

explanation is that there is a progressive wave, transferring energy brought by branches into R_{acc} load. Similarly, in the pipeline, a progressive wave supplying energy of the halted liquid in the pipeline into effective load. Without R_{acc} during interruption of the circuit in the model (like in full-scale hydraulic system) stationary waves are initiated whose energy is used for traction.

With the application of the proposed hydraulic distributor and cold bearer distribution system in the system of mine air conditioning, heat economy will be approximately 30 – 40 %.

With the application of the proposed hydraulic distributor in the system of mine air conditioning, technical effect lies in the elimination of hydraulic impacts, mine air conditioning system becomes more simplified and reliable.

REFERENCES

1. **Zhukovskii N.** O gidravlicheskom udare v vodoprovodnyh trubah. – M. : Gos. izd. tehn.-teoretich. lit., 1949. – 103 s.
2. **Berzheron L.** Ot gidravlicheskogo udara v trubah do razryada v e'lektricheskoy seti. – M. : Mashizd, 1962. – 348 s.
3. **Zubov L.** Povyszenie tochnosti priblizhennyh analiticheskikh reshenii uravnenii neustanovivshegosya napornogo dvizheniya zhidkosti v trubah // Inzhenernaya gidravlika. Sb. nauch. tr. – M. : Strojizdat, 1972. – S. 67 –73.

УДК 699.86

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Л. Ю. Дьяченко, к. т. н., доц., Д. Н. Сербиченко, м. н. с.,
О. С. Дьяченко, асс., М. Р. Васильченко, студ.*

** Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

Ключевые слова: *энергопотребление, энергосбережение, энергетические показатели, утепление наружных стен, наружная и внутренняя теплоизоляция, бетон, коэффициент теплопроводности, теплопотери*

Постановка проблемы. На сегодняшний день проблема снижения энергопотребления жилых домов приобрела высшую степень актуальности, что дало толчок для развития энергосберегающих технологий. На обогрев домов государства тратят значительное количество всех энергоресурсов страны, в результате в атмосферу выбрасывается огромное количество углекислого газа, высокая концентрация которого приводит к развитию «парникового эффекта».

В таких странах как Франция, Великобритания, США, Канада и Китай экологичное строительство уже стало реальностью. В некоторых странах повышение значения критериев энергоэффективности и экологичного строительства в оценке недвижимости заставляет инвесторов учиться предвидеть, какие требования могут появиться в будущем, чтобы не допустить обесценивания своего имущества.

Энергосберегающие технологии позволяют решить сразу несколько задач: экономия энергоресурсов, решение многих проблем жилищно-коммунального хозяйства, уменьшение загрязнения окружающей среды, увеличение рентабельности предприятий.

Энергетические показатели, например, жилых зданий на сегодняшний день являются очень ценной характеристикой, можно сказать, самой основной. Улучшение энергетических показателей является целью удачного проектирования современного здания. Так каким же должно быть здание с высокими энергетическими показателями и низкой себестоимостью? Это здание, которое приносит минимальный ущерб экологии, которое будет построено с помощью новых или переработанных материалов и технологий, не требующих больших затрат энергии.

Анализ последних исследований и публикаций. Появившееся в конце XX века понятие энергосбережения на сегодняшний день очень актуально не только в Европе, но и во всем мире. Понятие энергосбережения, зависящее напрямую от экономического фактора, одновременно включает в себя социальные вопросы, а также ряд экологических аспектов, связанных с

сохранением и улучшением состояния окружающей среды.

Уже на протяжении многих лет в Европе и странах Скандинавии используют энергосберегающие технологии при строительстве и реконструкции зданий. В этих странах создали необходимые законодательные нормы, учитывающие экономические интересы собственников жилья и инвесторов. Основная цель этих норм – это повышение уровня энергоэффективности, которой добиваются с помощью применения эффективной теплоизоляции. Актуальность понятия энергоэффективности в европейских странах подтверждают стандарты, в которых достаточно наглядно представлены все требования. Они обеспечивают, главным образом, выполнение основного условия – использование эффективных конструкций с гарантированным выполнением требований по экономии энергии [9]. При проектировании зданий в соответствии с французским стандартом RT 2000 «Индивидуальные дома без систем кондиционирования воздуха» необходимо набрать определенное количество условных баллов по следующим разделам: теплоизоляция перекрытий, стен и кровли, наличие тепловых мостиков в конструкции здания, тип оконных конструкций, системы вентиляции, системы отопления и горячего водоснабжения. Подобные документы были разработаны и успешно применяются во многих странах, что очень помогло в реальном становлении энергосберегающего (а в дальнейшем — и «зеленого») строительства.

В Украине также имеются государственные строительные нормы, в частности, [4], которые устанавливают требования к теплотехническим показателям ограждающих конструкций зданий и сооружений и порядку их расчета с целью обеспечения рационального использования энергетических ресурсов на обогрев, обеспечения нормативных санитарно-гигиенических параметров микроклимата помещений, долговечности ограждающих конструкций во время эксплуатации зданий и сооружений.

Цель статьи – проанализировать решения тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций, определить теплоизоляционные характеристики бетонов и других энергоэффективных материалов.

Основные задачи:

1. Исследовать отечественный и зарубежный опыт решения тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций.
2. Провести поиск наиболее рациональных архитектурно-конструктивных решений тепловой изоляции зданий.
3. Проанализировать теплофизические характеристики бетонов отечественного производства и французского бетона Thermedia 0,6 В.

Изложение материала. В современном мире, когда спрос на жилье растет, а здания должны становиться более экологичными и энергоэффективными, участники строительного рынка вынуждены искать новые технологические решения.

Остановимся на вопросе выбора, а также правильного применения строительных материалов в процессе строительства. На самом деле, именно оптимизация используемых стройматериалов позволит улучшить энергетические показатели. Первой причиной тепловых потерь в здании являются двери и окна, но не достаточно утепленные стены дают от 16 до 25 % теплопотерь. Кроме того, эффективное утепление наружных стен улучшает также и звукоизоляцию здания.

Для теплоизоляции наружных стен существуют две основные технологии: наружная теплоизоляция и внутренняя. Оба решения позволяют достичь высоких энергетических показателей. В случае внутренней теплоизоляции, как правило, используют утеплитель (минеральная вата) и листы гипсокартона. При наружной теплоизоляции в качестве утеплителя чаще всего используется полистирол с наружной штукатуркой по сетке. Наружная теплоизоляция является одним из самых эффективных вариантов, но не самым дешевым. Решение утепления зданий изнутри экономично (в отношении стоимость — результат), доступно и быстрореализуемо, однако большим минусом в варианте с внутренней теплоизоляцией является потеря жилой площади, а также неизбежность присутствия «мостиков холода» на стыках перекрытий со стенами.

Исходя из всех плюсов и минусов данных видов утепления, украинские нормы регламентируют расположение слоев теплоизоляционных материалов с внешней стороны несущей части стены, используя при этом конструкции внешних стен с фасадной теплоизоляцией согласно [1; 4]. Также не рекомендуется применение конструктивных решений со слоями из теплоизоляционных материалов с внутренней стороны конструкции, в связи с

возможным чрезмерным накоплением влаги в теплоизоляционном слое. Оно приводит к неудовлетворительному тепловлажностному состоянию конструкции и помещения в целом, а также к снижению тепловых свойств оболочки здания.

В процессе решения вопроса о теплоизоляции здания приходится столкнуться с таким понятием как точка росы.

Точка росы – это температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы содержащийся в нём пар достиг состояния насыщения и начал конденсироваться в росу. Во избежание возникновения проблем в будущем следует обеспечить максимально внимательный подход к выбору метода утепления оболочки здания.

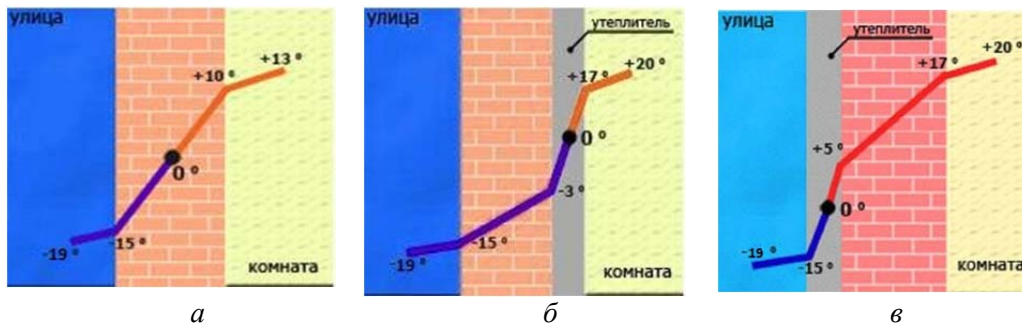


Рис. 1. Точка росы при различных решениях тепловой изоляции наружных стен

На рисунке 1 а представлена точка росы внутри ограждающей конструкции, в данном случае стены могут промерзнуть, и потери тепла могут достигать 80 %. На рисунке 1, б ограждающая конструкция не может аккумулировать тепло, и между внутренней стеной и теплоизолирующим слоем возникает зона конденсации водяного пара. На внутренней стене может появиться грибок, а сама стена находится в зоне отрицательных температур. На рисунке 1 в стена накапливает тепло, точка росы переходит в теплоизолирующий слой.

Существует способ, обеспечивающий уменьшение вероятности возникновения проблемы с точкой росы – это устройство вентилируемых фасадных систем. Эти системы позволяют сохранять тепло и обеспечить отвод избыточной влаги из стен. Воздушная прослойка между стеной и декоративной панелью значительно уменьшает теплоотдачу здания и уменьшает вероятность возникновения конденсата.

Исходя из норм, одним из основных пунктов к выполнению является расчет сопротивления теплопередачи термически однородной непрозрачной ограждающей конструкции, который производится по формуле:

$$R_y = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_s} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_s},$$

где α_e и α_s — коэффициенты теплоотдачи внутренней и внешней поверхностей ограждающей конструкции, $Bm/(m^2 \cdot K)$, которые принимаются согласно [3];

R_i — термическое сопротивление i -го слоя конструкции, $(m^2 \cdot K)/Bm$;

λ_{ip} — теплопроводность материала i -го слоя конструкции в расчетных условиях эксплуатации, $Bm/(m^2 \cdot K)$ [3].

Подробнее в качестве используемого строительного материала в реализации наружных стен рассмотрим бетон.

Бетон – строительный материал, производимый из общедоступного сырья и обладающий свойствами, отвечающими требованиям устойчивого развития в строительстве: низкой себестоимостью, высокой прочностью и тепловой инерцией. Кроме того, бетон – недорогой композиционный материал, который производится как из натурального природного, так и вторичного сырья, доступного в любой точке земного шара практически в неограниченном количестве. Этот материал устойчив к эрозии и различным видам загрязнителей, он обладает высокой тепловой инерцией, а за счет изменения состава способен приобретать самые разнообразные полезные свойства. Конструктивные системы зданий на основе бетона позволяют достичь высокого уровня энергосбережения в сочетании с невысоким уровнем эмиссии углекислого газа. Французское государственное агентство по охране окружающей

среды и энергоэффективности (ADEME) провело сравнительное изучение различных строительных материалов, в частности, древесины, бетона и кирпича, на предмет воздействия углеродного следа. Во время исследования бетон показал результаты не хуже, а в некоторых случаях даже лучше своих «конкурентов». Действительно, если при строительстве и эксплуатации каждого квадратного метра бетонно блочного дома выделяется 150 кг углекислого газа, то у других строительных систем этот показатель колеблется в пределах 140 – 200 кг CO₂/м² (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные теплофизические характеристики бетонов

№ п/п	Название материала	Плотность, ρ ₀ , кг/м ³	Расчетные характеристики в условиях эксплуатации	
			Теплопроводность λ _p , Вт/(м·К)	
			А	Б
Конструкционно-теплоизоляционные материалы				
Бетоны ячеистые				
1	Бетоны ячеистые	1 200	0,49	0,55
2	Газо- и пенозолобетон	1 200	0,52	0,58
Бетоны легкие				
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1 200	0,44	0,52
		1 400	0,56	0,65
4	Шлакопемзобетон	1 200	0,37	0,44
		1 400	0,44	0,52
Материалы конструкционные				
Бетоны конструкционные				
5	Железобетон	2 500	1,92	2,04
6	Бетон на гравии или щебне из природного камня	2 400	1,74	1,86

Для примера приведем уравнения для определения коэффициентов теплопроводности бетонов, в том числе и для ячеистого бетона [5]:

Таблица 2

Уравнения для определения коэффициентов теплопроводности материалов

Бетоны, по данным	Уравнения для расчета λ, Вт / (м·К)
Аглопоритосиликатобетон	$\lambda_w = 0,32 + 3,7 \cdot 10^{-4} (\rho_c - 1,15) + 0,0312W$
Золобетон, W ≤ 40%	$\lambda_w = 0,3\rho_0 + (0,038\rho_0 - 0,027)W$
Керамзитобетон	$\lambda_w = \lambda_s + 1,1BW$ где B = 0,015 и B = 0,025 – коэффициенты соответственно для керамзитобетона на золе и керамзитовом песке
Теплоизоляционный автоклавный бетон	$\lambda_w = 1,163k(\rho_0 - 0,01) + 2,71W + 0,14 \cdot 10^{-3}(t_{cp} - 20)$ где k – коэффициент, изменяющийся от 0,25 до 0,45
Ячеистые бетоны	$\lambda = 1,163(A + Bt_{cp})$ где A = 0,18...0,37, B = (1,1...1,5)·10 ⁻⁴ – крупноячеистый бетон; A = 0,9...0,1, B = (2...2,6)·10 ⁻⁴ – пенобетоны с мелкопористой структурой
Неорганические связанные материалы смешанного строения (бетоны, силикатный кирпич, песчаники)	$\lambda = 0,1087\rho^{0,5} \cdot 2,28\rho + 0,029$
Неорганические связанные материалы ячеистого строения d = 0,5...2 мм	$\lambda = 0,215\rho^{2,1} + 0,256$

Результаты и их обсуждение. Выполнив наружные несущие стены из бетона со специальным составом, получим эффективные показатели его теплопроводности и уменьшим стоимость и количество материалов для тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций. Во Франции эта технология является последней новинкой. Разработана она одним из мировых производителей бетонных материалов. Речь идет о технологии Thermedia 0,6 В [6 – 8]. Свежий бетон доставляется на строительные объекты для укладки наружных стен фасадов. Благодаря своему составу этот бетон позволяет на треть уменьшить теплопотери в области «мостиков холода» в жилых многоквартирных домах высотой более трёх этажей.

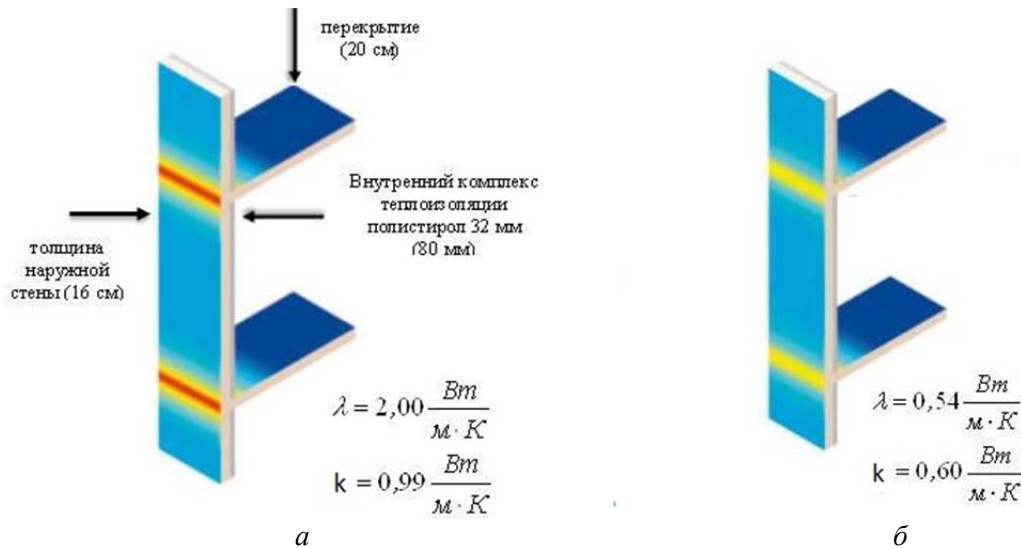


Рис. 2. Сравнение железобетона и бетона технологии Thermedia 0,6 В

На рисунке 2 представлено сравнение железобетона (рис. 2, а) и бетона Thermedia 0,6 В (рис. 2, б), коэффициенты теплопроводности для каждого вида бетона и значения линейных коэффициентов теплопередачи k узлов соединения ограждающих конструкций. Сравнивая значения коэффициентов можем, увидеть, что бетон Thermedia 0,6 В позволяет снизить теплопотери в местах мостиков холода на 35 %.

Таблица 3

Значения линейных коэффициентов теплопередачи k узлов соединения ограждающих конструкций

Тип узла	Конструктивные элементы узла	k узла, Вт/(м · К)
1. Узел горизонтального стыка стеновых панелей в уровне междуэтажного перекрытия		
	1 – керамзитобетон, $\rho = 1\,200 \text{ кг/м}^3$ 2 – железобетон, $\rho = 2\,500 \text{ кг/м}^3$ 3 – ЦП раствор, $\rho = 1\,600 \text{ кг/м}^3$ 4 – ЦП штукатурка, $\rho = 1\,600 \text{ кг/м}^3$ 5 – отделочный слой, $\rho = 1\,800 \text{ кг/м}^3$ 6 – гипсовая плита, $\rho = 1\,200 \text{ кг/м}^3$ 7 – воздушная прослойка	$k_{\text{перекр}} = 0,34$

2. Узел соединения цокольной стеновой панели с рядовой наружной панелью и с плитой перекрытия над подвалом		
	<p>1 – керамзитобетон, $\rho = 1\,200\text{ кг/м}^3$ 2 – железобетон, $\rho = 2\,500\text{ кг/м}^3$ 3 – ЦП раствор, $\rho = 1\,600\text{ кг/м}^3$ 4 – ЦП штукатурка, $\rho = 1\,600\text{ кг/м}^3$ 5 – отделочный слой, $\rho = 1\,800\text{ кг/м}^3$ 6 – гипсовая плита, $\rho = 1\,200\text{ кг/м}^3$ 7 – воздушная прослойка</p>	$k_{\text{подвал}} = 0,16$

Thermedia 0,6 В полностью выполняет свою роль конструкционного бетона с сопоставимыми механическими характеристиками. Без какой-либо модификации традиционной системы строительства, теплоизоляция внутри Thermedia 0,6 В позволяет:

- удовлетворить новым требованиям энергоэффективности зданий в соответствии с нормами, действующими на все здания с января 2013 года [10];
- получить значения линейных коэффициентов теплопередачи $k < 0,6\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ для узлов соединения ограждающих конструкций;
- соблюсти нормативные требования воздухопроницаемости;
- выполнить нормы строительства в любой области, в том числе сейсмической, сохраняя свободу архитектурного дизайна фасада.

Выводы. Исследован отечественный и зарубежный опыт решения тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций. Проведен поиск наиболее рациональных архитектурно-конструктивных решений тепловой изоляции зданий. Проанализированы теплофизические характеристики бетонов отечественного производства и французского бетона Thermedia 0,6 В.

Европейские исследователи уже прогрессивно работают над концепцией новых материалов, обладающих одновременно механическими качествами и высокими энергетическими показателями, которые не только улучшают комфорт жилья, уменьшая теплопотери, но также снижают его себестоимость. Для Украины этот вопрос совсем новый, но очень важный для будущего. Остается провести ряд исследований относительно выбора и применения действующих технологий к географическим, экономическим и архитектурным условиям нашей страны.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011.11.01] / Мінрегіонбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
2. Расчет и проектирование ограждающих конструкций зданий / НИИ строит. физики. – М. : Стройиздат, 1990. – 223 с.
3. **Сергейчук О. В.** Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огорожуючих конструкцій будинків: навч. посібник / О. В. Сергейчук. – К. : Такі справи, 1999. – 156 с.
4. Теплова ізоляція будівель зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року : ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинні від 2007.04.01] / Мінбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
5. **Шарков В. В.** Физические, тепло- и массообменные свойства строительных

материалов / В. В. Шарков, В. А. Мартыненко, Вл. В. Шарков, С. В. Бурейко // Справочник. – Д.: ПГАСА, 2009. – 192 с.

6. Commentça marche, les ponts thermiques // LeMoniteur. – 2013. – 29.01.
7. Constat de détraditionalité n°20/10-170 «Thermedia». – 2009. – 12 novembre.
8. Fiche Produit Thermedia // consultée le 27 décembre 2013 [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: http://www.clubprescrire.com/fiches_products.
9. RT 2000 – Réglementation thermique (France).
10. RT 2012 – Réglementation thermique (France).

SUMMARY

Problem. Today the problem of the power consumption reduction in the private apartments has become increasingly topical and stimulated the development of power-saving technology.

Power-saving technology allows to solve several problems at the same time: economy of energy supply, resolution of the housing and communal services problems, reduction of environment pollution, enterprise efficiency extension.

Literature review. Over the years in Europe and Scandinavian countries power-saving technology during construction and reconstruction of the buildings have been used. In these countries the necessary legislative standards were adopted. They take into consideration economic interest of the accommodation owners and investors. The main goal of those standards is the extension of power-efficiency level, which has been achieved with the help of effective heat insulation application. The topicality of power-efficiency concept in European countries is confirmed by the standards that have clearly stated all the requirements. Generally they ensure the accomplishment of the main condition which is the utilization of efficient constructions where realization of the power economy requirements is guaranteed.

In Ukraine there are state building standards, particularly which determine requirements to the heat engineering indicators of walling and to the order of their calculation with the aim to ensure efficient consumption of energy resources for heating, hygiene and sanitary parameters of the indoor climate, durability of walling during the maintenance of the building.

Aim. To analyse solutions given to heat insulation of outdoor walling as well as to determine heat insulation characteristics of the concrete and other energy efficient materials.

Main objectives: to study domestic and foreign experience bringing solutions to heat insulation of outdoor walling; to carry out the search of more efficient architectural and constructional solutions to heat insulation of buildings; to analyse thermal and physical characteristics of domestically produced concrete and French originated concrete Thermedia 0.6 B.

Conclusion: Domestic and foreign experience of heat insulation solution for outdoor walling has been studied. The search of more effective architectural and constructional solutions to heat insulation of buildings has been accomplished. Thermal and physical characteristics of domestically produced concrete and French originated concrete Thermedia 0.6 B have been studied.

European researchers are constantly working on the concept of new materials that possess both mechanic proprieties and high energy indicators that not only improve the comfort of dwellings or reduce heat losses, but also decrease the cost price of the accommodation. In Ukraine this problem is brand new and very important for the future. It is necessary to carry out a series of researches regarding the choice and application of currently used technologies depending on geographic, economic and architectural conditions in our country.

REFERENCES

1. . Zakhyst vid nebezpechnykh gheologichnykh procesiv, shkidlyvykh ekspluatatsijnykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivel'na klimatologhiya: DSTU-N B V.1.1-27:2010 – [Chynnyj vid 2011.11.01] / Minreghionbud Ukrayiny. – K. : Ukrarkhbudininform, 2011. – 123 s. – (Nacionaljnyj standart Ukrayiny)
2. Raschet i proyektirovaniye ogradhdayushchikh konstruktsiy zdaniy / NII stroit. fiziki. – M. : Stroyizdat, 1990. – 223 s.
3. **Sergeychuk O. V.** Arkhitekturno-budivelnа fizika. Teplotekhnika ogorodzhuyuchikh konstruktsiy budynkiv. Navch. posibnyk / O. V. Sergeychuk. – K. : Taki spravi, 1999. – 156 s.
4. Teplova izolyatsiya budivel zi Zminoyu №1 vid 1 lipnya 2013 roku: DBN V. 2.6-31:2006. –

[Chinnivid 2007.04.01] / Minbud Ukrayiny. – K. : Ukrarkhbudininform, 2006. – 65 s. – (Derzhavni budivelni normy Ukrayiny).

5. **Sharkov V. V.** Fizicheskiye, teplo- i massoobmennyyesvoystvastroitelnykhmaterialov / V. V. Sharkov, V. A. Martynenko, Vl. V. Sharkov, S. V. Bureyko // Spravochnik. – D. : PGASA, 2009. – 192 s.

6. Commentça marche, les ponts thermiques // LeMoniteur. – 2013. – 29.01.

7. Constatdetraditionalité n°20/10-170 «Thermedia». – 2009. – 12 novembre.

8. FicheProduitThermedia // consultéle 27 décembre 2013 [Elektronnyiy resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: http://www.clubprescrire.com/fiches_products.

9. RT 2000 – Réglementation thermique (France).

10. RT 2012 – Réglementation thermique (France).

УДК 681. 513: 620. 925

**ЕКСТРЕМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ
В УМОВАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ**

В. О. Ужеловський, к. т. н., доц., С. О. Ткаченко, спец.

Ключові слова: імітаційне моделювання, метантенк, температурний режим, біогаз, екстремальне регулювання

Постановка проблеми. Науково-технічний прогрес у галузі розвитку технічних систем передбачає можливості підвищення енергоефективності цих систем за допомогою вироблення енергії з нетрадиційних джерел. У цьому зв'язку значне місце у виробництві енергії посідають технологічні процеси, засновані на біоконверсії, що являють собою анаеробний мікробіологічний процес, в ході якого здійснюється перетворення різних органічних речовин на енергоносії, яким є біогаз, у першу чергу метан. Це особливо важливо для формування енергетичних потоків, що забезпечують функціонування невеликих підприємств і в першу чергу підприємств, віддалених від техногенних регіонів.

Ефективність цих процесів великою мірою визначається рівнем автоматизації та управління технологічним процесом виробництва біогазу, яка дозволяє оптимізувати процес, підвищити його ефективність і можливість адаптації до реальних виробничих умов [7].

Аналіз літератури. У працях сучасних фахівців у галузі управління процесами виробництва енергії з нетрадиційних джерел уже склалося стійке та якісне уявлення про керування виробництвом біогазу з біомаси. Зокрема, Ю. Орлова у своїй дисертації стверджує, що в автоматизації технологічного процесу виробництва біогазу вирішальну роль відіграють інформаційні потоки про якість технологічних переходів, що формують системи зворотних зв'язків замкнених автоматизованих пристроїв управління. Саме зворотні зв'язки в сукупності з елементами системи автоматики великою мірою визначають якість технологічних переходів процесу біоконверсії [7].

Особливості та характеристики біогазових технологій широко розглянуті в публікаціях Б. Баадера [1], В. Сербіна [12], Г. Ратушняка [9; 10; 11]. Проте серед них недостатньо інформації про реалізацію автоматичних систем, які б підтримували необхідні умови. Такі відомості можна знайти в дослідженнях суміжних тем А. Єгорова [2], Ж. Ліоне [5].

Згідно з ними, для реалізації технологічного процесу біоконверсії, забезпечення його якості на етапі безпосереднього зброджування субстрату, необхідно сформувавши, принаймні, шість інформаційних потоків: час зброджування сировини, температурний режим, стабільність температурного режиму, концентрація газу, завантаження реактора (метантенка), якість перемішування. Кожен із потоків має частку впливу на результати зброджування, проте найважливіше для оптимального процесу біоконверсії – підтримання температури. Використовуючи відомі експериментальні залежності кількісного виходу біогазу від підтримуваних температур та застосовуючи екстремальне керування, можна виконати оптимізацію системи автоматичного керування технологічним процесом виробництва біогазу в контурі регулювання температури.

Існує два підходи до реалізації завдання управління. Перший – це побудова алгоритму управління на базі емпіричного алгоритму, наприклад, на базі широковідомих ПД