложный технологический комплекс, включающий в себя сети различных давлений, газорегуляторные пункты, газовые приборы и установки, использующие топливо на различные потребительские нужды [1; 2]. Они разработаны, как правило, на базе газовой техники 60-70-х годов прошлого столетия и поэтому не могут быть использованы в полном объеме в современной газовой практике.

Модернизация газовых сетей и оборудования и термозащита зданий с учетом современных требований по энерго- и ресурсосбережению, является актуальной научно-технической задачей. Для решения поставленной задачи требуется: поиск рациональных решений в рамках технологического комплекса «газовые сети среднего (высокого) давления – газорегуляторные пункты – газовые сети низкого давления – газовый прибор»; системный подход к их реализации с учетом теплогидравлических режимов эксплуатации систем распределения и использования газового топлива; выбор ограждающих конструкций и материалов термомодернизации проектируемого и эксплуатируемого жилого фонда.

Целью данной статьи является рассмотрение выбора решения энергоэффективности поселков Приднестровья (ПМР) путем совокупности применения эффективных теплоизоляционных материалов для термомодернизации и рациональных схем газоснабжения.

Основные результаты исследований. Методика выбора решения повышения энергоэффективности поселков Приднестровья заключается в следующем. Построение структуры анализа. Определение цели. Выбор теплоизоляционного материала для термомодернизации жилого фонда поселков на основе многокритериального анализа. Оценка экономической эффективности на основании расчета сопротивления теплопередаче, теплотеря через ограждающие конструкции и расхода газа на примере коттеджа площадью 150 м², на основании результатов многокритериального выбора материала теплоизоляции и системы газоснабжения.

Методика многофакторного анализа, которая состоит из следующих этапов: выбор критериев конструктивно-технологического решения термомодернизации; оценка весомости критерия; получение аналитической зависимости, отражающей степень влияния весомости критериев на рациональный выбор технологического решения методом ранжирования. В работе рассматривались 5 конструктивно-технологических решений термомодернизации с использованием таких материалов, как плиты на основе стекловолокна; минераловатные базальтовые плиты; пенополистирольные плиты; пенополиуретан; эковата.

Критерии выбора имеют многоуровневый подход, который предполагает решение многочисленных задач: технических, технологических, эксплуатационных, экономических и экологических.

В исследованиях были выбраны следующие критерии определяющие технологичность работы – трудоемкость и скорость монтажа материала с наименьшим количеством отходов, удобство резки материала, транспортабельность, устройство без специального оборудования и высококвалифицированных рабочих и т.д. Также при выборе учитывалась совокупность таких критериев, как влагостойкость, звукоизоляция, биологическая и химическая инертность, огнестойкость, ремонтпригодность, долговечность, экологичность и стоимость.

При отборе альтернатив и определения оценки критериев использовался коммуникативный индивидуальный метод – когда варианты решений генерирует единственный эксперт. После специалистом экспертом определялись степень весомости того или иного фактора путем количественной оценки каждого критерия.

Анкетирование осуществлялось дистанционно. Результаты анкетирования сводились в таблицу. Критерии оценивались по пятибалльной шкале, где оценке «1» – соответствует наименьшему значению критерия, оценке «5» – наивысшее, с применением метода ранжирования.

Коэффициенты должны соответствовать значимости критериев для рассматриваемого здания или сооружения. Коэффициент весомости (K) варьируется методом интерполяции от 1 до 0,1. При умножении весовых коэффициентов на оценки критериев и их суммировании можно получить интегральную оценку того или иного решения. В результате сравнения интегральных оценок делается окончательный выбор того или иного решения.

Достижение положительных результатов модернизации зависит от ряда условий, кото-

рые необходимо учесть при проведении данных мероприятий.

Использование экономичных, надежных и соответствующих всем требованиям государственных стандартов или технических условий материалов и оборудования.

Технико-экономическое обоснование выбора схемы модернизации или строительства газовых систем, критериями которого, будут являться обеспечение безопасной, бесперебойной и надежной работы всей системы.

Также неотъемлемой частью бесперебойной работы газовой системы является своевременное техническое обслуживание и ремонт газопроводов и оборудования. При этом газопроводы с удовлетворительным техническим состоянием должны подвергаться обследованию в первую очередь.

Проектирование систем газоснабжения должны проводить специализированные проектные организации, при этом проектные документы должны соответствовать всем требованиям действующих нормативных документов.

В Приднестровье выбор систем распределения по давлению, количеству ступеней редуцирования, количеству ГРП, ШРП, а также по принципу построения распределительных газопроводов необходимо обосновать на основании технико-экономического обоснования, учитывая при этом плотность газопотребления, площадь газифицируемой области, а также условия местности.

Анализ систем газоснабжения в поселковых районах Приднестровья, показал, что порядка 80% составляют газопроводы низкого давления, а остальные 20% приходятся на системы среднего и высокого давления.

По принципу построения системы газоснабжения бывают тупиковые, кольцевые и смешанные. Как показали аналитические исследования, наиболее распространенными в Приднестровье являются тупиковые системы. Их применение обусловлено меньшим расходом металлических труб по сравнению с кольцевым почти в 2 раза.

В Приднестровье для обеспечения бесперебойной подачи газа и повышения надежности сети целесообразней применять кольцевую схему, которая при аварийной ситуации позволит осуществить подачу газа по другой ветке. В системах низкого давления целесообразно кольцевать только распределительные газопроводы, а абонентские ответвления делать тупиковыми разветвленными.

На сегодняшний день недостаток кольцевой газовой сети решается применением полимерных труб при прокладке и реконструкции газопроводов.

Использование полиэтиленовых труб также повышает энергоэффективность транспортировки газа ввиду минимального гидравлического сопротивления трассы газопроводов, изготовленных из полимерных материалов (полиэтилен имеет очень низкий коэффициент шероховатости внутренней поверхности газопровода) [3].

В связи с этим, в Приднестровье на территории населенных пунктов следует предусматривать прокладку газопроводов давлением до 1,0 МПа, в том числе и реконструкцию подземных стальных газопроводов – давлением до 0,3 МПа.

Проектирование числа ступеней давления газа в газопроводах системы газоснабжения зависит в основном от плотности населения территории газоснабжения. Как показал анализ информационных источников для поселков с населением до 30-50 тыс. жителей рациональнее использовать одноступенчатые системы газоснабжения.

Для населенного пункта с населением 50-250 тыс. чел. рекомендуются двухступенчатые системы газоснабжения. Трехступенчатая система в населенных пунктах применяется при повышенных требованиях к надёжности, при большой территории и неудобной планировке, а также при наличии промышленных предприятий, требующих газ высокого давления. Такие схемы рекомендуют для населенных пунктов с населением более 250 тыс. чел. При этом трассы газопроводов необходимо проектировать из условия минимальной протяжённости сети.

В Приднестровье преимущественно распространены одноступенчатая и двухступенчатая системы.

Проведенные информационно-аналитические исследования позволили отобрать наиболее эффективные проектные решения ограждающих конструкций зданий коттеджного типа и материалы термомодернизации эксплуатируемого жилья, приведенные в табл. 1.

Обилие различных технологий с большим разнообразием технологических средств, требует наличия и использования оценочных критериев, с помощью которых могут быть выбраны наиболее эффективные и рациональные технологические решения, в том числе материалы и оборудование для устройства термомодернизации жилого фонда.

Выбор основывался на методике многокритериального анализа [4]. Критериями выбора конструктивно-технологического решения термомодернизации служат показатели, которые наиболее полно и объективно оценивают объект исследования, сопоставляют варианты-аналоги, учитывая все его основные характеристики.

На основании поиска актуальных сведений о выбранных технологиях и для принятия эффективного решения по выбору теплоизоляции приняты следующие наиболее значимые критерии оценки:

- количественные: толщина стен – подсчитывается исходя из толщин всех слоёв готовой конструкции, мм; сопротивление теплопередачи – подсчитывается на основании требований нормативных документов, $\text{м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$; площадь помещений при наружных размерах здания $10 \times 10 \text{ м}$ – подсчитывается исходя из толщины ограждающей конструкции, м^2 ; стоимость материала – подсчитывается, исходя из конструктивного решения, среднерыночная цена, $\text{у.е.}/\text{м}^2$; долговечность – принята на основании нормативных документов и литературных источников, лет; склонность к усадке – принята на основании нормативных документов и литературных источников, %; трудоемкость работ – подсчитывается на 10 м^2 на основании элементных ресурсных норм, чел-час, продолжительность работ – на основании расчета теплоизоляции 10 м^2 стены, дни.

- качественные: экологичность материала.

Сравнительный анализ теплоизоляции ограждающих конструкций

Критерии выбора	Тип теплоизоляционного материала				
	Плиты на основе стекловолокна	Плиты минераловатные базальтовые	Плиты пенополистирольные	Пенополиуретан	На основе ватсы (эковата)
Паропроницаемость, мг/(м.ч. Па)	0,051	0,3	0,023	0,05	0,3
Кол-во баллов с учетом коэффициента весомости (К) 0,8	4	0,8	3,2	4	0,8
Звукоизоляция, Дб	23	46	23	29	63
Кол-во баллов (К) 0,7	1,4	2,8	1,4	2,8	3,5
Огнестойкость	НГ	НГ	Г1	Г2	Г1, Г2, Д1
Кол-во баллов (К) 0,9	4,5	4,5	2,7	2,7	1,8
Толщина утеплителя, мм	100	100	100	50	50
Кол-во баллов (К) 1	3,0	3,0	3,0	5	5
Экологичность	да	нет	нет	да	да
Кол-во баллов (К) 0,9	4,5	0,9	0,9	4,5	4,5
Долговечность, лет	10	25-50	80	40	80
Кол-во баллов (К) 0,6	1,8	2,4	3,0	1,8	3,0
Трудоемкость работ, чел-час на 10 м ²	48,0	48,0	34	15,3	154
Кол-во баллов (К) 0,9	2,7	2,7	3,6	4,5	0,9
Осадка материала	0,3	0,2	нет	нет	0,3
Кол-во баллов (К) 0,4	0,8	1,2	2	2	0,8
Стоимость материала, у.е./м ²	50	110	150	350	230
Кол-во баллов (К) 0,9	4,5	3,6	2,7	0,9	1,8
Теплопроводность материала Вт/(м·С)	0,039	0,043	0,034	0,035	0,033
Кол-во баллов (К) 1	3	3	5	5	5
Прочность материала кПа	45	100 – 140	70	350	60
Кол-во баллов (К) 0,5	0,5	2,0	1,5	2,5	1,0
Продолжительность устройства теплоизоляции 10 м ² стены	1–2 часа	1–2 часа	От 40 минут до часа	От 20 минут до 40 минут	5 часов (с учетом устройства каркаса)
Кол-во баллов (К) 0,8	2,4	2,4	4	4	0,8
Сумма баллов	33,1	30,7	33,0	39,7	28,9

Следующим этапом по методике многокритериального анализа является получение аналитической зависимости, отражающей степень влияния весомости критериев на рациональный выбор технологического решения [5].

Анализ выполнен на основании информационных источников [6–8].

Весомость критерия оценивается по пятибалльной шкале, где оценке «1» – соответствует наименьшее значение критерия, оценке «5» – наивысшее в зависимости от коэффициента весомости (К), который варьируется методом интерполяции от 1 до 0,1.

Оценки чаще всего выносят эксперты, мнения которых затем сводятся к единой оценке. Например, с применением метода ранжирования [5].

Выбор альтернатив, представленный в таблице 1, основан на маркетинговых исследованиях наиболее распространенных материалов на строительном рынке ПМР, которые чаще всего используются в качестве теплоизоляции ограждающих конструкций.

Результат сравнительного анализа, показал следующее. По показателю теплопроводности

наиболее эффективным утеплителем на данный момент является эковата с показателем равным 0,033 Вт/(м·С), при этом в совокупности оценки других показателей это решение набрало наименьшее количество баллов. Методом ранжирования в зависимости от весомости критериев определено рациональное решение при устройстве теплоизоляции однослойной системы – метод напыления полиуретана (39,7 баллов).

Экономическая эффективность совокупности термомодернизации при рациональной схеме проектирования газовых сетей подтверждается расчетом потребления газового топлива после термомодернизации экспериментального жилого здания коттеджного типа. Расчет приводится на примере коттеджа с мансардным этажом размерами в осях 10×10 м и высотой этажа 3 м, общей площадью 150 м² в г. Суклея.

Расчет сопротивления теплопередаче и теплопотерь через ограждающие конструкции осуществлялся с применением программы «SmartCalc». Алгоритм расчета включает в себя следующие операции. Расчет уменьшения расхода количества газа необходимого для отопления 1 м² тер-

Таблица 2

**Определение количества тепла, пропускаемого 1 м² стены
и месячного расхода газа на обогрев**

Вариант конструктивного решения ограждения здания	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R, (м ² ·°C)/Вт]	Потери тепла через 1 м ² за один час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)	Месячный расход газа на 1 м ² , м ³ /мес	Месячный расход газа на 150 м ² , м ³ /мес
V1	0,8	46,04	3,508	526,17
V2	2,67	13,89	1,058	158,74
V3	0,89	41,71	3,18	476,7
V4	2,55	14,49	1,104	165,6

момодернизированного здания по сравнению с «обычным» зданием без утепления. Рассмотрение 4-х вариантов конструктивно-технологических решений ограждающих конструкций: V1 – обычная стена из известняка-ракушечника (котельца) толщиной 600мм; V2 – стена из известняка-ракушечника (котельца) 400мм и нанесение полиуретана толщиной 75 мм; V3 – обычная стена из керамического кирпича толщиной 510 мм; V4 – стена из керамического кирпича толщиной 510 мм с утеплением толщиной 60 мм. Толщина конструктивных слоев наружных стен зданий принята, согласно требованиям выполнения условий: сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче (равного для Молдовы г. Бендеры 2,2 (м²·°C)/Вт)).

Определение количества тепла, пропускаемого 1 м² стены и месячного расхода газа на обогрев стен дома при теплотворном свойстве 9,45 кВт 1 м³ природного газа, приведено в табличной форме 2.

Определение количественных характеристик потребления газа сберегающими системами газоснабжения малых населенных пунктов.

В результате расчета экономии газа получены количественные характеристики для малых населенных пунктов плотностью населения до 30-50 тыс. жителей, которые показали уменьшение расхода газа в 2,4 раза, с учетом термомодернизации здания полиуретаном это еще в 3,3 раза. Учитывая стоимость на газ, экономия иссле-

дуемого коттеджа составит 18,14 у.ед в месяц. В г. Суклея насчитывает на 2018 год 3049 малоэтажных жилых домов, соответственно при реализации предложенных решений повышения энергоэффективности, экономический эффект составит в среднем 54 тыс. 882 у.ед.

Наиболее энергоэффективным, согласно приведенным результатам исследований, является вариант V2: стены здания возведены из котельца толщиной 400 мм с термомодернизацией полиуретаном толщиной слоя 75 мм.

Выводы:

1. Энергоэффективность поселков Приднестровья достигается совокупностью решений по выбору схем газоснабжения и термомодернизации ограждающих конструкций зданий.

2. Многокритериальный анализ позволил определить наиболее рациональный способ термомодернизации – напыление слоя пенополиуретана.

3. Для Приднестровья характерны посёлки с населением до 30-50 тыс. жителей при этом наиболее рациональными будут одноступенчатые системы газоснабжения.

4. Совокупность решений термомодернизации ограждающих конструкций и рациональной одноступенчатой схемы газоснабжения позволяет увеличить термическое сопротивление стен здания и понизить потребление газа в 3,3 раза.

5. Экономический эффект предложенного варианта энергоэффективности составляет 54 тыс. 882 у.ед.

Список литературы:

1. Генеральная схема газоснабжения сельского поселения. URL: http://safarovo.ru/uploads/_pages/265/safarovskij-sg.compressed_.pdf
2. Прошутинский А.О., Комина Г.П. О реконструкции городских газораспределительных сетей низкого давления. *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1–1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17748>
3. Моделирование и обоснование рациональных поселковых систем газоснабжения. URL: <http://www.dissercat.com/content/modelirovanie-i-obosnovanie-ratsionalnykh-poselkovykh-sistem-gazosnabzheniya>
4. Дмитриева Н.В., Гострик А.Н., Иванова Т.И. О многокритериальном анализе технологических решений гидроизоляции известняка-ракушечника / Н.В. Дмитриева. *Молодой ученый*. 2017. № 7(47), Ч. 1. С. 20–25.
5. Меньлюк А.И., Ершов М.Н., Никифоров А.Л., Меньлюк И.А. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений : Монография. Киев : ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. 332 с.
6. Теплоизоляционные плиты: описание, выбор, применение. URL: <http://recn.ru/teploizolyacionnye-plity-opisanie-vybor-primenenie>
7. Свойства и характеристики пенополиуретана его достоинства и недостатки. URL: <https://srbu.ru/stroitelnyeh-materialy/81-penopoliuretana-harakteristiki.html>
8. Характеристики эковаты. URL: http://9999812.ru/poleznoe/harakteristiki_ekovaty/

References:

1. Generalnaya shema gazosnabzheniya selskogo poseleniya. URL: http://safarovo.ru/uploads/_pages/265/safarovskij-sg.compressed_.pdf
2. Proshutinskiy A.O., Komina G.P. (2015). O rekonstruktsii gorodskih gazoraspredeletelnykh setey nizkogo davleniya. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, no 1–1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17748>
3. Modelirovanie i obosnovanie ratsionalnykh poselkovykh sistem gazosnabzheniya. URL: <http://www.dissercat.com/content/modelirovanie-i-obosnovanie-ratsionalnykh-poselkovykh-sistem-gazosnabzheniya>
4. Dmitrieva N.V., Gostrik A.N., Ivanova T.I. (2017). O mnogokriterialnom analize tehnologicheskikh resheniy gidroizolyatsii izvestnyaka-rakushechnika [On the multi-criteria analysis of technological solutions for the waterproofing of limestone shell limestone]. *Molodiy vcheniy*, no 7(47), ch. 1, pp. 20–25.
5. Menelyuk A.I., Ershov M.N., Nikiforov A.L., Menelyuk I.A. (2016). Optimizatsiya organizatsionno-tehnologicheskikh resheniy rekonstruktsii vyisotnykh inzhenernykh sooruzheniy [Optimization of organizational and technological solutions for the reconstruction of high-rise engineering structures] : Monografiya. K. : TOV NVP «Interservis». (in Ukrainian)
6. Teploizolyatsionnyie plity: opisanie, vyibor, primenenie. URL: <http://recn.ru/teploizolyacionnye-plity-opisanie-vybor-primenenie>
7. Svoystva i harakteristiki penopoliuretana ego dostoinstva i nedostatki. URL: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/81-penopoliuretana-harakteristiki.html>
8. Harakteristiki ekovaty. URL: http://9999812.ru/poleznoe/harakteristiki_ekovaty/