

Abstracts of Dissertations

Institute of Information and
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES

4 / 2020



METHODS AND MEANS
FOR OBSERVING THE
ENERGY EFFICIENCY OF
BUILDINGS AND
CONSTRUCTIONS

Veneta Yosifova

МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА
ИЗСЛЕДВАНЕ НА
ЕНЕРГИЙНАТА
ЕФЕКТИВНОСТ НА СГРАДИ И
СЪОРЪЖЕНИЯ

Венета Йосифова

Автореферати на дисертации

Институт по информационни и
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Пореаницата „Авореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

Редактори

Геннадий Агре

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

Editors

Gennady Agre

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Rayna Georgieva

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

METHODS AND MEANS FOR OBSERVING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

Veneta Yosifova

Supervisor: Prof. Dimitar Karastoyanov

Approved by Supervising Committee:

Prof. Todor Neshkov
Assoc. Prof. Lyuben Klochkov
Assoc. Prof. Gocho Slavov
Prof. Lyubka Doukovska
Assoc. Prof. Vladimir Monov



**INSTITUTE OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Department of Embedded Intelligent Technologies

DISERTATION

METHODS AND MEANS FOR OBSERVING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

Veneta Christova Yosifova

One of the biggest problems of 21st century is the climate change. Among the big worlds problems that it leads is the increasing energy cost. Buildings consume 40-50% of energy supply and about 50% of energy generated is wasted. Because of that civil engineers and scientists develop new building materials and new construction techniques for keeping the energy inside the buildings.

Energy efficiency is one of the most important subjects for the modern world. Climate change and deficiency of energy resources are among the main topics science is focused on worldwide. A various of solutions are developed for making buildings and structures energy efficient in order to live in better and environmentally friendly surrounding.

Chapter I: Overview, analysis and systematization of the main factors concerned buildings energy efficiency

1. Energy Efficiency

The term "energy efficiency" refers to the ratio between the useful output and input of an energy conversion process, minimizing the amount of energy used for a given, constant energy service. Increasing energy efficiency of things will contribute to reducing carbon and other dangerous gas emissions and will affect positively the climate change in order people to live more sustainably.

2. European Union measures for energy efficiency

Reducing energy consumption and losses is increasingly important for all countries governments and the European Union. In 2007, EU leaders set themselves the goal of reducing annual energy consumption within the Union by 20% by 2020. Energy efficiency increasing measures are seen as not only a means of achieving sustainable energy supply, reducing greenhouse gas emissions, increasing security of supply and reducing import costs, but also boosting competitiveness in the union. For this reason, energy efficiency is a strategic priority for the energy alliance and the European Union maintains the principle of "energy efficiency first".

3. Energy Efficiency in Bulgaria

According to Eurostat data since joining the European Union in 2007, Bulgaria has consistently ranked the top among the member states in the energy intensity rating. In other words, compared to the rest of the EU-27, our country uses the most energy resources to produce a unit of gross domestic product. Bulgaria's Energy Efficiency Strategy is in line with EU normative, indicative targets and EEAP planning documents and meets the need to implement

energy efficiency policy at all levels of government. The country is striving for the timely implementation of existing Community legislation in the field of energy efficiency through the correct transposition and implementation of the main directives within the set deadlines.

One of the measures taken to increase energy efficiency is the Energy Efficiency Act. It introduces the requirements of Directive 2006/32 / EU and regulates public relations connected to the implementation of the state policy on energy efficiency improvement in final energy consumption and the provision of energy services.

The Ministry of Regional Development and Public Works publishes detailed information on the measures taken in connection with improving energy efficiency in Bulgaria. One of the most serious measures is the "National Energy Efficiency Program for Multifamily Residential Buildings". The program is aimed at renovation of multi-family residential buildings with the main objective — implementing energy efficiency measures to ensure better living conditions for citizens in multifamily residential buildings, thermal comfort and sustainable consumption. For nearly 11 years since the program has been operating in Bulgaria, it has lent 83 million Euro to finance projects of over 53,000 households.

4. Climate impact over buildings

In designing and construction phases of a building few climate factors should be taken in consideration, in order to provide the most sustainable solutions:

1. Prescriptive temperatures — Bulgaria is divided in nine zones depending of the prescriptive temperatures. Every zone has certain temperature characteristics.
2. Air humidity — it affects the condensation and moisture in the insulation materials, which reflects to their effectiveness
3. Water steam pressure — we can observe condensation in the material if the maximum partial pressure is reached
4. Wind — the rising of heat cycling in the surrounding constructions leads to bigger heat losses
5. Rain, snow— leads to moisture in the construction
6. UV Radiation — affect the horizontal constructions

5. Moisture control in buildings

5.1 Moisture in buildings

Moisture control is fundamental to the proper functioning of any building and its energy efficiency. Controlling moisture is important to protect occupants from adverse health effects and to protect the building, its mechanical systems and its contents from physical or chemical damage.

In order to avoid moisture the designers and architects should keep basic control principles:

1. Control Liquid Water — keeping liquid water out of the building. Sheltering occupants from water is a primary purpose of building assemblies including roofs, walls and foundations. Some of the sources of water from outside and inside the building are:
 - Rain and melting snow, ice or frost
 - Groundwater and surface runoff

- Water brought into the building by plumbing
 - Wet materials enclosed in building assemblies during construction.
2. Using moisture-tolerant materials — materials that can withstand repeated wetting in areas that are expected to get wet and designing assemblies that dry quickly. Moisture-tolerant materials should be used in areas that are getting wet by design or are likely to get wet by accident.
 3. Managing Condensation — this is the most crucial point and the most important designing step in order to avoid building materials and construction damage.

5.2 Condensation

Air contains invisible water vapor. The higher the air temperature, the more water vapor it can hold. The lower the air temperature, the less water it can hold. Condensation occurs in buildings where the air temperature rises and becomes warmer and then contacts a cold surface. The air then cools as it contacts the cold surface and produces visible water droplets on the cold surface. Water that is formed is known as “condensate” and the process called “condensation”. If more water vapor (warmer air) is present, further condensation will occur. The condensation occurrence in buildings is the result of complex interactions between the environment, construction methods and building occupant behavior. The process of condensation in buildings is reversible. Where construction material surfaces are warmer or ventilated, condensation may evaporate.

Refrigerated air conditioning has open new frontiers for water vapor to cause problems in situations where it would previously have been unlikely, by cooling building surfaces to temperatures below the usual reach of the natural environment. With growing use of air conditioning in many types of buildings, the effects of artificially cooled interiors and of naturally cool outdoor climates both need to be considered.

5.3 Calculation of the surrounding constructions in buildings for moisture and condensation

A proper calculation of the surrounding constructions in buildings for moisture and condensation is needed for avoiding condensation in the construction layers and to guarantee that the condense humidity gathered true the cold season will evaporate during the hot season.

6. Buildings impact over climate change

6. 1 Energy consumption forecast

While constant efforts are being made to reduce the harmful effects over the natural sources in developed countries, many of the existing buildings and facilities are dangerously affecting the climate and the environment. This creates a need to focus on reducing the harmful impact and turning buildings and facilities into more energy-efficient.

Regions with underdeveloped or outdated infrastructure have an impact on climate change, causing heat stress, numerous rainfalls, internal and coastal floods, landslides, air and water pollution.

Climate change can lead to many difficulties in the building sector such as:

- Slowing down construction and increasing investments due to increased rains

- Heat waves affecting the construction
- Changes in the temperatures will lead to increased energy consumption
- Increasing production costs
- Soil damage

6. Buildings impact over climate change

Buildings and facilities have a major impact on climate change. Not only building methods and embedded materials are harmful to the environment, but also is the maintenance processes. Main negative influence is cost from:

- Energy consumption — According to U.S. Pat. Green Building Council (USGBC), the building fund consumes about 41% of all energy consummation in the world.
- Air pollution
- Water consumption
- Building material production
- Building waste while construction or demolishing

7. Determining building's energy efficiency

7.1 Types of energy in building

The building gross energy needs represent the anticipated buildings requirements for heating, lighting, cooling, ventilation, air conditioning and humidification. For determining this needs the climate conditions, building characteristics and architectural plan are taken in consideration.

- Natural Energy — Includes passive solar heating, passive cooling, natural ventilation flow, and daylight. Intelligent maximization of natural energy gains can result in significant reduction of delivered energy required to meet a building's energy needs.
- Internal heat gain — Internal heat is the thermal energy from people, lighting and appliances that give off heat to the indoor environment.
- Delivered energy — This is the amount of energy supplied to meet a building's net energy demand i.e. to provide energy for heating, cooling, ventilation, hot water and lighting.
- Exported energy — This is the fraction of delivered energy that, where applicable, is sold to external users.
- System losses — System losses result from the inefficiencies in transporting and converting the delivered energy, i.e. of the 100 per cent delivered energy, only 90 per cent may be used to provide the actual services, e.g. lighting, cooling or ventilation, due to the inefficiency of the equipment used.

7.2 Determining a building's energy performance

The calculation of energy use in buildings is based on the characteristics of the building and its installed equipment. It is structured in three levels:

- Level 1. Calculation of the building's net energy requirements
- Level 2. Determination of the building's delivered energy
- Level 3. Determination of the overall energy performance indicators

7.3 Energy consumption benchmarks

Building energy consumption benchmarks are representative values for common building types against which a building's actual performance can be compared. The two main purposes of benchmarks are:

- To identify if a building's energy performance is good, average or poor with respect to other buildings of its type;
- To identify potential savings, shown by the variance between the actual data and the benchmarks: the worse the performance against a benchmark, the greater the opportunity for improving performance, and making cost savings.

7.4 Certifying buildings energy efficiency

An energy efficiency certificate is a summary of the building energy audit. It is meant to give information on the building's energy consumption and its energy efficiency rating. The purpose of energy efficiency certificates is to:

- Inform tenants and prospective buyers of the expected running costs;
- Create public awareness;
- Act as a prerequisite of measures to improve its energy efficiency;
- To effect incentives, penalties or legal proceedings.

Chapter II Existing means and methods for increasing energy efficiency

1. Energy efficiency measuring instruments

Modern energy efficiency standards for buildings and facilities call for the use of economic incentives to improve the energy efficiency of buildings in a number of EU Member States. This creates the need for the application of heat permeability surveys of the building structures and elements.

There are a lot of tools necessary for determining if one facility is energy efficient or not. Based on physics laws and computer science, these instruments help to discover energy losses, thermal bridges, inner temperature and how much energy the building consumes.

1.1 Heat Flow Meters

HFM are exact, fast and easy-to-use instruments for measuring the thermal conductivity of low conductivity materials such as insulations. Over extended periods of time, this instrument is also valuable for conducting aging studies or examining the long-term consistency of a product

1.2 Thermal Leak Detector

This device is fast, convenient, and easy to use. It saves on heating and cooling energy costs by reducing hidden leaks. The methodology of its work is based on comparison of surface temperatures of objects and their referent values.

1.3 Standby Energy Monitor

Powerful energy meter that measures energy, current, voltage, minimum and maximum Power, CO₂ consumption, frequency, reactive power, apparent power and operating hours. It has calculation of daily, weekly or yearly electricity costs with country-specific plugs available.

1.4 Infrared pyrometer

This instrument contains a passive sensor which receives and measures heat radiation from an object. Since temperature is measured without direct contact, measurements are made very fast, around one second, so that thermal patterns and transient phenomena can be observed. The accuracy is insured since the heat is not removed from the measured object. Moving objects, dangerous materials and electrical components can be safely measured.

1.5 Infrared thermometer

The thermometer measures a wide temperature range from -30 to +900°C quickly and without direct contact. By laser sighting the measuring area can be defined for bigger precision. Because of the wide focus accurate long distance measurements are possible. The display automatically charts the last ten temperature points using maximum and minimum values to establish the range.

1.6 Thermal Properties Analyzer

This tool is handheld device used to measure thermal properties. It allows to observe temperature changes in laboratory and on site situations.

1.7 Thermal camera

While specialized testing techniques are available to evaluate individual inspection components of a building, thermography is the only technology able to deliver the whole overview of the building consumption as a complete system. Thermal images, or thermo-grams, display the amount of infrared energy emitted, transmitted, and reflected by an object.

Thermal imaging cameras for building applications are powerful and non-invasive tools for monitoring and diagnosing the condition not only of buildings, but every kind of construction you have access to. With a thermal imaging camera you can identify problems such as energy losses, missing or defective insulation, air leaks, thermal bridges etc., early, allowing them to be documented and corrected before becoming more serious and more costly to repair.

2. Insulation

Insulation is the most practical and cost effective way to make a house more energy efficient in many ways. Keeping the space cooler in summer and warmer in winter saves 40 percent energy and reduces heating and cooling bills. It also reduces condensation in the surrounding surfaces. The type and quantity of the used insulation depends from the type of construction, climate zone characteristics, building materials and the architectural plan.

2.1 Types of insulation materials

Based on the coefficient of thermal conductance (λ) and their origin the insulation materials are divided in few groups:

Inorganic insulation materials

1. Cellular concrete ($\lambda = 0,14 \div 0,22$)
 - cement-based material
 - presented mainly in the form of pre-cast blocks (Ytong, Hebel etc.)
 - densities, from 250 kg/m³ to 1600 kg/m³
 - chemical resistance
 - fire resistance
2. Foamglass ($\lambda = 0,0045$)
 - 100% glass, manufactured primarily from sand, limestone, and soda ash
 - impervious to moisture
 - resistant to insects and vermin
 - strong
 - well-insulating
 - appropriate for roof decks, green roofs, and parking decks
3. Mineral wool ($\lambda = 0,050$)
 - made from molten glass, stone or slag
 - glass wool and stone wool
 - fibers which prevents the movement of air
 - combat noise pollution
 - reduce the risk of fire
 - cost-effective product
 - environmental friendly

Organic Insulation materials ($\lambda = 0,030 \div 0,040$)

1. Expanded polystyrene (EPS)
 - manufactured by “expanding” a polystyrene polymer
 - lightweight material
 - economical
 - recyclable
 - prevent mold or mildew growth
 - long-term use
2. Extruded polystyrene (XPS)
 - formed with polystyrene polymer
 - manufactured using an extrusion process
 - distinctive color to identify product brand
 - uniform closed-cell structure
 - consistent product qualities
 - long-term reliability
 - resistance to moisture
 - resistant to time, water, cold, heat, and pressure
 - available in a variety of sizes
3. Polyurethane foam
 - made by mixing and reacting chemicals to create a foam
 - provides a moisture barrier
 - suitable for hard to reach spaces
 - resist heat transfer
 - reducing unwanted air infiltration through cracks, seams, and joints

2.2 Insulation application technology

Making thermal insulation is a specific job that, if not properly executed, can have a bad effect and low return on investment. It is important both the contractor's manufacturing technology and individual skills, as well as the materials used and their proper combination.

3. Solar panels

Solar panel electricity systems capture the sun's energy using photovoltaic cells; they are also known as photovoltaic panels (PV). The cells convert the sunlight into electricity, which can be used to run different kind of appliances and lighting. They don't need direct sunlight to work – they can generate some electricity on a cloudy day and are usually mounted on building's rooftop.

There are lots of benefits of solar electricity but the most important one is the carbon free usage — solar electricity is green renewable energy and doesn't release any harmful carbon dioxide or other pollutants. A typical home solar PV system could save nearly two tones of carbon per year.

The electricity generated by solar panels first supplies on-site needs, with the grid supplying additional electricity as needed. When the building generates more electricity than it consumes, the electricity is fed back into the grid. It is very effective for administrative buildings, big stores and production factories.

4. Energy efficient light bulbs

Traditional incandescent bulbs are no longer manufactured since they use a lot of energy to produce light and 90 percent of the energy is given off as heat. In 2012 new lighting standards took effect worldwide, and thus a money-saving options such as LED, halogen incandescent and CFL light bulbs appeared. Although they can initially cost more than traditional incandescent bulbs, during their lifetime they save money, because they use less energy.

4.1 CFL

Compact fluorescent lamps (CFL) are simply curly versions of the long tube fluorescent lights. They use less electricity than traditional incandescent and usually return the investment in less than nine months. An EnergyStar® — qualified (international standard for energy efficient consumer products originated in the United States) CFL uses about one-fourth the energy and lasts ten times longer than a comparable traditional incandescent bulb that puts out the same amount of light.

Fluorescent bulbs contain a small amount of mercury, and they should always be recycled at the end of their lifespan.

4.2 LED

Light emitting diodes (LEDs) are a type of solid-state lighting — semiconductors that convert electricity into light. Although once known mainly for indicator and traffic lights, LED's in white light, general illumination applications are one of today's most energy-efficient and rapidly developing technologies. An EnergyStar® — qualified LED's use only 20–25 percent of the energy and last up to 25 times longer than the traditional incandescent bulbs they replace.

5. Cooling systems

Undoubtedly one of most common choices for heating and cooling space is air conditioning, although not every air conditioner is energy efficient. Each air conditioner has an energy efficiency rating that lists how many Btu (British thermal unit) per hour are removed for each watt of power it draws. For room air conditioners, this efficiency rating is the Energy Efficiency Ratio, or EER. For central air conditioners, it is the Seasonal Energy Efficiency Ratio, or SEER. These ratings are posted on an Energy Guide Label, which must be conspicuously attached to all new air conditioners. Many air conditioner manufacturers are participants in 5 EnergyStar® labeling program. Labeled appliances mean that they have high EER and SEER ratings. In general, new air conditioners with higher EERs or SEERs are more expensive, but the initial investment returns several times during product's life span and the saved energy contributes for qualifying the building using them as sustainable and "green".

6. Air curtains

In many premises, for example shops, department stores, industrial premises and warehouse distribution terminals, doors remain open for a large part of the day. This means huge losses of expensive heated or cooled air, but also poor levels of comfort for customers and staff.

Air curtains create an air barrier between warm and cold and prevent cold outdoor air from entering, and heated indoor air from escaping; ultimately resulting in protecting air conditioned premises and refrigerated rooms. A correctly installed air curtain reduces draughts and ensures comfortable indoor conditions with reduced energy losses at doorways and entrances. The air curtains ensure a comfortable indoor climate, free from draughts. They also keep out insects and gas emissions.

7. Window profiles

Window insulation is one of the most important things in a home, in public and industrial buildings. The window profiles provide comfort, good insulation from outside weather conditions and reduces heating costs in winter or cooling during the summer, making it a trusted ally in improving the energy efficiency of the building.

The window market today is extremely varied. Now there is much more choice for consumers than 10 years ago. The most preferred are aluminum or PVC profiles, each of which has its advantages and disadvantages.

7.1 Aluminum profiles

The aluminum profiles have a lot of advantages such as:

- Firm material
- UV protection
- Long-life
- Flexibility
- Hard conditions durability

The main disadvantage is that it is unresisting condensation.

7.2 PVC profiles

PVC windows are preferable choice nowadays. The material used is Polyvinyl Chloride (C₂H₃Cl), which has great characteristics:

- Avoid condensation
- UV protection
- Soundproofed
- Great insulation skills
- Good ratio between quality and price
- Lack of maintenance
- Easy coloring
- Ecological product

Chapter III Innovative approaches for increasing energy efficiency of existing buildings and facilities

1. Building Managing Systems

If the amount of energy consumed by each sector based on reported yearly energy data is analyzed, the energy end-use of commercial building are for lighting (20.2%), spacing heating (16.0%), spacing cooling (14.5%), ventilation (9.1%), refrigeration (6.6%), other (33.6%) based on primary energy. These facts indicate about 60% of the energy end-use (lighting, space heating and cooling, ventilation) is somehow related to the building control system.

BMS (Building Management Systems) or BAS (Building Automation Systems) are helping facilities to meet energy saving and lighting control demand. With programed control systems different energy saving goals can be achieved:

- Detection of occupancy — Different occupancy sensors accommodate a broad range of coverage areas and create patterns of usage that controls the lightning, ventilation and heating/cooling. BMS mainly use timers to automate switching of lights and other energy consuming appliances, which is a simple way to ensure that devices are only on for a set period of time.
- Dimming and Switched Lighting — timed switching lights ON or OFF when needed (day, night, weekends) is one of the easiest ways to reduce overall electricity consumption.
- Demand Response — Demand response is an energy conservation strategy that involves reducing lighting loads during peak energy usage.

2. Radiant Heating

Radiant heating is a technology for heating indoor and outdoor areas gaining popularity in the last decade, although it is observed everyday:

Sun is the most popular radiant heater. Its infrared rays can travel a long distance without losing much energy. When the infrared rays hit a surface, the energy is converted to heat. Warm objects then heat the surrounding air. Even though the sun is far away it heats the surface of the Earth, while the space in between remains cold.

The modern radiant heaters keep the same principle — the heat is emitted as soon as the rays hit a surface with no losses on the way and the heat is then transmitted to the air. Radiant heaters also give instant heat.

With radiant heating systems, different zones within the same room can have different temperatures. This means energy can be saved and comfort increased. Radiant heaters also provide efficient and economical protection against cold draughts. The radiated heat "naturally" migrates to where it is most needed, which means that cold surfaces, such as windows will attract

the radiant heating.

Radiant heaters heat without being seen or heard and are easy to be mounted on ceiling or wall. They are especially useful outdoors, and in buildings that are used occasionally such as sport centers, country houses, concert halls etc.

3. Energy efficient materials

Combining innovative technologies and building techniques more and more new energy efficient materials that have low ecological impact are developed.

3.1 Glass windows

Princeton University researchers predict that futuristic smart windows could save up to 40 percent in energy costs. The researchers developed a new type of smart window that controls the amount of light and heat entering the building and is self-powered by transparent solar cells in the window itself. The technology is deposited on a glass as a thin film, and the researchers are working to develop a flexible version that could be easily applied to existing windows.

3.2 CLT Panels

Cross-laminated timber (CLT) panels are a relatively new material for architects that can be used to help meet their design goals without wasting much timber. CLT offers certain advantages in terms of energy efficiency when compared to wood. CLT can also be made in dimensions up to 10 feet wide, 40 feet long and more than a foot thick. With engineered wood products, the wood fibers reinforce the lumber, making it potentially stronger than 100 percent recycled plastic.

3.3 SIP Elements

Structural Insulated Panels are made from foam and oriented strand board (OSB) and take less energy and raw materials to produce than other structural building systems with excellent insulation characteristics. And while building professionals already rely on SIPs for energy efficiency, new advances in the panels will further enhance insulation. For example, some manufacturers are now producing panels with graphite polystyrene (GPS) insulation, easily recognized by its gray color, and which helps boost the panel's R-values even higher—sometimes more than 20 percent higher.

3.4 Nanogel-filled polycarbonate sheets

To achieve both day lighting needs and energy efficiency, nanogel-filled polycarbonate sheets can be used on translucent walls and ceilings in a new type of multiwall system. Additionally, the energy used to extrude polycarbonate sheets is generally a fraction of that to manufacture glass. Polycarbonate sheets are also durable—250 times more impact-resistant than glass and virtually unbreakable; they are tested to perform from -40 to 120 C (-40 to 240 F) and can withstand more extreme weather such as windstorms, hail, or snowstorms.

3.5 3D printed materials

Dutch researchers recently tested this idea; using a 3D printed façade system to optimize a building's thermal performance. This system is known as

Spong3D, and it is stiff, yet lightweight. The researchers believe the new material integrates multiple functions to optimize thermal performance according to different climate conditions throughout the year. It works by integrating air cavities for thermal insulation and channels in the outer surfaces of the facade that store movable thermal mass.

4. Passive ventilation

Passive ventilation is a natural ventilation system that uses natural forces such as wind and thermodynamics to circulate air to and from the interior. The methodology originates from nature, but to integrate into construction, architects and engineers create new and innovative structures and elements. Specially designed openings including windows, doors, solar chimneys, wind turbines and fans are designed. This natural ventilation of buildings depends on climate, building design and human behavior.

Ventilation systems work to regulate the temperature of the indoor air as well as to inject fresh air or ventilate the overheated air.

Few of the biggest advantages of this type of ventilation are:

- Lower expenses since the methodology is based on natural forces
- Low maintenance
- Clean air distributed around the inside of the building
- Low carbon input

The main disadvantage is that the system is dependable of the outside climate condition and it is not suitable in all cases.

5. Modern energy efficient building examples

Nearly zero energy buildings (NZEB) have very high energy efficiency. The low amount of energy these buildings require comes mostly from renewable sources.

The Energy Performance of Buildings Directive requires all new buildings to be near zero by the end of 2020. All new public buildings should be almost zero by the end of 2018.

5.1 Heliotrope — Freiburg, Germany

Rolf Disch, a German architect has built a residential building called Heliotrope which follows the sun throughout the day equipped with special photovoltaic pannels. The structure includes triple glass-insulated glass panels to achieve a balance between light access and maintaining a cooled interior.

5.2 Central Park — Sydney, Australia

The 2 billion-dollar project aims at a high environmental rating. Part of this mission is a local power, heating and cooling system. This will be Australia's largest urban-like system. Rainwater will be captured and re-used for various purposes. Typical for the project are the landscaped green roofs and vertical gardens on the facade, which help to reduce dangerous emissions and environmental enrichment.

5.3 Bay Area Transect — San Francisco, USA

The stunning multi-layered green roof structure called Bay Area Transect has been named the winner of the Architecture at Zero Contest in 2018. The

project combines clever landscaping planning, zero energy consumption and innovative positioning strategies according to the Romberg Tiburon Center vision for connecting science, society and the sea.

6. Increasing energy efficiency of a typical office area

In Bulgaria, many old buildings built in the 1960s and 1970s are used for office and administrative purposes. Their capacity is full and the power consumption is great. The fact that a large flow of people passes through them all day makes them extremely energy-intensive and difficult to maintain. Existence of defects in construction as a result of aging, lack of heat insulation and long lifetime makes them energy-inefficient and expensive to maintain. There is also the inability to control the use of electric appliances for heating and ventilation by consumers depending on the season.

Using the information gathered during training, I offer a schematic solution for increasing the energy efficiency of a typical office building area. The methodology is applicable to many of the existing sites on the territory of the country and is compliant with the climatic features, the proposed solutions on the market and the economic situation.

Chapter IV Experiments

To illustrate the disadvantages of outdated building practices and the advantages of the proposed methods for improving the energy efficiency of existing buildings and facilities, experiments were carried out with the FLIR P640 thermal camera.

1. 1st Experiment — Comparing operational work between wooden and PVC window profiles

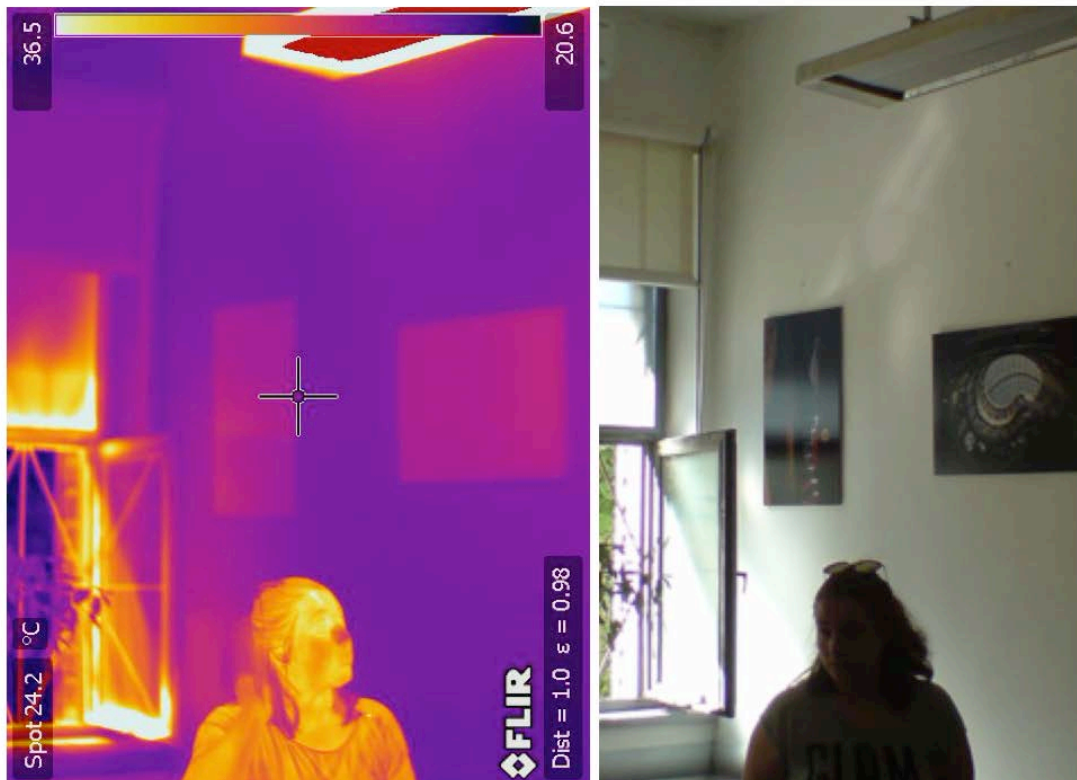
The experiment was conducted in April in the BAC campus, IICT building. Best performance on building envelope behavior can be observed during the winter-spring season when there is a significant temperature difference between the outside and inside temperature.

From the outside of the facade of the IICT building, a thermal image is taken from the ground level to the first and second floor windows. On the first floor, the window frames of the windows are wooden, placed during the construction of the facility. On the second floor the window frames has been replaced with PVC window profiles.

One of the hard decisions architects and designers has to make when planning a new building is how to heat it. In office and administrative buildings this decision is made even more difficult because of the presence of large, spacious rooms, high ceilings and differences in consumer attitudes. In the experiment, the behavior of a radiant heater mounted on the ceiling in an office room was observed. Although the ceiling is high (approx. 4 m), the comfortable proper installation height of the heater is attained by convenient extension elements for efficient heat distribution.



2. 2nd Experiment — Observing the operational work of a radiant heater in office premises



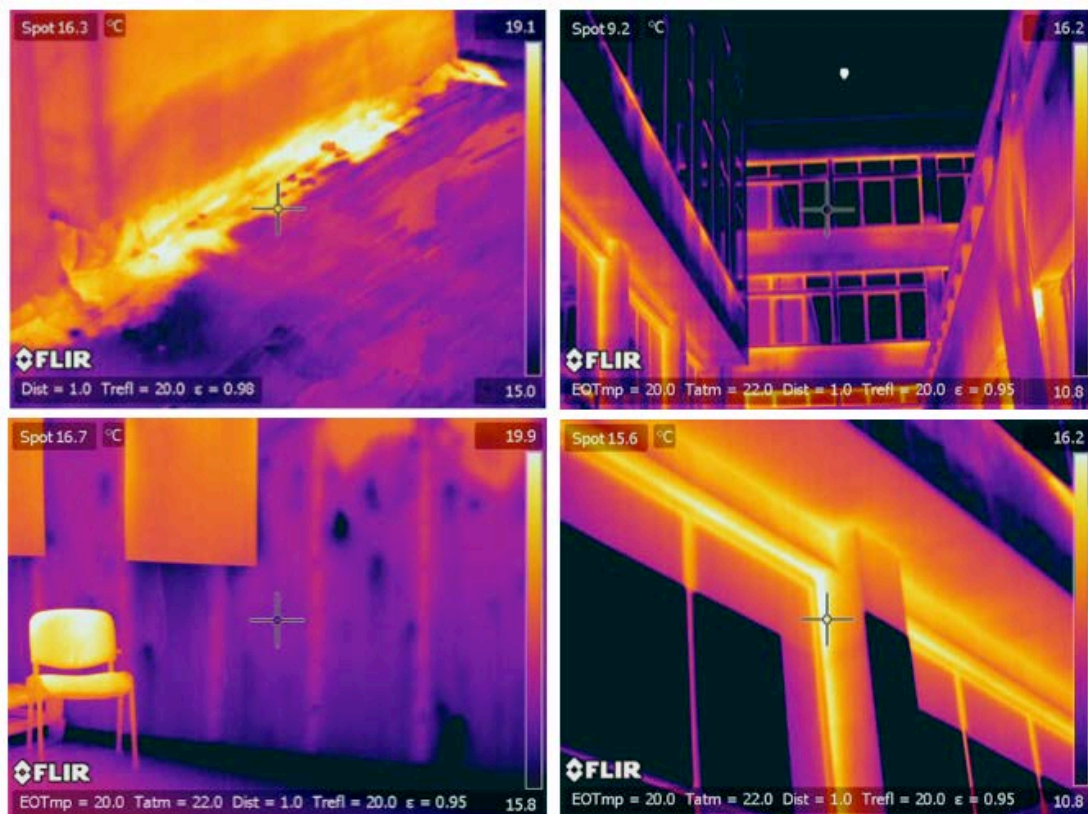
3. 3rd Experiment — Comparing operational work of a radiant heater and ordinary heater in industrial premises

In an experiment in an industrial high-altitude hall (~ 60m² ~ 4m), the operation of two heating radiators - the SANG convection oven and the VARMA 301 (1500W) radiant heating - was compared. Their energy consumption for heating the room was calculated and compared.

4. 4th Experiment — Detecting construction flaws in existing buildings and during construction works

In order to guarantee the quality performance of any finishing work during the construction, it is necessary to carry out quality control. A number of irregularities can be detected by thermal camera, such as compromising thermal insulation, thermal bridges, bad waterproofing and other structural defects. Such type of problems, compromise the quality of the building and its energy efficiency.

Through a series of studies in the building of the University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, and a newly built office building, problems, impossible to detect with simple eye, have been identified that should be removed or repaired.



Conclusion:

Modern solutions for non-destructive testing of structures and materials allow us to detect unseen defects and problems. This gives an advantage for their proper removal. Computer technologies and digitization are continuously partnering with the construction sector in the search for energy-efficient solutions for a better lifestyle and harmony with the environment. In terms to increase the energy efficiency of existing buildings and facilities, such practices would play an important role in the qualitative implementation of upgrading and repairing activities on the way to green energy buildings with zero energy consumption.



АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по научна специалност “Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“

МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА СГРАДИ И СЪОРЪЖЕНИЯ

Венета Йосифова

Ръководител: Проф. Димитър Карастоянов

Научно жури:

Проф. Тодор Нешков
Доц. Любен Клочков
Доц. Гочо Славов
Доц. Владимир Монов
Проф. Любка Дуковска



Институт по информационни и комуникационни технологии

Секция „Вградени интелигентни технологии“

I Обзор, анализ и систематизация на фактори, влияещи на енергийната ефективност на сгради и съоръжения

1. Същност на енергийната ефективност

Терминът "енергийна ефективност" представлява съотношението между изходното количество производителност, услуга, стока или енергия и вложеното количество енергия [1].

Повишаването на енергийната ефективност ще допринесе за ограничаване на емисиите от въглероден диоксид и други парникови газове и съответно ще спомогне за предотвратяване на изменението на климата.

За постигане на енергийна ефективност непрекъснато се разработват нови технологии и процеси в строителството, електрониката, производството, транспорта, като целта е до 2050 г. енергийните нужди да се намалят до една трета от текущото потребление, с което да се контролират вредните емисии и парниковия ефект. Това е голямо предизвикателство от научна, технологична и икономическа гледна точка, засягащо глобалното затопляне и използването на природни ресурси.

[2] Терминът трябва да се разграничи от "запазването на енергия", характеризиращ например намаляването на термостата през зимата или неизползването на моторни превозни средства.

В индустрията, производителите на желязо, стомана, цимент и др. могат да се превърнат в по-енергийно ефективни чрез ново оборудване и използването на отпадъчната енергията и отпадъчни материали. Например енергията получена при охлаждането на нагорещена тръба, може да се използва за нагряване на друг материал. Чрез инсталиране на енергийно ефективни двигатели, помпи и други машини, 20-25% от енергията за производство може да бъде спестена.

Благодарение на фактори като подобрене на двигатели, осветлението и аеродинамиката, при превозните средства също може да се наблюдава значително повишение на ефективността. С напредването на технологията в Европейския Съюз вредните емисии отделяни от обикновен автомобил могат да бъдат намалени от 150 до 95 гр. въглероден диоксид до 2020г.

2 Практики на Европейския съюз за енергийна ефективност

[3] Намаляването на потреблението и загубите на енергия имат все по-голямо значение за ЕС. През 2007 г. лидерите на ЕС си поставиха за цел да намалят годишното потребление на енергия в рамките на Съюза с 20 % до 2020 г. Мерките за повишаване на енергийната ефективност все по-често се разглеждат като средство не само за постигане на устойчиви енергийни доставки, намаляване на емисиите на парникови газове, повишаване на сигурността на доставките и намаляване на разходите за внос, но и за увеличаване конкурентоспособността на ЕС. По тази причина енергийната ефективност е стратегически приоритет за Европейския съюз и ЕС поддържа принципа „енергийната ефективност на първо място“.

Съществуват пет стълба на политиката за енергийна ефективност на ЕС:

- 1) общата политическа рамка и дейностите, предприемани съгласно Европейския план за действие за енергийна ефективност;
- 2) Националните планове за енергийна ефективност, основаващи се на Рамковата директива за енергийните услуги;
- 3) правната рамка за сектора с най-голямо енергопотребление — сградите, както и за енергопотребяващите продукти;
- 4) допълнителни инструменти за прилагане на тази политика — като целево финансиране, осигуряване на информация и мрежови организации, като например Споразумението на кметове (Covenant of Mayors) и Устойчива енергия Европа (Sustainable Energy Europe); както и
- 5) международното сътрудничество в областта на енергийната ефективност.

Основен приоритет на европейската политика е подобряването на енергийната ефективност и водещите инструменти за постигането на тази цел са - Директива

2002/91/ЕО относно енергийните характеристики на сградите, Директива 2006/32/ЕИО относно ефективността при крайното потребление на енергия и осъществяване на енергийни услуги и Директива 2005/32/ЕО за създаване на рамка за определяне на изискванията за екодизайн към енергоемките продукти. Тези директиви, и свързаното с тях законодателство са също така и база за политиките на ЕС за постигане на устойчиво производство и устойчиво потребление.

[4] Комисията стартира първия си „План за действие за енергийна ефективност: реализиране на потенциала“ ([COM\(2006\)0545](#)) през 2006 г. Неговата цел беше да мобилизира широката общественост, политиците и участниците на пазара, както и да трансформира вътрешния енергиен пазар по начин, който да осигури на гражданите на ЕС най-ефективните в енергийно отношение инфраструктура (включително сгради), продукти (включително уреди и автомобили) и енергийни системи в света. Целта на плана за действие беше да контролира и намалява търсенето на енергия и да предприема целенасочени действия спрямо потреблението и доставките, така че годишното потребление на първична енергия да се редуцира с 20 % до 2020 г. (спрямо прогнозите за потребление на енергия за 2020 г.). Въпреки това, когато оценките показаха, че ЕС е на път да постигне само половината от поставената цел от 20 %, Комисията отговори, като постави въпроси във връзка с енергийната ефективност като водещи цели на стратегията „Европа 2020“ за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж, както и като разработи нов и всеобхватен План за енергийна ефективност (ПЕЕ) през 2011 г. ([COM\(2011\)0109](#)).

На 30 ноември 2016 г. Комисията представи пакета от предложения „Чиста енергия за всички европейци“ ([COM\(2016\)0860](#)) с цел привеждане на законодателството на ЕС в областта на енергетиката в съответствие с новите цели за 2030 г. в областта на климата и енергетиката и допринасяне за целите на енергийния съюз за 2015 г.

([COM\(2015\)0080](#)). „Енергийната ефективност на първо място“ е един от ключовите елементи на енергийния съюз с цел да се гарантира сигурно, устойчиво, конкурентоспособно и достъпно енергоснабдяване в ЕС. В преработената директива Комисията предлага амбициозна цел за 30 % енергийна ефективност до 2030 г.

Енергийни характеристики на сградите

[Директива 2010/31/ЕС](#) относно енергийните характеристики на сградите включва изисквания по отношение на:

- общата методологична рамка за изчисляване на цялостните енергийни характеристики на сгради и обособени части от сгради;
- прилагането на минимални изисквания по отношение на енергийните характеристики на нови сгради и нови обособени части от сгради чрез въвеждане,
- прилагането на минимални изисквания по отношение на енергийните характеристики, по-специално на съществуващи сгради, сградни компоненти, които подлежат на основен ремонт и технически сградни системи, независимо кога са монтирани, подменени или модернизирани;
- енергийно сертифициране на сгради или обособени части от сгради, редовна инспекция на отоплителните и климатичните инсталации в сградите и системи за независим контрол на сертификатите за енергийни характеристики и докладите от инспекциите.

3 Енергийната ефективност в България

По данни на Евростат от присъединяването си към Европейския съюз през 2007 г. насам, България неизменно заема челно място сред страните членки в класацията по енергиен интензитет. С други думи, в сравнение с останалите от държави от ЕС-27, страната ни употребява най-много енергийни ресурси за произвеждането на единица брутен вътрешен продукт [5].

Една от мерките, която са предприети за повишаване на енергийната ефективност е Законът за енергийната ефективност. Той въвежда изискванията на Директива 2006/32/ЕО и урежда обществените отношения, свързани с провеждането на държавната

политика за повишаване на енергийната ефективност при крайното потребление на енергия и предоставянето на енергийни услуги.

Национална програма за Енергийна Ефективност на многофамилни жилищни сгради

[6] Министерството на регионалното развитие и благоустройството публикува подробна информация за мерките които се предприемат във връзка с подобряване енергийната ефективност в България. Една от най-сериозните мерки е “Национална програма за Енергийна Ефективност на многофамилни жилищни сгради”. С Постановление № 18 от 2 февруари 2015 г. на Министерския съвет се прие Национална програма за енергийна ефективност на многофамилни жилищни сгради (Програмата), за условията и реда за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ по програмата и за определяне на органите, отговорни за реализацията ѝ. Програмата е насочена към обновяване на многофамилни жилищни сгради с основна цел — чрез изпълнение на мерки за енергийна ефективност да се осигурят по-добри условия на живот на гражданите в многофамилни жилищни сгради, топлинен комфорт и по-високо качество на жизнената среда.

Очаквани резултати и ефекти

- Намаляване разходите за отопление за домакинствата;
- Подобрена жилищна инфраструктура и промяна в облика на градовете;
- По-чиста околна среда - спестени емисии на парникови газове (CO₂ и др.);
- Удължаване на живота на сградата, която ще има и по-висока цена.

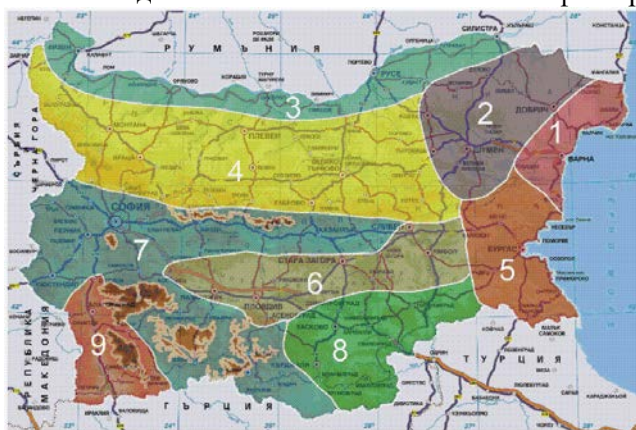
Резултатите до момента

Според статия в ежедневника “Капитал”, за близо 11-те години откакто програмата работи в България, по нея са отпуснати заеми за 83 млн. евро, с които са финансирани проекти на над 53 хил. домакинства. Предоставената до момента безвъзмездна помощ е 20.2 млн. евро.

Около една трета (36%) от изпълнените проекти са били за термопомпени системи, а 29% от финансирането е използвано за енергоспестяващи прозорци. Значителен интерес се наблюдава и по отношение на различните мерки за топлоизолация, а през втория период на програмата от ЕБВР отчитат повишен интерес и към изграждането на отоплителни системи на биомаса, основно на пелети.[7]

4 Влияние на климатичните фактори върху сградния фонд

За да бъде една сграда устойчива на температурните промени при проектирането и конструирането се взимат под внимание няколко климатични фактора [66]:



Фиг. 1 Разпределение на България на климатични зони

1. Нормативни температури — [8] Територията на България е разделена на девет различни климатични зони, като в зависимост от това към коя от тях е причислена сградата, може да бъде направена справка за очакваните средни температури през денонощието през различните месеци от годината (Фиг.1). Във фигура 2 е

представена таблица със средни температури разпределени по месеци за всеки един час от денонощието.

2. Влажност на въздуха — мярка за количеството на водните пари във въздуха и е една от най-съществените характеристики на времето и климата. Влажността на въздуха има голямо значение и при процеса на сушене. Тя е пряко свързана с процесите на кондензация и влажност в строителните конструкции, които оказват влияние на изолационните материали и тяхната ефективност.
3. Налягане на водните пари — чрез него се съблюдава правилното изчисление на изолационния материал, за да не се стигне до процес на кондензация.
4. Вятър — при промяна на температурата от вятъра в ограждащите конструкции води до по-големи топлинни загуби.
5. Дъжд, вятър, наводнения— На база тяхното количество и сезонност, конструкциите биват изследвани и проектирани с оглед избягване образуването на влажност и компрометиране на материалите. Чрез подземна и покривна хидроизолация могат да бъдат избегнати наводнения, протичания и образуването на мухъл.
6. UV радиация — влияе върху ограждащите конструкции
 На територията на България са събирани дългосрочни данни за слънчевата радиация, благоприятна на които България е разделена на 3 зони (Фиг.3):
 Зона I: Централен – западен регион – заема 40% от територията на страната и 30% от населението. Ресурс на слънчевата енергия – 4 kWh/m² дневно или 1450 kWh/m² годишно;
 Зона II: Североизточен регион – заема 50% от територията на страната и 60% от населението. Ресурс на слънчевата енергия – 4.25 kWh/m² дневно или 1450-1500 kWh/m² годишно;
 Зона III: Югоизточен и Югозападен региони – заема 10% от територията на страната и 10% от населението. Ресурс на слънчевата енергия – повече от 4.25 kWh/m² дневно или 1550 kWh/m² годишно. [9]

Климатична зона 7		София и Подбалканската долина																							
Отоплителен сезон	Начало: 15 октомври Край: 23 април		Изчислителна външна температура									- 16,0 °C													
	Денградуси при средна температура в сградата 19 °C												2900												
Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII													
Брой изчислителни дни в месеца													31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Средна месечна температура, °C													- 0,4	0,2	4,6	10,4	15,3	18,7	21,1	20,7	16,5	11,2	5,1	0,4	
Средна месечна относителна влажност, %													69,6	68,8	63,6	61,8	67,4								
Среден интензитет на пълната слънчева радиация по вертикални повърхности, W/m ²													Север	22,9	35,0	51,1	61,6	76,4	81,8	81,3	75,3	59,9	41,2	25,1	18,5
													Изток	39,4	58,5	77,7	79,7	103,9	113,4	115,9	119,4	96,7	67,5	41,0	30,6
													Запад	39,4	58,5	77,7	79,7	103,9	113,4	115,9	119,4	96,7	67,5	41,0	30,6
													Юг	70,1	93,5	101,4	75,7	85,4	89,2	93,7	116,0	119,2	102,4	70,1	55,0
Хоризонтална повърхност													49,6	81,0	122,6	140,6	186,2	201,9	207,5	209,6	156,8	97,5	53,7	38,1	

Фиг. 2: Таблица с характеристики на климатичните зони в България

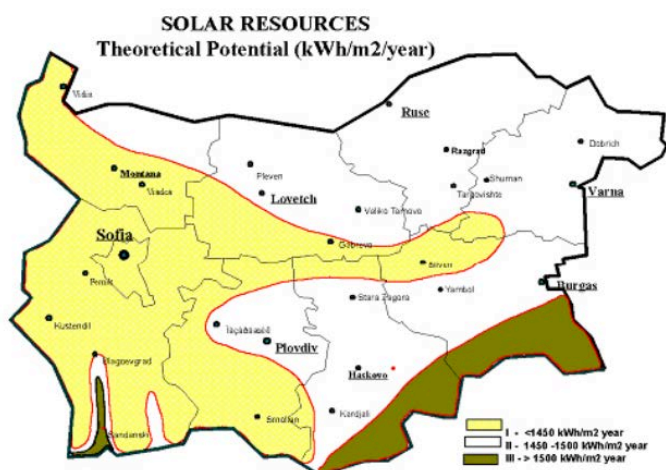
5 Контрол на влажността срещу образуването на мухъл в съществуващи сгради и съоръжения

[64] Контролът на влажността е от основно значение за правилното функциониране на всяка сграда. Контролирането на влагата е важно, за да се предпазят обитателите от неблагоприятни последици за здравето и да се защити сградата, нейните механични системи и тяхното съдържание от физически или химически увреждания.

1.5 Влажност в сградите

В допълнение към причиняващите здравословни проблеми влагата може да повреди строителните материали и компоненти на конструкцията:

- Удължените условия на влажност могат да доведат до повреда на строителни материали чрез плесени, бактерии, насекоми и други вредители (например термити и дърводяди). (Фиг. 4)



Фиг. 3: Зони на слъчева радиация в страната

- Химическите реакции на влагата със строителни материали и компоненти могат да причинят корозия и да повредят настилките, покривните лепила, структурни скрепителни елементи, окабеляване, метални покривни конструкции. (Фиг.5)
- Водоразтворимите строителни материали (напр. Гипскартон) могат да загубят якостните си свойства.
- Дървените материали могат да се огънат, да набъбват или да изгният. (Фиг.6)
- Тухлите или бетонът могат да се повредят заради честите цикли на замръзване и размръзване на водата или заради отложените по тях минерални соли.
- Боите и лаковете могат да бъдат повредени, в резултат на което се наблюдава излющване и набъбване.
- Изолационното свойство на топлоизолацията може да бъде намалено.



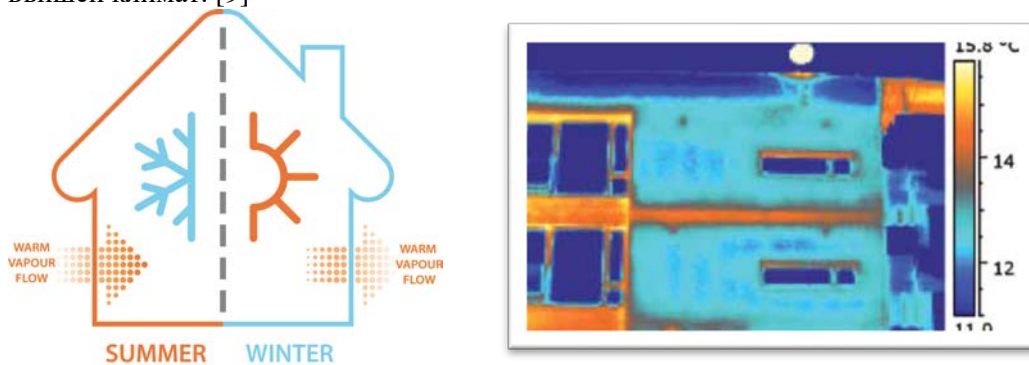
Фиг. 4: Образуване на мъхъл Фиг. 5: Корозия на армировка Фиг. 6: Набъбнал дървен под

2.5 Конденз при сгради и съоръжения

Въздухът съдържа невидими водни пари. Колкото по-висока е температурата на въздуха, толкова повече водни пари могат да задържат. Колкото по-ниска е температурата на въздуха, толкова по-малко вода може да задържа. Кондензацията настъпва в сгради, където температурата на въздуха се повишава, въздухът става по-топъл и след това контактува със студена повърхност. В следствие на това въздухът се охлажда и създава видими водни капчици по студената повърхност. Водата, която се образува, е известна като "кондензирана" и процесът се нарича "кондензация". Ако има повече водни пари (по-топъл въздух), ще се получи допълнително кондензиране. Възникването на кондензацията в сградите е резултат от сложни взаимодействия между околната среда, конструктивните методи и поведението на обитателите на сградите. Процесът на кондензация в сградите е обратим. Когато повърхностите на строителните материали са по-топли или вентилирани, кондензацията може да се изпари.

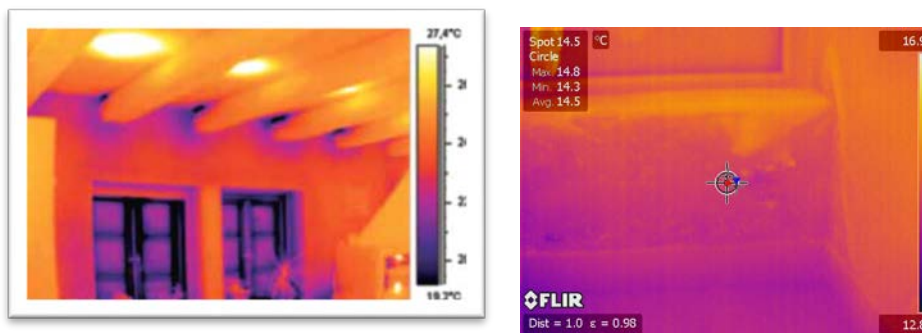
Рисковете от прекомерна относителна влажност и кондензация не се ограничават до по-студен климат или сезони. Те могат да се случат в лек климат, когато водните пари са на най-ниското си ниво за годината, но температурите също са намалели. Те могат да се появят през лятния мокър сезон на влажните тропици, когато има толкова много

водни пари в атмосферата, че относителната влажност е вече висока и дори малък спад на температурата е достатъчен, за да предизвика кондензация. И в двете ситуации критичният спад на температурата може да бъде причинен от студени външни условия или от изкуствено охлаждане на закрито. Климатизацията на помещенията отваря нови граници за водните пари, като се охлаждат строителните повърхности до температури, по-ниски от обичайния обхват на природната среда. които предизвикват проблеми в ситуации, в които би било малко вероятно преди това да се случат (Фиг.7), С нарастващото използване на климатици в много видове сгради, трябва да се имат предвид и ефектите от изкуствено охлаждания интериор и от естествено хладния външен климат. [9]



Фиг. 7: Поведение на сградата Фиг. 8: Термомост между етажи [11]

За да се намалят проблемите в таваните и стените (Фиг. 8, Фиг. 9, Фиг. 10), е важно да се запечатат тези кухни от вътрешността на дома, за да се сведе до минимум движението на влагата в тези зони. Също така е важно въздухът от кухините да се отвежда навън чрез тавански отвори и "дишаща" външна обшивка. Това ще позволи на малките количества влага, която влиза в тях да избяга.



Фиг. 9: Термомост между носеща греда и плоча [11]

Фиг. 10: Образуване на мухъл в подова конструкция, ИИКТ — БАН

3.5 Изчисляване на ограждащите конструкции в сгради срещу влага и кондензация

[12] Цели:

1. Да се избегне кондензацията в строителните слоеве
2. Да се гарантира, че кондензираната влажност събрала се през студения сезон ще се изпари през горещия сезон.

[13] За конструкция от няколко слоя (Мазилка, изолация, бетон, тухли и т.н) се построява модел с температурите в различните слоеве (t_k). Линията, която се образува между тях се нарича температурна крива (Фиг 11).

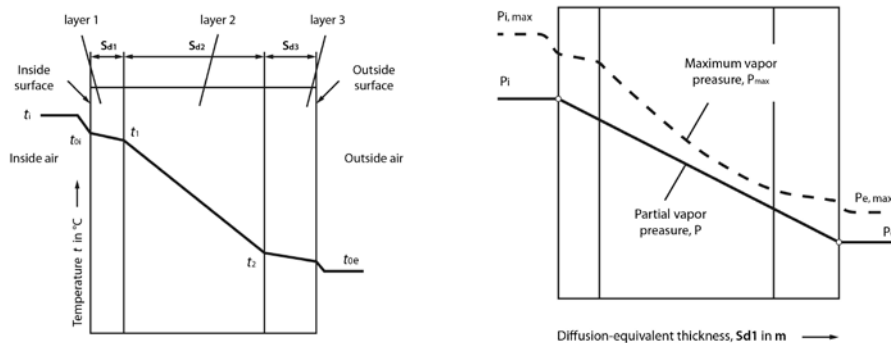
Всеки слой се характеризира с дифузна дебелина:

$$S_d = \mu \cdot d;$$

μ — съпротивление срещу водни пари на материала (характерно за всеки вид материал)

d — реална дебелина на слоя

В зависимост от разпределението на температурата, може да бъде определено максималното налягане на водните пари P_{max} (Таблица 2, Приложение № 7, към чл. 19 ал. 2 от НАРЕДБА № 7 от 15 декември 2004 г. за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради) (Фиг 12)



Фиг. 11: Температурна крива Фиг. 12: Максималното налягане на пари

Изчислява се външното налягане от двете страни на конструкцията:

$$P_i = \varphi_i \cdot \frac{P_{max,i}}{100}$$

$$P_e = \varphi_e \cdot \frac{P_{max,e}}{100}$$

φ — влажност на въздуха в %

Ако линиите $[P_i; P_e]$ и $[P_{max,i}; P_{max,e}]$ не се докосват или пресичат — не се наблюдава възможност за образуване на кондензация. Ако се допират или пресичат, съществува голяма възможност за образуване на кондензация.

Следващата стъпка е да се определи дали образувалата се през студен сезон влага може да се отведе извън конструкцията през топъл сезон.

Студен сезон

Зона на кондензация — Формира се от пресечните точки на линията $[P_{max,i}; P_{max,e}]$ и тангенти към точките P_i и P_e

Плътност на дифузионния поток — g

От зоната на конденз навътре:

$$g_i = \frac{P_i - P_{max,i}'}{z_i}$$

От зоната на конденз навън:

$$g_e = \frac{P_{max,e}'' - P_e}{z_e}$$

z [$m^2 h Pa / kg$] — съпротивление срещу напускането на водните пари

$$z_i = 1,5 \cdot 10^6 \cdot S_d'$$

$$z_e = 1,5 \cdot 10^6 \cdot S_d''$$

W_k — Конденизрала влажност

$$W_k = (g_i - g_e) \cdot T \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

T — период на кондензацията;

Топъл сезон

$$g_i = \frac{P_{max,i} - P_i}{z_i + 0,5 \cdot z_k}$$

$$g_e = \frac{P_{\max} - P_e}{z_e + 0,5 \cdot z_k}$$

Изпарена влажност — W_k

$$W_k = (g_i + g_e) \cdot T \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

Ако $W_n > W_k$, събралата се от кондензацията влага през студения сезон, ще се изпари през топлия сезон и конструкцията е във безопасност.

Ако неравенството не е изпълнено, трябва да бъдат взети допълнителни мерки като в [14]:

- Добавяне на допълнителни отвори, монтиране на вентилационни шахти и др.
- Създаване на въздушни пространства и вентилиране на кухни, където са разположени дървесина, цимент или други твърди материали, използвани за външни облицовки на стени
- Поддържане на сухи строителни материали по време на строителството
- Намалване на употребата на материали със студени повърхности, които директно влизат в контакт с климатизираните с топъл въздух помещения
- Вентилация на пространствата
- Нанасяне на външен слой изолация

6 Влияние на сградите върху климатичните промени

1.6 Прогнози за развитие на потреблението на енергия

[15] Сградите представляват важна част от бъдеще, лишено от въглеродни емисии. Въпреки това няма точна мярка за сравнение и влиянието зависи от географското разположение, промяната на климата и предназначението на сградата. Макар да се полагат усилия за намаляване на вредните влияния в развитите страни, много от съществуващите сгради и съоръжения оказват неблагоприятно влияние на климата и околната среда. Това създава необходимост от фокусиране за намаляване на вредното влияние и превръщането на сградите и съоръженията в енергийно-ефективни.

Енергийното търсене за зимно отопление също се очаква да нарасне, макар не толкова бързо, тъй като регионите с най-голяма нужда от отопление обикновено са по-икономически развити, с някои изключения. В развитите страни търсенето на енергия се очаква да не бъде изменено до 2030 г., докато страните с не толкова развита икономика ще консумират значително повече. Опасностите, свързани с климата, засягат повече бедните хора пряко чрез въздействия, които включват пълното унищожаване на уязвимите им домове. Увреждането на материални активи от екстремни метеорологични явления е добре познато при бедните градски селища, които често са изградени на рискови заливни низини и хълмове, податливи на ерозия и свлачища.

В Европа е много вероятно промените в климата да увеличат честотата и интензивността на топлинните вълни, особено в Южна Европа. Адаптивни стратегии, които не са изключителни за региона, включват използването на топлинна енергия, вентилационно охлаждане и слънчева засенчване в определени рамки. Възможно е да има по-честа и тежка суша, причинена от засушаването на почвата и свързаните с това щети на сградите. Увеличаването на морското равнище и увеличава валежите, което води до допълнителни рискове наводнения на крайбрежните и речните местности в Европа. Адаптирането на жилища и търговски сгради към случайни наводнения е възможно в екстремни случаи. Промените в климата ще засегнат многобройните културно значими сгради в региона, чрез екстремни събития и хронично увреждане на материалите. Способността на Европа да се адаптира е относително висока, въпреки че има значителни различия във въздействията и възможностите за реагиране между отделните подрайони.

2.6 Въздействие на сградите върху климатичните промени

Сградите и съоръженията оказват изключително влияние върху климатичните промени. Не само методите за строителство и вгражданите материали вредят на околната среда, а и съпътстващите процеси. Например използването на природо несъобразни материали има временен негативен ефект по време на строителството, докато в дългосрочен план негативно влияние оказват системите за отопление, вентилация и климатизация.

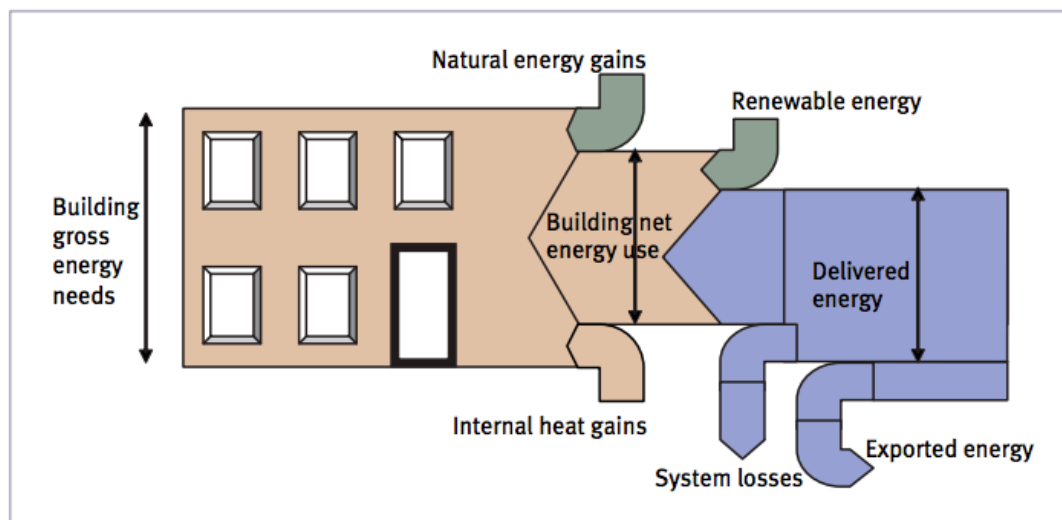
Основни негативни влияния оказват [16]:

- **Консумацията на енергия**
- **Замърсяване на въздуха**
- **Консумация на вода**
- **Строителни материали**
- **Строителни отпадъци при строеж и разрушаване**
-

7 Определяне енергийната ефективност на сгради [19]

1.7 Видове енергия във сграда

На фигура 13 по-долу е илюстриран типичния поток на енергията при една сграда. Брутните енергийни нужди на една сграда представляват очакваните изисквания за отопление, осветление, охлаждане, вентилация, климатизация и овлажняване. За определяне на тези нужди се взимат под внимание климатичните условия, свойствата на сградата за пренос на топлина, архитектурното разпределение и други.



Фиг. 13: Схема на потока на енергия в сграда

Естествена енергия — включва пасивното слънчево нагряване, пасивно охлаждане, естествена вентилация, дневна осветеност. Максималното използване на тази енергия, намалява нуждата от внасяне на допълнителна енергия за покриване на нуждите и показва значително

Вътрешна топлинна енергия — това е топлинната енергия на хората, осветлението и уредите, които излъчват топлина във вътрешната среда. Докато това е желателно при студено време, тъй като намалява енергийните изисквания за отопление, при горещо време необходимостта за охлаждане се увеличава.

Доставена енергия — това е енергията, предоставяна от външен източник за да задоволи нужди като отопление, охлаждане, вентилация, осветление и топла вода. Обикновено се измерва в киловатчасове (kWh) и основните енергийни носители са електричество и гориво, т.е. газ, нефт или биомаса за котли. Доставената енергия може да бъде допълнена с възобновяема енергия под формата на слънчеви панели, слънчеви бойлери или вятър.

Експортирана енергия — която при възможност се предава на външни потребители (съседни сгради, гаражи и др)

Системни загуби — Системните загуби са резултат от неефективността при транспортирането и преобразуването на доставената енергия, т.е. от 100% доставена енергия, само 90% се използва за осигуряване на действителните услуги, напр. осветление, охлаждане или вентилация, заради неефективността на използваното оборудване.

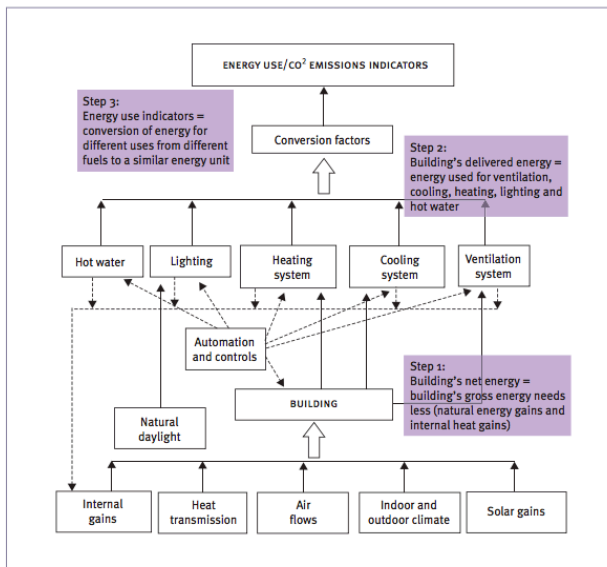
2.7 Определяне енергийното поведение на сгради

Изчисляването на потреблението на енергия в сградите се основава на характеристиките на сградата и нейното инсталирано оборудване. Процесът и взаимовръзките са структурирани в три стъпки (Фиг. 14)

Стъпка 1 — Първата стъпка е изчисляването на нетните енергийни изисквания на сградата, т.е. необходимото количество енергия за осигуряване на изискванията за вътрешния климат, посочени в спецификацията на сградата.

Стъпка 2 — Стъпка втора е определянето на енергията на сградата, т.е. енергийните характеристики на сградата с реално потребление. Това е количеството енергия използвана за отопление, охлаждане, топла вода, осветление, вентилационни системи, включително за управлението и сградната автоматизация и включва допълнителната необходима енергия за вентилатори, помпи и др. Записва се енергийното потребление и видовете енергийни източници.

Стъпка 3 — Стъпка три е определянето на общите показатели за енергийната ефективност: Тя комбинира резултатите от стъпка 2 по-горе за различни цели, доставени от различни източници, за да се получи общото потребление на енергия и свързаните с това показатели за консумацията на енергия.

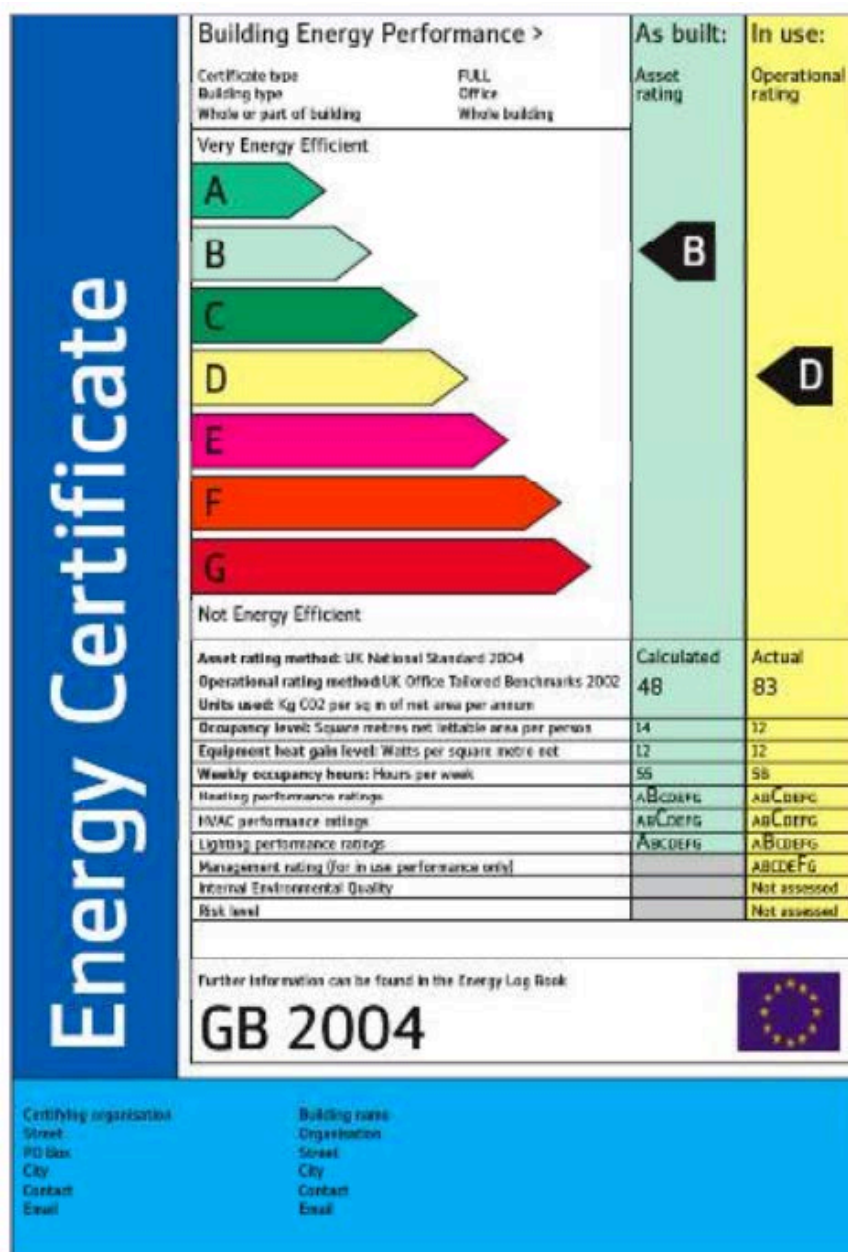


Фиг. 14: Стъпки за определяне на енергийната ефективност на сграда.

3.7 Показатели за консумация на енергия

Референтните стойности за потребление на енергия на сградите са обобщителни стойности, по които ефективността на сградата може да бъде сравнена. Имат две основни функции:

- Да се определи дали енергийната ефективност на сградата е добра, средна или ниска по отношение на други сгради от този тип;
- Да се идентифицират потенциалните спестявания, показани от разликата между действителните данни и референтните показатели: колкото по-лошо е представянето спрямо даден показател, толкова по-голяма възможност съществува за подобряване на ефективността и намаляване на разходите.



Фиг. 15: Примерен сертификат за енергийна ефективност

4.7 Сертифициране на сградите спрямо енергийна ефективност

Сертификатът за енергийна ефективност е обобщение на енергийния одит на сградата, който е предназначен да даде информация за енергийната консумация на сградата и оценка за ефективното използване на тази енергия.

Още не е прието каква информация да се показва на сертификатите за енергийни характеристики и как тази информация трябва да се интерпретира и остава ключов въпрос, но съществуват различни предложения като етикета на фигура 15 предложен от *European Programme for Occupant Satisfaction, Productivity and Environmental Rating of Buildings 2004: Certification of Existing Building Energy Performance*.

Цел и задачи на дисертационния труд:

Целта на дисертационния труд е да се изследва енергийната ефективност на сгради и съоръжения и да се предложат методи и средства за нейното подобряване.

За изпълнение на тази цел ще се решат следните задачи:

1. Ще се направи обзор, анализ и систематизация на състоянието и проблемите в областта на енергийната ефективност при сгради и съоръжения.
2. Ще се изследва влиянието на сградите върху климатичните промени.
3. Ще се изследват съществуващите проблеми, касаещи енергийната ефективност в съвременното строителство.
4. Ще бъде предложен и обоснован модел за подобрене на енергийната ефективност на типизиран модел офисно помещение в стандартна офис сграда.
5. Ще се проведат реални експерименти за сравнение на съвременни и иновативни методи за отопление, както и за откриване на дефекти в съществуващи решения за енергийна ефективност.
6. Получените резултати ще бъдат анализирани.

II Съществуващи методи средства за подобрене на енергийната ефективност

1. Уреди за изследване енергийната ефективност [67]

Съвременните стандартни за енергийна ефективност на сгради и съоръжения налагат използването на въведените икономически стимули за подобряване енергийната ефективност на сградния фонд в редица държави членки на ЕС. Това създава предпоставки за прилагането на обследвания за топлонепоускливост на сградните ограждащи конструкции и елементи. Използването на инфрачервена термография самостоятелно или в комбинация с други безразрушителни методи за диагностика позволява бързо и прецизно локализиране на проблемните зони, което спомага за ефективното отстраняване или избягване на проблеми като термомостове, загуба на топлина, компроментиране на материала, поява на мухъл и др.

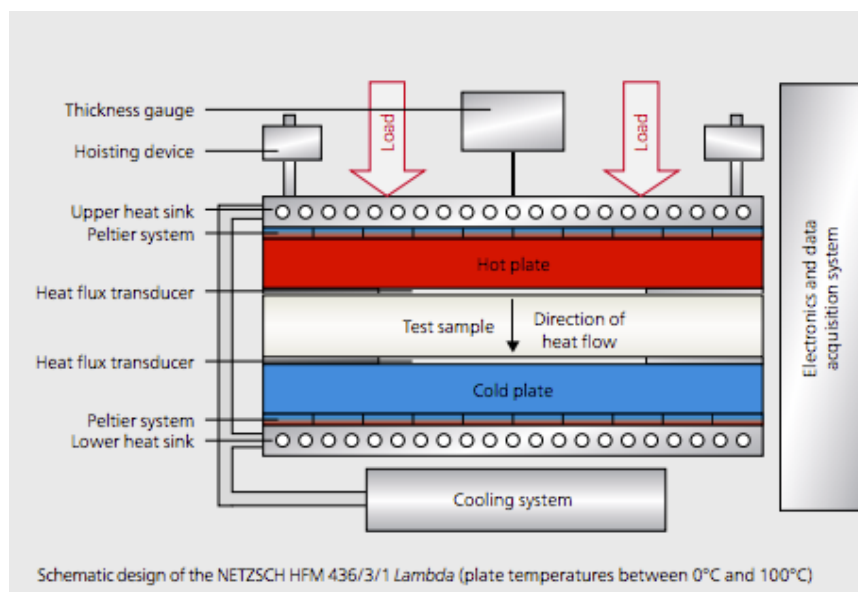
1.1 Измерител на топлинния поток [20], (Фиг.16)

Тези измерители са точни, бързи и лесни за използване при измерването на топлопроводимостта в изолации. Инструментът е калибриран спрямо приетите европейски стандарти за енергоефективност на материали. Подходящ е за изследването на поведението на материала за по-продължителен период от време .



Фиг. 16: Измерител на топлинен поток HFM 436 Lambda Series

Мострата се поставя между две плоскости нагрети с различни температури. Топлинния пренос през мострата се измерва чрез датчици, до изравняване на температурата. Резултатите се сравняват с нормативните.



Фиг. 17: Принцип на действие на измерителя на топлинен поток

1.2 Термоскенер за откриване на топлинни загуби

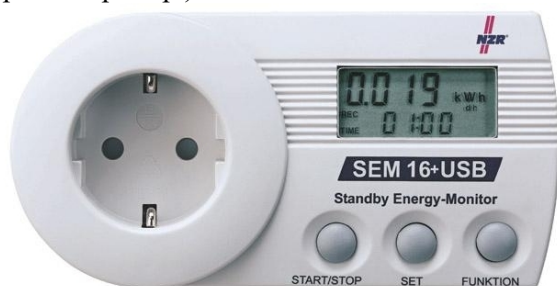


Уредът (Фиг. 18) е предназначен за дистанционно измерване на повърхностната температура на различни тела, за откриване на местата с термомостове. При сградите това са стени, местата около рамките на прозорци и врати, тавани, подове и др. Точното определяне на тези места, става чрез сравняване на измерената в дадена точка температура с друга, която е зададена предварително като референтна.

Фиг. 18: Термоскенер за откриване на топлинни загуби Black & Decker TLD100

1.3 Измерител на консумирана енергия

За да бъде установен преразхода за отопление и вентилация, можем да засечем ежедневната консумация на електроенергия, чрез специален уред за измерване. Устройството се прикрепя към захранването а съответния уред (климатик, печка, радиатор и пр.)



Фиг. 19: Измерител за консумация на енергия NZR SEM16 USB (0-16A)

1.4 Инфрачервен пирометър за топлинен поток

Този уред определя големината на топлинния поток през ограждащи повърхнини на сгради. (Фиг. 20)



Фиг. 20: Инфрачервен пирометър за топлинен поток Omega OS-622

Измерваният се извършват чрез насочване на устройството към желанния обект от едната страна. Уреда се занулява и се прави измерване от другата страна, след което на дисплея се изписва топлинния поток в Британски Топлинни Единици (BTU) или ватове. [23]

1.5 Инфрачервен термометър

Инфрачервения термометър може да измери бързо и безконтактно температура от -30 до $+900^{\circ}\text{C}$. Чрез лазерно насочване лесно може да се избере зоната, в която се търсят показания. (Фиг.21)



Фиг. 21: Инфрачервен термометър Testo 860-T2

1.6 Анализатор на термична дифузия

Устройството използва 3 сензора за измерване на термична дифузия, специфична топлина, термична проводимост и термична резистентност. Сензорите се намират в игла, която се поставя в обекта на изследване, това ни позволява да наблюдаваме температурните промени.

Измерването може да бъде направено както в лабораторни, така и в полеви условия и при два режима на работа – ръчен и автоматичен. Точността на измерванията са $\pm 10\%$.

1.7 Термокамери

(Фиг.23) Инфрачервената термография е най-бързият и лесен безконтактен и безразрушителен метод за откриване на топлинните загуби и други температурни явления при сгради и съоръжения.

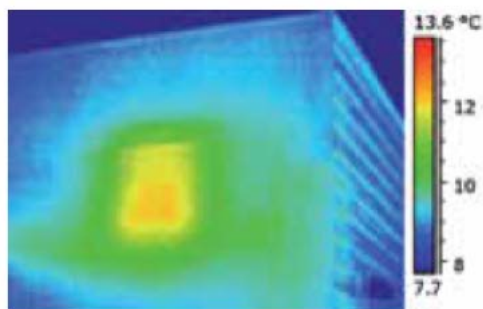
Диагностиката в строителния сектор с термовизионна камера може да помогне за:

- Визуализиране на загубите на енергия
- Откриване на липсваща или дефектна изолация (Фиг. 23.1)
- Локализиране на места с термомостове (Фиг. 23.2)
- Наблюдение на влага в изолацията, покривите и стените във вътрешната и външната конструкция
- Откриване на мухъл и лошо изолирани области (Фиг. 23.3)

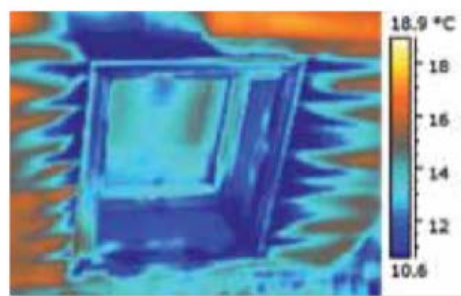


Фиг. 22: Анализатор на термична дифузия KD2 PRO Фиг. 23: Термокамера FLIR E5

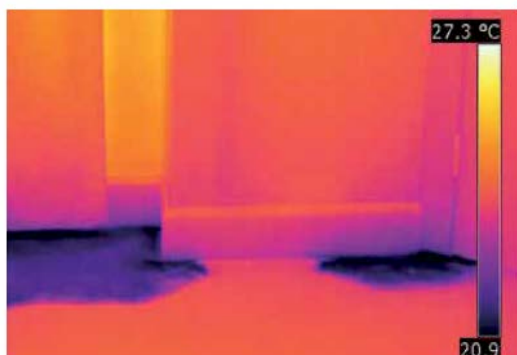
В допълнение към загубите на енергия, термокамерата може да служи и за откриване на проникване на вода в плоски покриви, откриване на пукнатини в тръбите за гореща вода, електрически неизправности и други строителни повреди.



Фиг 23. 1: Откриване на компрометирана изолация чрез термокамера



Фиг 23. 2: Наблюдение на термомост чрез термокамера



Фиг 23. 3: Наличие на влага, предпоставка за образуването на мухъл

2. Топлоизолации

[66]

Изолацията е най-практичният и рентабилен начин да се направи къща по-енергийно ефективна по много начини. Поддържането на хладно през лятото и топло през зимата спестява 40% енергия и намалява сметките за отопление и охлаждане. Тя също така намалява образуването на кондензация в ограждащите повърхности. Това осигурява ползи за здравето чрез предотвратяване образуването на мухъл и влажност и намаляване на респираторните проблеми.

Обикновено съществуват два основни вида изолация — топлоизолация и рефлекторна изолация.

Някои изолационни продукти комбинират свойствата на топлоизолацията и рефлекторната изолация.

Правилният избор за изолация е свързан с няколко на брой термични характеристики на материалите: [26]

1. Топлопроводимост — Свойството на материала да пренася топлина. Изчислява се на линията между две повърхности с различни температури. Посоката се определя от по-топлата, към по-студената повърхност:

$$Q = \frac{(t_i - t_e)zA}{d} \lambda \text{ [J]}$$

$t_i > t_e$

z — време за пренос на топлина

A — площ

d — дебелина на елемента

λ — коефициент на топлопроводимост — Способността на веществата да провеждат топлина. Означава се с гръцката буква ламбда λ . Това е количеството топлина, което преминава през материал с дебелина 1 m, през площ 1 m², за време 1 s, при разлика в температурите (температурен градиент) 1 K.

2. Топлопреминаване (между външен въздух и вътрешна конструкция или вътрешен въздух и външна конструкция) α [$W/m^2 C^o$]

$$\alpha = \frac{Q}{Az\Delta t}$$

3. Коефициент на топлопреминаване — за конструкция

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$$\frac{1}{U} = R_0$$

R_0 – топлинно съпротивление на конструкцията

2.1 Видове изолационни материали

[27] Съществуват органични и неорганични изолационни материали

2.1.1. Неорганични изолационни материали

Клетъчен бетон ($\lambda = 0,14 \div 0,22$) (Фиг. 24)



Фиг. 24: Клетъчен бетон



Фиг. 25: Пеностъкло

Пеностъкло ($\lambda = 0,0045$) (Фиг. 25)

Минерална вата ($\lambda = 0,050$) (Фиг. 26)

Изолация от минерална вата се прави от стопено стъкло, камък или шлака (промишлени отпадъци), които се преобразуват в влакнеста структура, която предотвратява движението на въздуха. Материалът е изключително здрав, огнеустойчив и притежава шумоизолационни свойства.



Фиг. 26: Минерална вата

2.1.2 Органични изолационни материали

Характеризират се с коефициент на топлопроводимост $\lambda = 0,030 \div 0,040$.

Експандиран полистирол (EPS / Expanded polystyrene) (Фиг. 27)

Екструдирани полистирол (XPS/ Extruded polystyrene) (Фиг. 28)



Фиг. 27: EPS

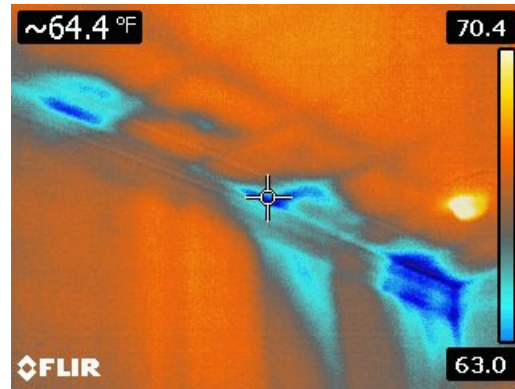
Полиуретан (SPF)



Фиг. 28: XPS

Използва се под формата на полиуретановата пяна, която се полага директно чрез изливане или разпръскване. (spray polyurethane foam /SPF) (Фиг 29). Получава се от комбинацията на течности, които реагират много бързо и образуват пяна, най често това са метилен дифенил диизоцианат (MDI) или полимерен метилен дифенил диизоцианат (pMDI) и катализатори, разпенващ агент и др.

За да се осигури висока енергийна ефективност, без изтичане (Фиг. 30) на топлина, следва монтажът да бъде правилно изпълнен и съобразен с типа на носещата конструкция, експлоатационните условия и климатични характеристика на района, в който се намира сградата.



Фиг. 29: Полиуретанова пяна

Фиг. 30: Термомост в некачествено поставена изолация

2.2.Технология на изработка на фасадна изолация [28]

Изработването на топлоизолация е специфична работа, която ако не бъде изпълнена правилно може да има лош ефект и невъзвръщаемост на инвестицията. Важни са, както технологията на изработка и индивидуалните умения на изпълнителя, така и използваните материали и правилното им съчетаване. Съществуват известни разлики между направата на изолация на блок и къща, но те не са принципни - при къщите просто има по-голямо разнообразие от приложими технологии и материали.

— Монтаж на изолационните платна

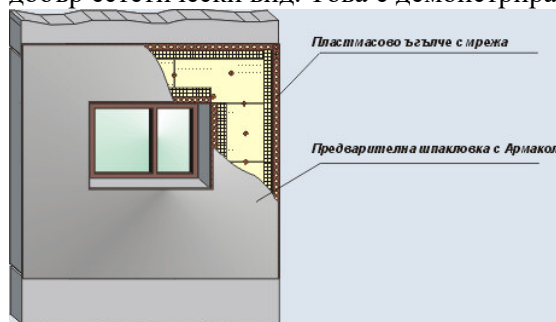
На фиг.31 е показан процеса на монтаж на изолационните платна.



Фиг. 31: Монтаж на изолационни платна

— Ъглови профили и предварителна шпакловка

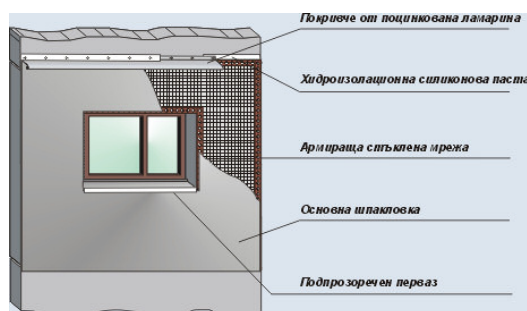
Целта им е от една страна да заздравят тези най-слаби места, а от друга да придадат по-добър естетически вид. Това е демонстрирано на фиг.32.



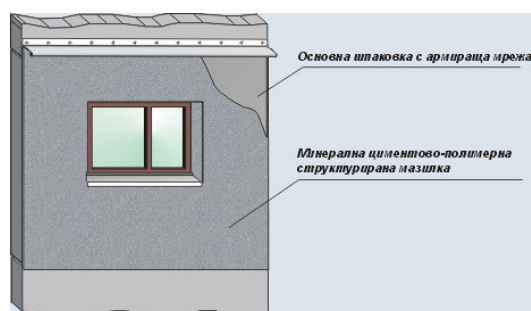
Фиг. 32: Предварителна шпакловка

— Основна шпакловка с мрежа

Первазът предпазва от проникване на вода зад изолацията, и от интензивното мокрене на мазилката под прозореца (Фиг.33).



Фиг. 33: Основна шпакловка



Фиг. 34: Поставяне на мазилка

— Мазилка

Важно е мазилката да има висока механична якост на сцепление с основата, добра паропропускливост и естетичен външен вид (Фиг. 34).

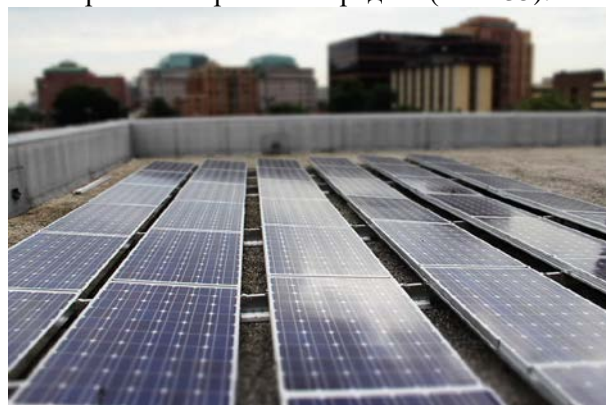
3. Соларни панели

[65]

[29] Често високата първоначална цена на системите PV, ST и SVP им пречи да бъдат включени в съвременното строителство. Въпреки това, с по-добри стимули, технологични подобрения и повишаване на цените на електроенергията, енергията от слънчеви източници ще стане по-конкурентоспособна по отношение на разходите. Новото строителство, подготвено за консумация на слънчева енергия, ще бъде в състояние да се възползва от ползите му. Трябва да се обърне внимание че има причини, някои сгради да нямат възможност за такъв тип инсталации и изпълнението им е технически невъзможно.

Има много предимства на слънчевата електроенергия, но най-важното е че при използването им не се отделя CO₂ — слънчевата електроенергия е зелена възобновяема енергия и не отделя вредни емисии на въглероден двуокис или други замърсители. Типичната домашна слънчева фотоволтаична система може да спести почти два тона въглерод годишно. [30]

Електроенергийните системи на слънчевия панел улавят енергията на слънцето с помощта на фотоволтаични клетки; те са известни също като фотоволтаични панели (PV). Клетките превръщат слънчевата светлина в електричество, което може да се използва за работа с различни видове уреди и осветление. Те не се нуждаят от директна слънчева светлина, а могат да генерират електричество в облачен ден и обикновено се монтират на покрива на сградата (Фиг. 35).



Фиг. 35: Соларни панели монтирани на покрив на сграда

Фотоволтаичните системи също така намаляват натоварването на електроразпределителното и предавателното оборудване, като позволяват на жилищата и бизнеса първо да изтеглят енергия на място, и не разчитат изцяло на електрическата мрежа. Ползите са двойни: използването на електроенергия на място предотвратява неефективността на транспортиране на електроенергия на дълги разстояния, а

системите на място потенциално позволяват на предприятието да отложи скъпи подобрения на своята инфраструктура.

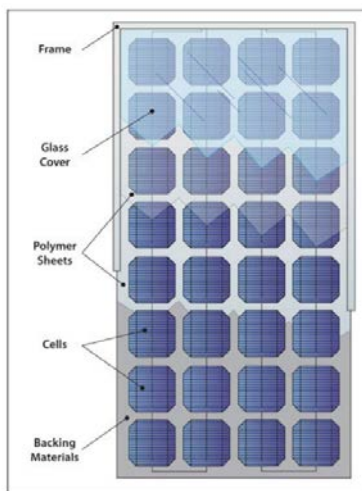
4. Енергийно Ефективно осветление

Електрическата енергия, която се използва през целия жизнен цикъл на една електрическа крушка струва от 5 до 10 пъти първоначалната покупна цена на самата крушка..

През 2012 г. се появиха нови стандарти за осветление в световен мащаб и по този начин се появиха възможности за пестене на средства като LED, CFL крушки и халогенни лампи. Въпреки че първоначално могат да струват повече от традиционните крушки, по време на техния живот те пестят пари, защото използват по-малко енергия, което ги превръща в добър спътник в превръщането на сградите и съоръженията в енергийно ефективни (Табл.1).

4.1 CFL Осветление

Осветителните тела CFL (Compact Fluorescent Lights) (Фиг. 37) представляват смалена версия на флуоресценти с пълнен размер.



Фиг. 36: Покривно зонирание на PV панели

Обикновена крушка	Лумени	CFL еквивалент	LED еквивалент
40W	450 lm	9W	5-10W
60W	800 lm	15W	12W
75W	1100 lm	18W	14W
100W	1600 lm	23W	16-20W
150W	2600 lm	40W	25-28W

Табл. 1: Сравнителни стойности на осветление в зависимост от използваното напрежение при обикновена, LED и CFL крушка



Фиг. 37: CFL крушка Фиг. 38: LED крушка

Основни предимства

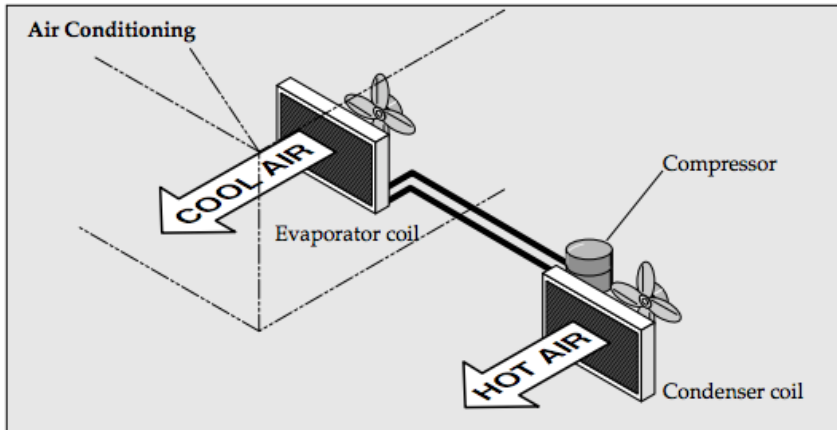
1. Ефикасни — CFL крушките са четири пъти по-ефективни и са с продължителност до 10 пъти по-дълга от тази на обикновените крушки. Корпусът с 22 вата има приблизително същата светлинна мощност като 100 ватова нажежаема жичка и съответно използват 50 - 80% по-малко енергия от нея.
2. Изгодни — Въпреки, че първоначално по-скъпи, тези крушки спестяват пари в дългосрочен план, защото използват 1/3 електричество и издържат до 10 пъти по-дълго от обикновените крушки. Единичната CFL с 18 вата, използвана вместо 75 ватова крушка с нажежаема жичка, ще спести около 570 kWh през целия си живот. При 16 лева на kWh това се равнява на спестявания от 90 лв.
3. Намаляват замърсяването на въздуха и водите— заместването на една обикновена крушка с CFL крушка ще предотврати изпускането на половин тон въглероден диоксид в атмосферата по време на експлоатацията ѝ. Ако всички в САЩ използват енергоспестяващо осветление, 90 от електроцентралите със средни размери могат да бъдат закрити. Спестяването на електроенергия намалява емисиите на CO₂, серен оксид и ядрени отпадъци с високо ниво на опасност.
4. Висококачествена светлина — новите крушки дават топла, привлекателна светлина вместо "студената бяла" светлина на по-старите модели.
5. Разнообразие — Крушките могат да се използват навсякъде, където и обикновените.

4.2 LED Осветление

LED/ Светодиодите (Light Emitting Diodes) (Фиг. 38) са твърди електрически крушки, които са изключително енергийно ефективни. Когато се разработват за първи път, използването им се ограничавало до плагането им като единична крушка в уреди като панели за инструменти, електроника, коледни светлини на открито и на открито и др.

5. Системи за охлаждане

Несъмнено най-популярния метод за охлаждане са климатиците. Те използват същият оперативен принцип и компоненти като хладилника. Климатикът охлажда чрез студена вътрешна намотка наречена изпарител, а кондензаторът, гореща външна намотка, освобождава събраната топлина отвън. Компресорна помпа, премества флуид за пренос на топлина (или хладилен агент) между изпарителя и кондензатора, чрез който въздухът се охлажда (Фиг 39) [34].



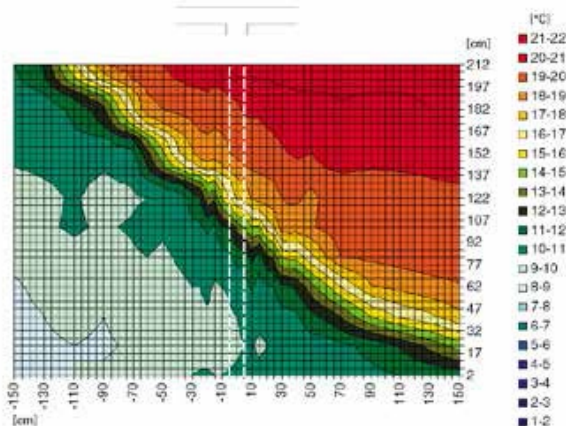
Фиг. 39: Принцип на действие на климатика

6. Въздушни (Термо) завеси

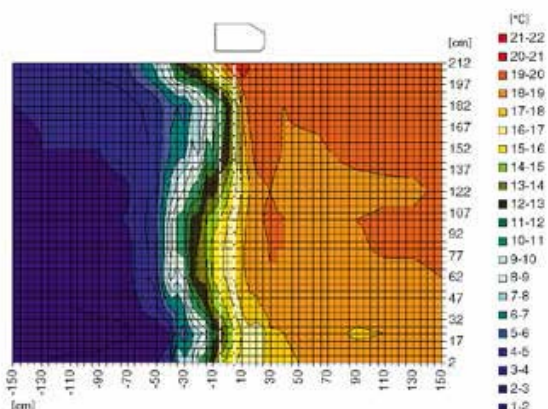
На много обществени места като магазини, търговски центрове, индустриални халета, обществени сгради и др. Входните врати остават отворени за дълго време през деня. Това води до огромни загуби на енергия за отопление/охлаждане но също и за дискомфорт на потребителите. Едно от най-ефективните решения за преодоляване на този проблем са термозавесите. Те имат редица предимства:

- осигуряват благоприятен вътрешен климат
- предотвратяват течения
- недопускат влизането на насекоми, миризми, прах и други замърсители
- безшумен режим на работа
- възпрепятстват влагата
- осигуряват минимална енергийна загуба

[36] Термозавесите създават невидима въздушна бариера между студено и топло помещение, чрез циркулиращ около отвора въздух, като възпрепятстват топлия въздух през зимата и студения въздух през лятото да излизат навън (Фиг. 40 и Фиг. 41). Това е изключително полезно при отопляемите обществени сгради, големи халета със секционни врати, складове с хладилни камери и др.



Фиг. 40: Смесване на студен и топъл въздух при отворена врата

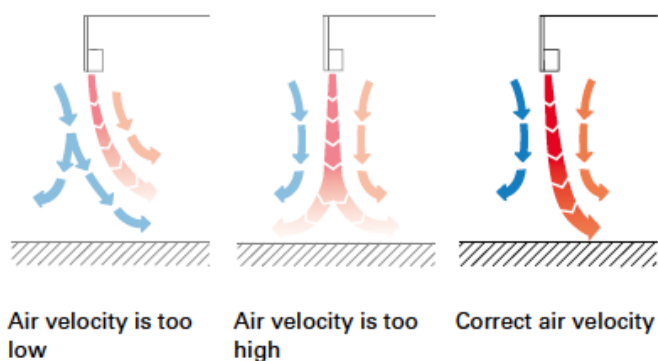


Фиг. 41: Въздушна бариера при отворена врата

Въздушна бариера при отворена врата

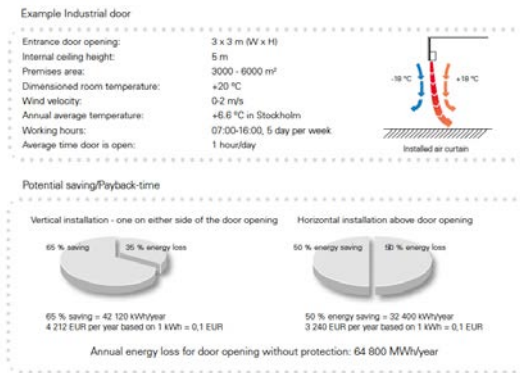
[37] При избор на най-подходящия тип термозавеса трябва да се съобрази следното:

- Силата и интензитета на вятъра в района на монтаж
- Температурните разлики
- Да се избере правилната височина на инсталиране спрямо обхвата на въздушната струя на термозавесата, за да бъде покрита цялата повърхност на отвора (Фиг.42).
- Ако отворът е твърде широк, възможна е комбинацията на два или повече уреди един до друг за да се покрие цялата ширина.
- Уредите трябва да се поставят възможно най-близко до отвора.
- Ако има разлики в налягането между две помещения, които искаме да разграничим, трябва да съобразим избора си на уред.



Фиг. 42: Поведение на въздушна завеса според височината на монтаж

Макар работещи на електричество, въздушните завеси представляват добра алтернатива за възпрепятствие на енергийни загуби за отопление/охлаждане при невъзможност използването на врата (Фиг. 43). Обикновено уреда може да се комбинира с превключвател, който да го включва и изключва, при отваряне и затваряне на вратата.



Фиг. 43: Икономически ефект от поставена въздушна завеса в индустриално помещение

7. Дограма

Дограмата е едно от най-важните неща в един дом, в обществени и промишлени сгради. Осигурява комфорт, добра изолация от външните климатични условия и намалява разходите за отопление през зимата или за охлаждане през лятото, което я превръща вдобър съюзник в подобряване енергийната ефективност на сградата.

7.1 Алуминиева дограма

[39] Алуминиевата (метална) дограма намира приложение в строителството от над 500 години. През всичките тези години насам днешната алуминиева дограма претърпява значителни метаморфози в своята изработка и технологично развитие. В древните времена прозорците са се изработвали основно с железен обков, но през 60-те години на XIX в. в Обединеното Кралство и Холандия е започнало масово производство на алуминиеви профили. В България алуминиевата дограма навлезе по-трайно в края на 90-те години на миналия век.

Алуминиевата дограма обаче има един сериозен недостатък – допуска образуването на конденз.

7.2 ПВХ Дограма

ПВЦ дограмата отдавна е доказала във времето своите неоспорими качества. Този тип дограма се произвежда от Polyvinyl Chloride (C₂H₃Cl) или съкратено PVC. Именно тя се предпочита най-много от потребителите в България и на европейския пазар заради редица предимства.

[43] Новите енергооптимизирани пластмасови прозорци на германската фирма SCHÜCO намаляват с до 33% енергийната нужда (Фиг.44). В една еднофамилна къща може да се спести до 1441 литра гориво за отопление на година. Едновременно с това се спестяват на околната среда около 4.546 кг. въглероден двуокис на година. Освен с иновативната си профилна технология, енергоспестяващият прозорец предлага предимства като висока шумоизолация и устойчивост на атмосферни влияния.



Фиг. 44: Енергооптимизирана ПВХ дограма SHÜCO

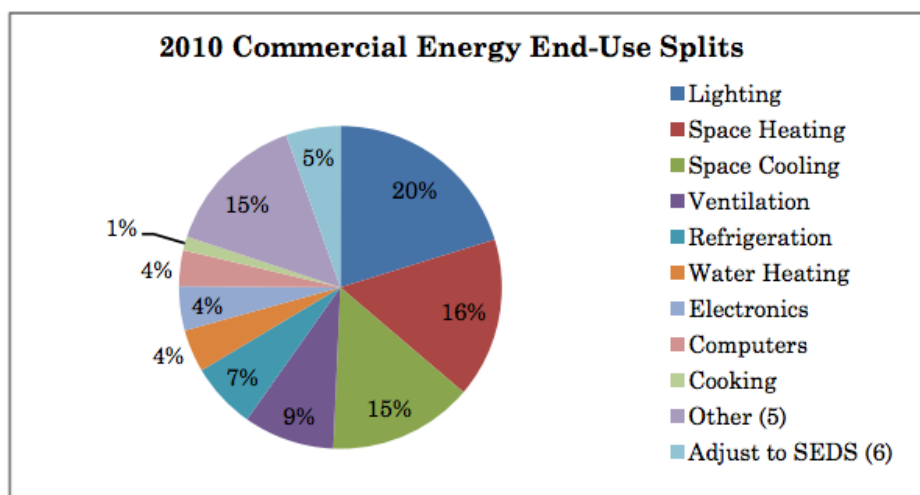
III Иновативни подходи за подобрене на енергийната ефективност на съществуващи сгради и съоръжения

1. Системи за управление на сградата

[44] Ако анализираме количеството енергия, изразходвано от всеки сектор в сградата въз основа на отчетените годишни енергийни данни, (Фиг. 45) енергийното крайно потребление на търговската сграда например е за осветление (20,2%), за отопление (16,0%), охлаждане (14,5%), вентилация (9,1%), хладилници и фризери (6,6%), други (33,6%), първична енергия [44.1].

Тези факти показват, че около 60% от крайното потребление на енергия (т.е. осветление, отопление на помещенията и охлаждане, вентилация) по някакъв начин е могат да бъдат свързани със системата за управление на сградата.

Редица проучвания показват, че оптималните стратегии за контрол и диагностиката на грешките могат да намалят енергийните загуби и да подобрят цялостната енергийна ефективност на сградата чрез система за контрол на сградата (вж. Таблица 2).



Фиг. 45: Разпределение на енергийното потребление в сграда

References	Saving percentage	Study type
[44.2]	25%–45% of energy used by HVAC system is wasted due to faults	Review
[44.3]	4%–20% of energy consumed by HVAC, lighting, and larger refrigeration system in commercial building	Comprehensive review based on field data & survey
[44.4]	variable refrigerant flow air conditioning system can save 27.1%–57.9% energy compared to VAV AC system	Case study by simulation
[44.5]	Energy savings up to 30.4% were achieved during the summer season by using optimal setpoint control comparing with fixed temperature setpoint	Case study with simulation
[44.6]	The centralized and the distributed MPC strategies can reducing the energy consumption with 13.4% comparing to conventional P, PI, On/OFF control (for a selected day)	Case study with simulation
[44.7]	MPC with rule extraction for optimizing control sequences for window operation in mixed-mode building show the ability to save upwards of 40% of cooling energy through near-optimal night cooling strategies	Case study with EnergyPlus simulation

Табл. 2: Спестявания при интегриране на система за управление

Най-общо казано, системата за контрол на сградите налага задачи и контролира компонентите на сградните системи, за да поддържа желаните условия в средата, като управлява включването и изключването на уредите или модулира сигналите към тях.

[45] "Smart Home" или "Smart House" е термин, който обикновено се използва за определяне на жилище, което има уреди, осветление, отопление, климатици, телевизори, компютри, развлекателни аудио и видео системи, системи за сигурност и камери, които са способни да комуникират помежду си. Контролирани дистанционно по график, от всяка стая в дома, както и дистанционно от всяко място по света през телефона или по интернет.

Според френската строителна фирма Saint Gobain, съществуват и други области, които могат да се подобрят чрез новите технологии за управление на сградите, като:

Умни асансьори

Умно осветление

Умни охранителни системи

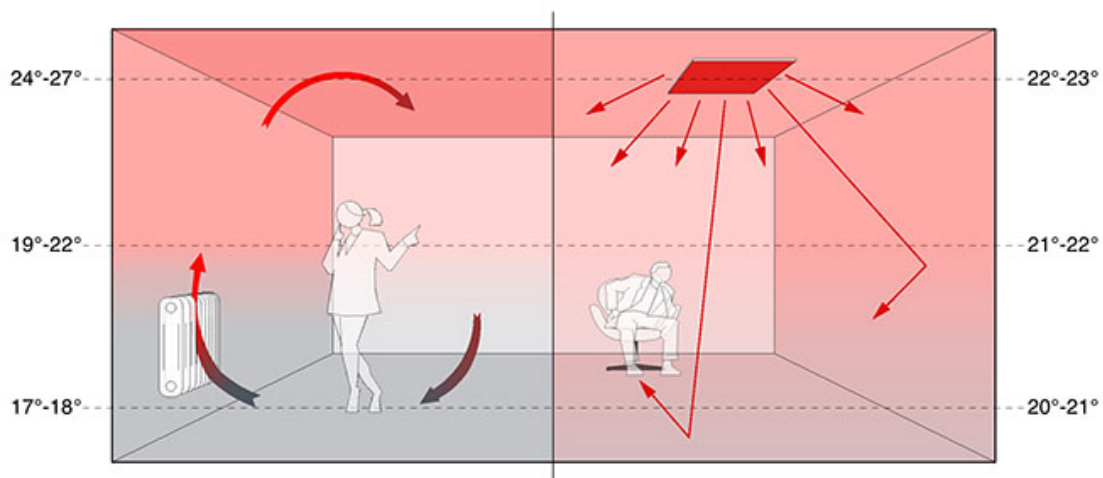
Имплементирането на централизиранни системи и технологии за управление на процесите в сградите осигурява както повече контрол, така и полезна информация.

Тази информация може да се ползва за анализ и по-нататъшно подобряване на ефективността.

2. Лъчисто отопление

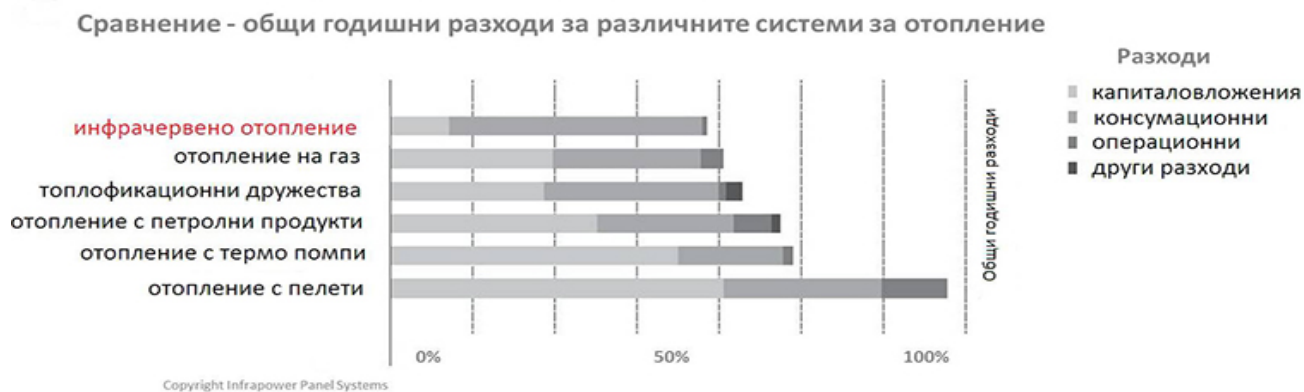
През последните години индустрията търси все повече енергоефективни решения за отопление и минимизиране на разходите за производство. Един от основните ѝ проблеми е отоплението на сгради, халета, цехове, при които топлината излиза навън заради редица фактори като: големи пространства, образуване на течение, постоянно отварящи се врати, лоша топлоизолация. Традиционните методи за отопление включват уреди, които нагряват въздуха в помещението, което в повечето случаи на практическа не е енергийно ефективно, тъй като топлия въздух се издига нагоре и често излиза навън през покрива и ограждащите стени.

[48] Инфрачервените панели за отопление излъчват невидими инфрачервени лъчи, които директно затоплят твърдите обектите (под, стени, мебели, предмети, и т.н.) и телата в стаята. Въздухът остава с почти еднаква температура по цялата височина на помещението, разликата между температурите при пода и при тавана е в рамките на 2°C-3°C и ефектът "студени крака" намалява до нула. Най-добра ефективност от отопление с инфрачервени панели се регистрира при монтажа им на тавана в съответното помещение (Фиг. 46).



Фиг. 46: Сравнение на разпределението на температурата между лъчисто отопление и стандартен уред за отопление

Поради факта, че инфрачервените уреди затоплят твърдите обекти, като стени, под, мебели, предмети и други, първоначалното затопляне може да отнеме малко повече време, но веднъж затоплени, тези обекти, отдават на въздуха акумулираната си топлина в дълъг период от време. Така се получава двойно отопление в помещението, веднъж от инфрачервения уред и втори път от затоплените твърди обекти, от там и голямата икономичност (Фиг. 47).



Фиг. 47: Сравнение на общи годишни разходи за отопление

Според вида и приложението си, лъчистото отопление се разделя на няколко вида [51]:

1. Подово лъчисто отопление (предпочитано е за домашно приложение)(Фиг.48)



Фиг. 48: Монтаж на подово лъчисто отопление

2. Панели

Този тип панели могат да бъдат монтирани както на стена, така и на тавана. Най-популярни са тези, които работят на електричество, но тъй като не нагряват целия въздух и няма топлинни загуби, разходите за електроенергия намаляват. За ефективно отопление се избира моделът и мощността на уреда, в зависимост от характеристиките на помещението (площ, височина, предназначение, проветривост и др.). За предпочитане е да има леко застъпване на зоните, които лъченито от уредите покрива. Уредите нагряват мигновено и позволяват зонизирано отопление (в едно помещение могат да се постигнат различни температури). Изключително удобни са при високи тавани, големи индустриални помещения (Фиг. 49) (отоплява се там, където има работници), спортни (Фиг.50) и концертни зали. Възможно е използването на термостат и дистанционно управление на всяко от устройствата.



Фиг. 49: Лъчисто отопление на индустриално помещение с висок таван

3. Лъчисто отопление на открито

Принципът на действие на лъчистото отопление, прави възможно използването му и на открито (Фиг. 51), тъй като обектите и хората се нагряват директно. Уредите могат да работят на студени условия, преодолявайки течение и вятър. Могат да бъдат използвани в заведения, градини, оранжерии (Фиг. 52) и др.

[52] Друго полезно приложение е използването на специализирани уреди за спешна помощ и извънредни ситуации, с цел превенция на хипотермия (Фиг. 53).



Фиг. 50: Лъчисто отопление в спортна зал — тенис корт



Фиг. 51: Лъчисто отопление на открито



Фиг. 52: Лъчисто отопление в оранжерия

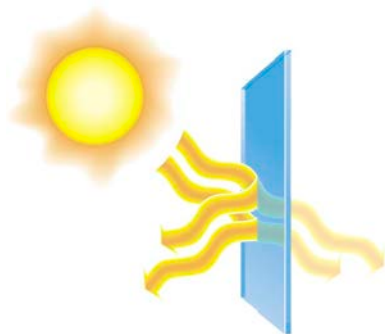
3. Енергийно ефективни материали

3.1 Стъкла за прозорци

Специалното покритие се инсталира върху стъкло като тънък слой. Целта е да може да се настройва пропусканото количество слънчева светлина, преминаващо през прозореца през целия ден, за да се спестят разходи за отопление и охлаждане (Фиг.54).



Фиг. 53: Уред HYPOTHERMSAVE® за превенция на хипотермия



Фиг. 54: Пропускане на светлина през прозорец

3.2 CLT Панели

[54] CLT (Cross-Laminated Timber) материалът се състои от няколко слоя изсушени в пещ дървени плоскости, подредени в редуващи се посоки, свързани със структурни лепила, които се пресоват, за да се образува твърд правоъгълен панел (Фиг. 55).



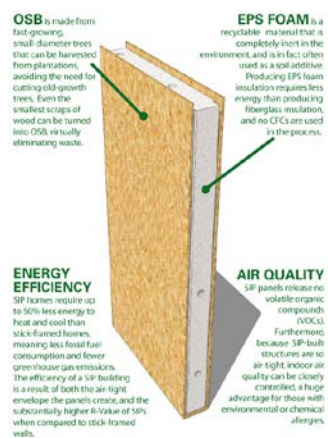
Фиг. 55: Принцип на сглобяване на CLT панел

3.3 SIP елементи

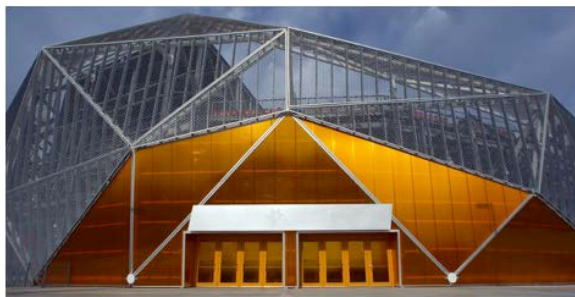
Сандвич панелите или SIP (Structural Insulated Panels) представляват две шперплатови плоскости с изолационен материал между тях (Фиг.56). При производството им се отделят по-малко енергия и суровини, отколкото други структурни строителни системи, което ги прави енергийно ефективни, с малък вреден ефект върху околната среда. Напредъкът в производството на панелите допълнително увеличава изолационните им способности.

3.4 Поликарбонатни панели с наногел

Облицовката на стени е важна част от визуалното въздействие на сградата, но често образуващи се поради лошо изпълнение термо-мостове са една от основните причини за загубата на енергия в сградата. За да се постигнат както нуждите от дневно осветление, така и енергийната ефективност, се разработват поликарбонатни листове, изпълнени с наногел (Фиг.57).



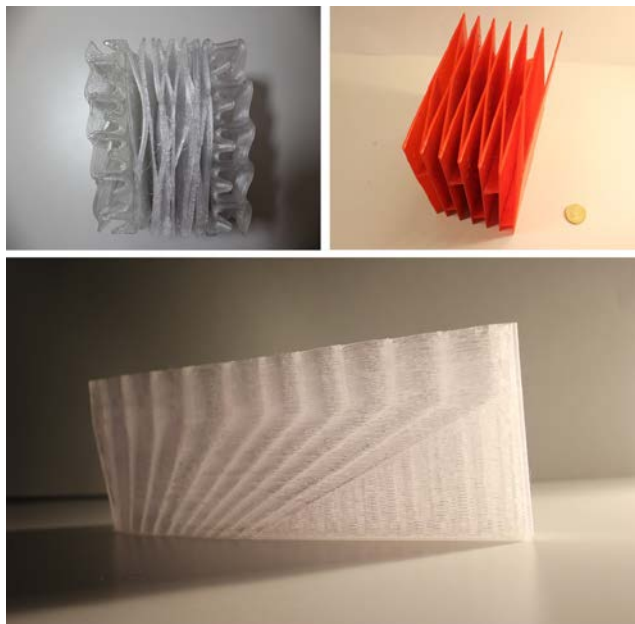
Фиг. 56: Структура и предимства на сандвич панели



Фиг. 57: Приложение на поликарбонатни фасадни системи

3.5 3D принтирани материали

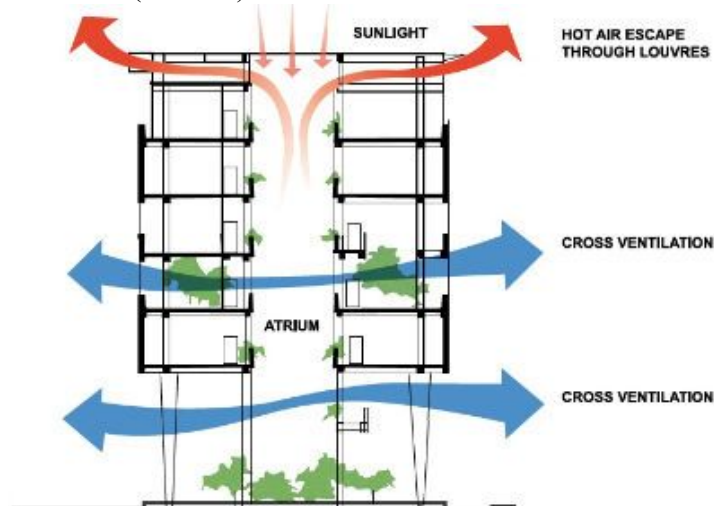
Основното предимство на новия материал е, че не само може да бъде отпечатано 3D с относителна лекота, но може да се произведе със сложна структура, която допълва различните термични функции (Фиг. 58). Технологията има също така потенциал да намали отрицателното въздействие върху околната среда на сградата, а изискванията за енергия за отопление и климатизация ще бъдат значително намалени.



Фиг. 58: Варианти на структура на принтиран 3D материал

4. Пасивна вентилация

Самият принцип на действие се взимат от природата, но за да го интегрират в строителството, архитектите и инженерите създават нови и иновативни конструкции и елементи (Фиг. 59).



Фиг. 59: Хладен въздух циркулира около атриум на сграда и заобикалящите го пространства, докато горещият въздух се издига до върха на атриума и излиза през жалузи.

Предложение за подобрене на енергийната ефективност на типизирано офисно помещение

В България много сгради от старото строителство, построени през 60-те и 70-те години на миналия век се използват за офисни и административни цели. Капацитетът им е запълнен и консумацията на енергия е голяма. Фактът, че целодневно през тях

преминава голям поток от хора, ги прави изключително енергоемки и трудни за поддръжка. Наличие на дефекти в конструкцията, в резултат на стареенето, липсата на топлоизолация и дългата експлоатация ги прави енергийно-неефективни и скъпи за поддръжка. Съществува и невъзможността да бъде контролирано използването на електроуреди за отопление и вентилация от потребителите в зависимост от годишния сезон.

Използвайки информацията, събрана по време на обучението си, предлагам схематично решение за повишаване енергийната ефективност на типизиран офис участък от сграда. Методологията е приложима за много от съществуващите обекти на територията на страната и е съобразена с климатичните особености, предлаганите решения на пазара и икономическата ситуация.

На Схема 1 долу е изобразено офисно помещение (обща част и кабинет) с обща площ 72 m², с външна врата прозорци (1x 1,5 m) от другите три страни, с тухлена оградаща конструкция. Приемаме че светлата височина е 2,5 m. Зададено по този начин, в помещението не са инсталирани уреди за отопление и охлаждане, но е изградена електрическа мрежа.

Допълнителни характеристики:

- Температурен диапазон на външната температура — от 35 до -15 °C
- Тип носеща конструкция — Стоманобетон
- Брой ползватели на помещението — 5 човека + 2 гости
- Период на ползване — 12 часа/ден през деня

На Схема 2 са изобразени и номерирани стъпките, които могат да се предприемат за увеличаване на енергийната ефективност на помещението и комфорта на ползвателите му.

1. Поставяне на външна топлоизолация на външните стени EPS платна, с цел запазване на комфортния климат вътре в помещението.

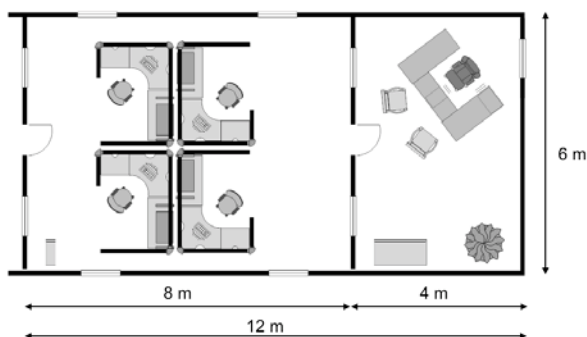


Схема 1: Типизирано офис помещение

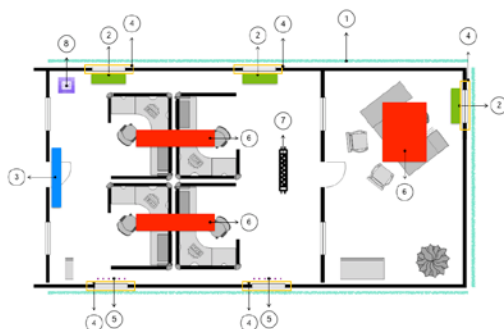


Схема 2: Предложение за повишаване на енергийната ефективност на типизирано офис помещение

2. Поставяне на три броя енергоспестяващи климатици (Клас А по енергийна ефективност) над прозорците. Функцията им ще бъде само за охлаждане през топлите сезони, а не отопление.
За допълнителна ефективност, климатиците могат да бъдат свързани към покривно разположени соларни панели. Така енергията на слънцето ще бъде вложена за охлаждане през топлите дни, когато то е най-силно и грееето е с по-голяма продължителност. Задължително е наличието на термостат, който помага на уредите да подържат постоянна температура и да включват и изключват.
3. При наличие на външна врата, препоръчително е над нея да бъде инсталирана термо-въздушна завеса, която да създава невидима бариера между външния и вътрешния въздух при отваряне и затваряне на вратата. Това ще възпрепятства затопления въздух да излиза навън през зимата и съответно охладения въздух да излиза навън през лятото, което ще облекчи работата на инсталираните в помещението електроуреди и намали разхода им.
Тъй като конумират сравнително малко енергия, въздушните завеси също могат да бъдат свързани през соларен панел, който да има капацитета да ги захранва и през зимния сезон.
За сгради с висок човекопоток през изходите (търговски центрове, входове на административни и офисни сгради, транспортни терминали, болници и др.) е препоръчително освен термозавеса, да бъде монтирана въртяща се врата. Чрез нея се създава постоянна бариера между външния и вътрешния климат, а преминаването на хората не се възпрепятства, тъй като варират във всякакви разновидности и размери, в зависимост от приложението.
4. Смяна на остарялата дограма с такава от ПВЦ е задължително, ако искаме да постигнем висока енергийна ефективност и приятна обстановка в офиса. При правилен избор и монтаж, дограмата не само изолира от външните климатични условия, но има блаоприятен шумоизолиращ ефект.
5. Заради силното слънцегрееене, особено през топлите месеци е препоръчително да се съобрази подходящо засенчване на прозорците в зависимост от разположението на сградата. Чрез автоматични щори може да бъде регулирано допускането на светлина и нагряването на слъцето. По този начин, няма да е необходима допълнително отопление / охлаждане коменсиращо топлината на слънчевите лъчи, влизаща през отворите.
6. Лъчисто отопление, инсталирано на тавана, кето ще осигурява топлина и комфорт на работещите през студените месеци. Предимството е че уредите са инсталирани така, че да нагряват само участъците, където се работят и има хора (~ 6 m²), а не цялото пространство. Заради принципа му на работа, дори след изкълчването му, нагрятите до момента обекти, връщат получената топлина и въздухът остава приятно топъл за работа.
Желателно е, уредите да бъдат свързани с термостат за да се проследява желаната температура, без преразход на енергия.
7. Всички осветителни тела, следва да бъдат заменени с LED, за по-голяма дълготрайност и енергийна ефективност. Така с дългосрочна инвестиция, ще бъдат спестени разходи за електроенергия и смяна на телата, а удобството ще бъде запазено.
8. За максимално удобство и постигане на висока енергийна ефективност, системите описани по-горе могат да бъдат взаимно свързани чрез приложение за управление. При задаени желани характеристики за отопление, осветление и климатизация, приложението може само да настройва и регулира работата на електроуредите спрямо най-ефективното за сезона решение.

За да се подчертаят пресимствата на предложените методи за повишаване на енергийната ефективност, изчисления за консумацията на енергия и спестените средства са изложени в таблици. От тях ясно се вижда, че ако се приложат навременни

и адекватни мерки за повишаване на енергийната ефективност, то разходите за отопление, охлаждане и осветления могат да спаднат двойно:

IV Експериментална част

За да се онагледят недостатъците на остарелите практики в строителството и преимуществата на предложените методи за подобряване енергийната ефективност на съществуващи сгради и съоръжения са проведени експерименти с термокамера FLIR R640. Подробности за експериментите и резултатите са описани в следващите точки.

Характеристики на уреда:

Минимално фокусно разстояние 24° - 18° / 0,3m

Температурен обхват — от -40°C до 2000°C

Точност $\pm 2^{\circ}\text{C}$

1. Експеримент 1 — Сравнение поведението на дървена дограма и ПВЦ дограма

— Обект на провеждане на експеримента — Фасада на ИИКТ—БАН.

Сравнение между един етаж с дървена дограма и друг етаж с ПВЦ дограма

— Тип конструкция — Стоманобетон с тухлена зидария и облицовка от камени плочи

— Температура на външен въздух — 10°C

— Температура на вътрешен въздух $\sim 27^{\circ}\text{C}$

— Провел експеримента — инж. Венета Йосифова, др. инж. Николай Стоименов, проф. Димитър Карастоянов

Резултат: От снимките направени с термокамера и заснетата температурна разлика, ясно се откроява наличието на термомост при старата дървена дограма (Фиг. 60) . Това означава, че топлият въздух от нагрятото помещение вътре, излиза свободно през дефектните образувания в прозореца, което неминуемо води до по-голям разход за отопление и дискомфорт на потребителите. При обновения етаж с ПВЦ дограма, такова явление не се наблюдава т.е енергията необходима за отопление се използва максимално без загуби.



Фиг.60: Термомост при прозорец

2. Експеримент 2 — Наблюдение работата на лъчист отоплител в офисно помещение

- Място на провеждане на експеримента — Офис фирма АССИСТ ЕООД, бул. Европа №127
- Уред подложен на изследване — Elztrip EZ300 (3600W, 230V, максимална температура достигана в корпуса 320 °С, тегло 19,8 кг) [63]
- Температура на въздух във помещението ~ 20 °С
- Температура на външен въздух — 12 °С
- Тип конструкция — Стоманобетонна
- Провел експеримента — инж. Венета Йосифова и др. инж. Станислав Гьошев

При проведения експеримент е наблюдавано поведението на лъчист отоплител монтиран на тавана в офисно помещение (Фиг. 61). Макар таванът да е висок (приблизително 4 m), чрез удобни удължаващи крепежни елементи е постигната удобна височина на разположение на отоплителния уред, за да се разпределя топлината ефикасно. В това помещение (около 30 m²) за максимален комфорт са монтирани два лъчисти отоплителя, свързани с термостат.



Фиг. 61: Лъчисто отопление в офис Фиг. 62: Термоснимка на работещ лъчист отоплител

Резултат: Благодарение на снимките с термокамера, можем да онагледим работата на уреда (Фиг. 62). От тях се вижда, че със стандартна мощност се достига висока температура в тялото на уреда, която се излъчва и “разпилява” в помещението, нагрявайки с приятните около 30 °С, хората и обектите, разположени в стаята. От Фиг. 63 ясно може да се сравни еднаквостта на нагряване от уреда и от влизащото през прозореца слънце, тъй като принципът на топлопредаване е един и същ. Стая с подобни размери би следвало да се отоплява около 2-3 часа предварително за да бъдат достигнати 25 °С в зимни условия. Чрез лъчистия отоплител, който действа веднага след включването си и нагрява мигновено, това време и разход на електричество са спестени, а комфортът в помещението е осигурен. Преимуществото на зонираното отопление дава възможността да бъдат отоплявани само офисите или частите от помещенията където има хора, за да се намали разхода за електроенергия, когато не е изпълнен капацитетът на сградата.



Фиг. 63: Отопление чрез лъчист отоплител

3. Експеримент 3 — Сравнение работата на лъчисто отопление и конвекторна печка в индустриално хале

- Място на провеждане на експеримента — Офис фирма АССИСТ ЕООД, бул. Европа №127
- Уред подложен на изследване:
Лъчист отоплител — VARMA 301(1500W)
Конвекторна печка — SANG (2000 W)
- Температура на въздух във помещението ~ 20 °C
- Температура на външен въздух — 12 °C
- Тип конструкция — Стоманобетонна
- Провел експеримента — инж. Венета Йосифова и др. инж. Станислав Гъшов

При проведен експеримент в индустриално хале с голяма светла височина (~ 60 m²; ~ 4 m), беше сравнена работата на две отоплителни тела — конвекторна печка SANG и лъчисто отопление VARMA 301(1500W).

Резултат: С термокамера бе установено, че макар с по-ниска мощност, температурата която се достига в корпуса на лъчистия отоплител надвишава тройно, тази в корпуса на конвекторната печка (Фиг. 64 и Фиг. 65). Топлият въздух от печката се разсейва из цялото помещение и за периода на експеримента не бе усетено значително затопляне. Лъчистият отоплител от своя страна нагриваше равномерно зоната, в която бе монтиран (~ 16 m²). Предимството, че уредът започва да излъчва топлина веднага след включване, осигурява комфорт мигновено, без необходимост от дълги часове предварително затопляне на помещението в сравнение с другите методи за отопление. Преимуществото на зониранието отопление дава възможността да бъдат отоплявани само местата от халето/производствената сграда където работят хора (Фиг. 66), за да се намали разхода за електроенергия, а не цялото пространство. Бе доказано преимуществото на лъчистото отопление в индустриално помещение от ефективна и икономическа гледна точка.



Фиг.64: Снимка с термокамера на работеща конвекторна печка

Фиг.65: Снимка с термокамера на работещ лъчист отоплител

Фиг.66: Нагриване на човек чрез лъчист отоплител

За да се сравнят работите на двата уреда, пресмятаме енергията необходима да се затопли нужната зона за работа и времето за работа.

Лъчист отоплител — VARMA 301

Време за работа $t_{л.о.} = 1$ час

Консумирана енергия $E_{л.о.} = 1,5$ kWh

Разход за електроенергия $R_{л.о.} = 1,1,5 \cdot 0,2 = 0,3$ лв.

Конвекторна печка — SANG (2000 W)

Време за работа $t_{к.п.} = 2$ часа

Консумирана енергия $E_{к.п.} = 2,0$ kWh

Разход за електроенергия $R_{к.п.} = 2,2,0 \cdot 0,2 = 0,8$ лв.

Макар по-скъпа първоначална инвестиция уредите, действащи на принципа на лъчистото отопление, могат значително да намалят разходите за електроенергия за отопление (до 3 пъти), особено за производствени сгради и индустриални обекти, където помещенията са големи, но не се изисква затопляне на целия обем.

4. Експеримент 4 — Откриване на дефекти при съществуващи сгради или при изпълнение на довършителни работи

- Обект на провеждане на експеримента — Сграда на Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия (за дограма и излоация), Офис сграда в гр. София (за покрив)
- Тип конструкция — Стоманобетон с прозорци от алуминиева дограма
- Температура на външен въздух — 10°C
- Температура на вътрешен въздух $\sim 27^{\circ}\text{C}$
- Провел експеримента — инж. Венета Йосифова, др. инж. Николай Стоименов, др. инж. Станислав Гьошев проф. Димитър Карастоянов

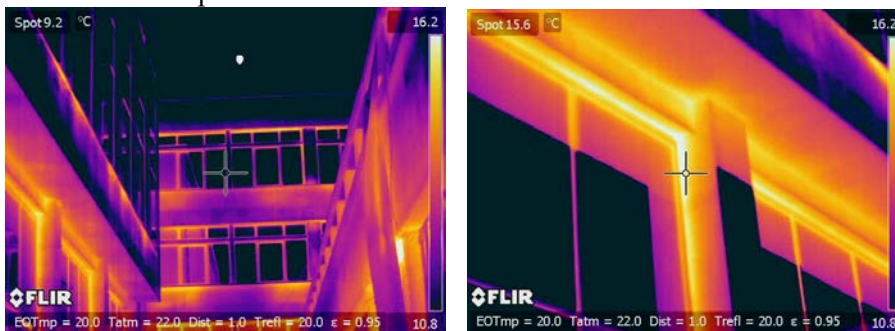
Чрез редица изследвания във сградата на Университета по Архитектура, Строителство и Геодезия и новопостроена офисна сграда, бяха открити невидими за окото проблеми, които подлежат на отстраняване като:

1. Некачествено изпълнение на хидроизолация на покрив (Фиг. 67)



Фиг.67: Компрометирана хидро и топлоизолация на покрив

2. Термомост при алуминиева дограма (Фиг. 68, 69, 70) — дори при наличие на дограма (в случая алуминиева), лошото изпълнение при оставянето ѝ нарушава качествена ѝ работа.



Фиг.68: Термомост при ал. дограма Фиг.69: Термомост в дограма



Фиг.70: Термомост в дограма Фиг.71: Дефекти в топлоизолация

3. Некачествено изпълнение на топлоизолация — На фиг. 71 се наблюдават разстояния между платната от топлоизолационен материал, кухини и лошо разпределение на материала за прикрепяне.

Заклучение

Съвременните решения за неструктивно тестване на конструкциите и материалите ни позволява откриването на невидими на пръв поглед дефекти и възникнали проблеми. Това дава предимство в навременото им отстраняване. Компютърните технологии и дигитализацията все повече си партньорстват със строителния сектор в търсенето на енергоефективни решения за по-добър начин на живот и хармония с околната среда. В стремежа за повишаване на енергийната ефективност на съществуващи сгради и съоръжения, подобни практики биха заели важна роля за качествено изпълнение на подобрителни и ремонтни дейности по пътя за постигане на “зелени” сгради с нулево енергийно потребление.

Научно-приложни приноси

С оглед на работата, извършена в дисертацията и резултатите, получени в хода на изследванията и изложени по-горе, могат да бъдат формулирани следните научно-приложни приноси:

1. Анализирани са състоянието и развитието на научните изследвания и проблемите в областта на енергийната ефективност при сгради и съоръжения за установяване на основните фактори, влияещи върху енергийната ефективност.
2. Изследвано е влиянието на сградите върху климатичните промени и потреблението на енергия.
3. Изследвани са съществуващите методи и средства за подобрене на енергийната ефективност в съвременното строителство
4. Предложен е модел за подобрене на енергийната-ефективност на типизиран модел офисно помещение в стандартна офис сграда.
5. Проведени са реални експерименти за сравнение на съвременни и иновативни методи за отопление. Получените резултати са описани и анализирани с цел намаляване на топлинните загуби и оптимизация в енергийната консумация.
6. Проведени са реални експерименти за откриване на дефекти в съществуващи решения за енергийна ефективност. Получените резултати са описани и анализирани с цел повишаване на енергийната ефективност.

План за комерсиализация на научните резултати

Предложения в дисертационни труд процес за оптимизиране на енергийните разходи в съществуващи помещения и сгради може да подлежи на редица изменения и подобрения, за да бъде използван практически в строителния сектор. За да бъде постигнато това е необходимо преминаването през няколко стъпки:

1. Събиране на изчерпателна информация в база данни
2. Изследвания
3. Анализ на резултати
4. Изчислителен софтуер
5. 2D и 3D визуализиране

Преглед на пазара

Конкурентните измерения на подобен тип приложения не е особено широк, тъй като темата е сравнително нова на пазара, а търсенето за съжаление, все още не е високо. С навлизането на законодателните наредби във връзка с енергийната ефективност обаче, подобен тип приложения ще бъдат все по-разпространявани и търсени, за да отговаря всяка сграда или дом да нужните енергийни норми.

Обикновено различните производители (на дограма, отопление, климатизация и др.) разработват собствени калкулатори за изчисление на енергийни спестявания спрямо техните продукти с търговска цел. Те обаче са твърде субективни и разглеждат отделни направления, с много малко входяща информация (квадратура, обем, външна и вътрешна температура и др.).

Референции

- [1] What is energy efficiency? — British Geological Survey — www.bgs.ac.uk
- [2] What's energy efficiency and how much can it help cut emissions? — Dr Tamaryn Napp, Professor Nilay Shah and Professor David Fisk, Grantham Institute for Climate Change and Chemical Engineering, Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, in collaboration with the Guardian
- [3] Европейската политика за енергийна ефективност — Агенция за устойчиво енергийно развитие. България — <http://www.seea.government.bg/>
- [4] Енергийна ефективност — Информационни фишове за Европейския съюз — Справочник за Европейския съюз – 2018 — <http://www.europarl.europa.eu/>
- [5] Енергийната ефективност на България и акцизната политика на ЕС Автор: Спартак Софийков* / 31.05.2013
- [6] Национална програма за Енергийна Ефективност на многофамилни жилищни сгради — Министерство на регионалното развитие и благоустройството Р.България — <http://www.mrrb.government.bg/>
- [7] ЕБВР отпуска още 20 млн. евро за енергийна ефективност в домовете — Мария Иванова “Капитал Daily” — 01.09.2016
- [8] НАРЕДБА № РД-16-1058 ОТ 10 ДЕКЕМВРИ 2009 Г. ЗА ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА РАЗХОД НА ЕНЕРГИЯ И ЕНЕРГИЙНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СГРАДИТЕ
- [9] арх. Стоянка Маринова Иванова— ИЗГОТВЯНЕ НА КОМПЮТЪРЕН МОДЕЛ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА ЕНЕРГИЙНО ЕФЕКТИВНИ АРХИТЕКТУРНИ РЕШЕНИЯ ПО ОТНОШЕНИЕ НА СЛЪНЧЕВАТА РАДИАЦИЯ / АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ — София, 2014 г.
- [10] Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance — U.S. Environmental Protection Agency December 2013
- [11] Australian Building Codes Board— Condensation in Buildings Handbook 2014 Second Edition
- [12] Thermal Imaging Guidebook For Building and Renewable Energy Applications — FLIR Systems Co. Ltd.
- [13] НАРЕДБА № 7 от 15 декември 2004 г. за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради
- [14] Condensation in Buildings Tasmanian Designers' Guide — Building Standards and Occupational Licensing — Tasmanian Government
- [15] Climate Change: Implications for Buildings — A new briefing published by the Buildings Performance Institute Europe (BPIE), the Global Buildings Performance Network (GBPN), the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), the Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL) and the Cambridge Judge Business School (CJBS) distils the key findings from the recently released Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report for the building sector —Creative Commons License BY-NC-SA.
- [16] How Buildings Impact the Environment — BOSS Commercial Solutions — <https://bosscontrols.com/>
- [17] Climate Impacts on Energy — United States Environmental Protection Agency
- [18] USGCRP (2014). Dell, J., S. Tierney, G. Franco, R. G. Newell, R. Richels, J. Weyant, and T. J. Wilbanks, 2014: Ch. 4: Energy Supply and Use. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment, J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 113-129. doi:10.7930/J0BG2KWD.
- [19] Module 18 Energy efficiency in buildings — Sustainable energy regulation and policymaking training manual — United Nations Industrial Development Organization
- [20] Thermal Insulation Materials— Material Characterization, Phase Changes, Thermal Conductivity — NETZSCH-Gerätebau GmbH

- [21] Black&Decker TLD100 Thermal Leak Detector instruction manual — Catalog Number TLD100 Part No. 90539493 Sept. 2008; Copyright 2008 Black & Decker (US) Inc.
- [22] Standby-Energy-Monitor SEM16+ / SEM16+ USB Manual — Nordwestdeutsche Zählerrevision; Ing. Aug. Knemeyer GmbH & Co. KG
- [23] Close Focus Infrared Pyrometers; Non-Contact Surface Measurement of Temperature and Heat Flow — OMEGANet On-line Services — USA
- [24] Manual for Infrared Measuring Technology — testo AG Postfach 1140 79849 Lenzkirch
- [25] KD2 Pro Thermal Properties Analyzer Operator's Manual — Decagon Devices, Inc., Version: February 29, 2016
- [26] FLIR Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications
- [27] Видове топлоизолации — арх. Д. Попдимитров и АА Грид Графикас БГ — 12.04.2013г. — <http://архитект.бг>
- [28] Топлоизолация. Вътрешна и външна топлоизолация — Източник smk-bg.com / <http://www.bgstuff.net>
- [29] Solar Ready Buildings Planning Guide — National Renewable Energy Laboratory — Technical Report NREL/TP-7A2-46078 December 2009 — L. Lisell, T. Tetreault, and A. Watson
- [30] Solar Panels <http://www.energysavingtrust.org.uk/> — Energy Saving Trust (UK)
- [31] How Solar Panels Work — Union of Concerned Scientists (USA)—18.12.2015
- [32] Why Industrial Buildings are so Good for Solar Panels — The Green Energy Blog; 10.10.2016 — <http://thegreenenergyblog.com/>
- [33] Energy Efficient Lighting — Eartheasy Sustainable Living — <https://learn.eartheasy.com/guides/>
- [34] Energy-Efficient Air Conditioning —Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse— DOE/GO-10099-379 FS 206 June 1999
- [35] Видове климатици — „Термал Юнит” ЕООД —<http://www.klimatik.eu/>
- [36] Save energy – maintain comfort Air curtains for industry — Frico AB
- [37] Air Curtains Product Catalogue – Frico AB
- [38] Подобряване на топлоизолацията на прозореца с „Топъл край“ композитен дистанционер SWISSPACER Ultimate — <https://www.dogrami.bg/> — 14.02.2018
- [39] ИСТОРИЯ И ТРАДИЦИИ НА PVC И АЛУМИНИЕВАТА ДОГРАМА — BGStart Group Строителство — <https://stroitelstvo.bgstart.net/>
- [40] Дограма — PN Systems — <http://edograma.com/>
- [41] ПВЦ дограма – предимства и недостатъци — <http://dogramata.bg/>
- [42] Интелигентните прозорци не са далеч — <https://www.dogrami.bg/> — 07.03.2018
- [43] Енергоефективна пластмасова и алуминиева дограма SCHÜCO — Строители Ел. медия
- [44] Saving Building Energy through Advanced Control Strategies, Stephen Treado * and Yan Chen— Department of Architectural Engineering, the Pennsylvania State University, University Park—Published: 10 Sept. 2013
- [44.1] U.S. Department of Energy (DOE). 3.1.4. 2010 Commercial Energy End-Use Splits, by Fuel Type (Quadrillion Btu). In Building Energy Data Book; U.S. DOE: Washington, DC, USA, 2010.
- [44.2] Akinci, B.; Garrett, J.H.; Akin, Ö. Identification of Functional Requirements and Possible Approaches for Self-Configuring Intelligent Building Systems; National Institute of Standards and Technology, USA, 2011.
- [44.3] Roth, K.W.; Westphalen, D.; Feng, M.Y.; Llana, P.; Quartararo, L. Energy Impact of Commercial Building Controls and Performance Diagnostics: Market Characterization, Energy Impact of Building Faults and Energy Savings Potential; A Report for Building Technologies Program: Cambridge, MA, USA, 2005.
- [44.4] Aynur, T.N.; Hwang, Y.H.; Radermacher, R. Simulation comparison of VAV and VRF air conditioning systems in an existing building for the cooling season. Energy Build. 2009, 41, 1143–1150.
- [44.5] Mossolly, M.; Ghali, K.; Ghaddar, N. Optimal control strategy for a multi-zone air conditioning system using a genetic algorithm. Energy 2009, 34, 58–66.
- [44.6] Moroşan, P.D.; Bourdais, R.; Dumur, D.; Buisson, J. Building temperature regulation using a distributed model predictive control. Energy Build. 2010, 42, 1445–1452.
- [44.7] May-Ostendorp, P.; Henze, G.P.; Corbin, C.D.; Rajagopalan, B.; Felsmann, C. Model-predictive control of mixed-mode buildings with rule extraction. Build. Environ. 2011, 46, 428–437.
- [44.8] Hazyuk, I.; Ghiaus, C.; Penhouet, D. Optimal temperature control of intermittently heated buildings using model predictive control: Part II—Control algorithm. Build. Environ. 2012, 51,388–394.
- [45] Какво е интелигентната система за управление на дома? — “Адапт Контрол” ЕООД — <http://www.adaptcontrol.com/>
- [46] ЗАЩО ДА ВНЕДРИМ СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ В СТАРА СГРАДА?— Saint Gobain article — <http://saint-gobain.bg/> — 03.04.2018 г.
- [47] Леонид Черняк. Платформа Интернета вещей. // Открытые системы. СУБД, №7, 2012. Открытые системы, 2012-09-26. Архив на оригинала от 2013-01-24. Посетен на 2015-02-05.)
- [48] Принцип на инфрачервено отопление — <http://www.redsun.bg/> — Редсън ЕООД
- [49] Open Air Restaurants — Product Catalogue Frico AB (Швеция)
- [50] Инфрачервени лъчи – свойства и приложения —<http://www.redsun.bg/> — Редсън ЕООД
- [51] Radiant Heating — Energy.gov — U.S. Department of Energy's (САЩ)
- [52] VARMA TEC Product Catalogue —Star Progetti Tecnologie Applicate Spa (Италия)
- [53] 8 (New) Energy Efficient Materials Architects Should Know — Todd Sims21 January, 2018 — www.archdaily.com
- [54] Cross-Laminated Timber (CLT) — APA – The Engineered Wood Association — <https://www.apawood.org/>
- [55] New 3D Printed Material Makes Future Homes More Energy Efficient — JP Buntinx — August 22, 2017 — <https://nulltx.com/>

- [56] Passive ventilation — WindowMaster Ltd. Denmark — <https://www.windowmaster.com/>
- [57] Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings.— Atkinson J, Chartier Y, Pessoa-Silva CL, et al., editors. Geneva: World Health Organization; 2009.
- [58] Towards nearly zero-energy buildings Definition of common principles under the EPBD Final report — Ecofys: Andreas Hermelink, Sven Schimschar, Thomas Boermans Politecnico di Milano / eERG: Lorenzo Pagliano, Paolo Zangheri, Roberto Armani University of Wuppertal: Karsten Voss, Eike Musall Date: 14 February 2013 Project number: BESDE10788
- [59] Rotating Solar House Generates Five Times The Energy It Consumes — Contributor; Aug 21, 2010 — <https://techcrunch.com/>
- [60] Central Park — City of Sydney — <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/> / [/www.centralparksydney.com](http://www.centralparksydney.com)
- [61] Winners of the 2018 Architecture at Zero competition announced —Nicole Jewell — 26.03.2018 — <https://inhabitat.com/>
- [62] Architecture at Zero Design Competition — Arrowstreet Architecture and Design Portfolio, Boston USA
- [63] Elztrip EZ300 Manual — Art.no: 206472 2017--12-21 HH/CH— Frico AB
- [64] V. Christova-Yosifova., Moisture control in buildings. Managing condensation in surrounding constructions., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 67, 2016, ISSN 0204-9848, pp. 43-50
- [65] V. Christova-Yosifova., Increasing Energy Efficiency in Existing Buildings., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 68, 2017, ISSN 0204-9848, pp. 58-64
- [66] Yosifova V., Study of the energy efficiency for buildings and facilities. Insulation materials and detection of construction defects with thermal camera., International Conference Robotics, Automation and Mechatronics' 15 RAM 2015, Sofia, Bulgaria, November 05, 2015., pp.37-43 , ISSN 1314-4634.
- [67] В. Христова – Йосифова, Уреди за обследване енергоефективността на сгради и съоръжения., John Atanasoff Celebration Days, International Conference “Robotics, Automation And Mechatronics” RAM 2016, October 4-6 2016, Byaga, Bulgaria, p. 39-44, ISSN 1314-4634

Публикации по дисертационната тема

1. **V. Christova-Yosifova.**, Moisture control in buildings. Managing condensation in surrounding constructions., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 67, 2016, ISSN 0204-9848, pp. 43-50
2. **V. Christova-Yosifova.**, Increasing Energy Efficiency in Existing Buildings., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 68, 2017, ISSN 0204-9848, pp. 58-64
3. **Yosifova V.**, Study of the energy efficiency for buildings and facilities. Insulation materials and detection of construction defects with thermal camera., International Conference Robotics, Automation and Mechatronics' 15 RAM 2015, Sofia, Bulgaria, November 05, 2015., pp.37-43 , ISSN 1314-4634.
4. **В. Христова – Йосифова**, Уреди за обследване енергоефективността на сгради и съоръжения., John Atanasoff Celebration Days, International Conference “Robotics, Automation And Mechatronics” RAM 2016, October 4-6 2016, Byaga, Bulgaria, p. 39-44, ISSN 1314-4634
5. **Yosifova V.**, Ivanova D., Nondestructive testing of construction materials and structures., International Scientific Conference “INDUSTRY 4.0”, December 13-16, 2017, Borovez, Bulgaria
6. Karastoyanov D., Groueva M., **Yosifova V.** MOBILE ROBOTS FOR INVESTIGATION IN SPECIFIC AREAS. International Journal of Systems Applications, Engineering & Development, 12, 2018, ISSN:2074-1308, 126-130

Abstracts of Dissertations

Number 4, 2020

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 4, 2020

Автореферати на дисертации