

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ



Белорусский национальный  
технический университет



Строительный факультет

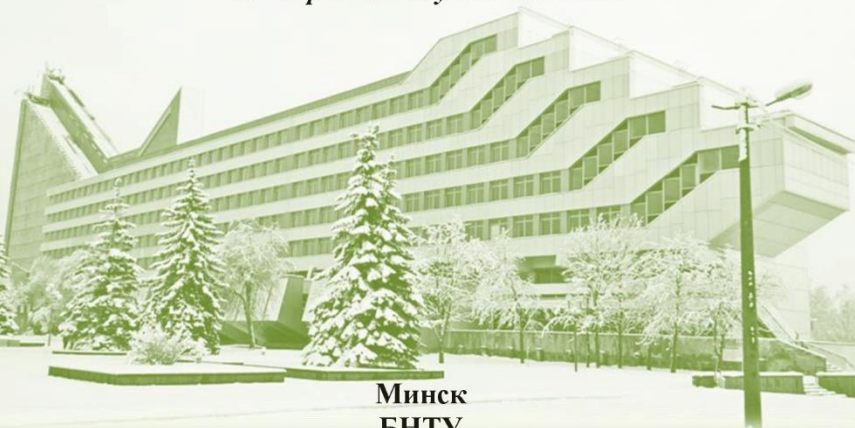
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ, ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ  
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И  
СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ**

Материалы 76-й студенческой  
научно-технической конференции

Секция «Геотехника и строительная механика»

18 мая 2020 года

*Электронное научное издание*



Минск  
БНТУ  
2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Строительный факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ, ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ  
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И  
СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ

Материалы 76-й студенческой  
научно-технической конференции

Секция «Геотехника и строительная механика»

18 мая 2020 года

*Электронное научное издание*

Минск  
БНТУ  
2020

**Над документом работали:**

**Т. В. Тронда** – старший преподаватель  
кафедры «Геотехника и строительная механика»;  
**С. А. Нудный** – ассистент  
кафедры «Геотехника и строительная механика»

Сборник содержит материалы 76-й студенческой научно-технической конференции «Актуальные проблемы геотехники, экологии, защиты населения в чрезвычайных ситуациях и строительной механики». В сборнике освещены материалы, посвященные современным и экономичным конструкциям нулевого цикла, вопросам инженерной геологии, проблемам защиты населения и окружающей среды, а также строительной механике и информационным технологиям в строительстве.

Статьи приведены в авторской редакции. Ответственность за содержание статей несут авторы.

Предназначено для научно-педагогических работников, студентов, магистрантов и аспирантов.

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.(017) 292-77-52, факс (017) 292-91-37

Регистрационный номер БНТУ/СФ64-52.2020

© БНТУ, 2020  
© Тронда Т.В., 2020  
© Тронда Т.В., компьютерный дизайн, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ 1

#### ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

#### И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗЫСКАНИЙ ..... 5

*Н. Р. Subrayamaniam, К. Kuyanesathasan*

Geology of Sri Lanka: Mineral Resources and Soils..... 6

*Грамович Е. С., Лютъко А. С.*

Мрамор ..... 12

*Гурский И. А., Грамович Е. С., Лютъко А. С.*

История оледенения территории Беларуси ..... 16

*Прус Д. И., Гнедько А. С. Которовская И. Д., Дивин А. А.*

Пещеры ..... 21

### РАЗДЕЛ 2

#### СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ

#### МЕХАНИКИ ГРУНТОВ И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ ..... 26

*Аввад Лана, Новиков Р. П.*

Исследование влияния изменения характеристик грунтов на взаимодействия дорожных насыпей с подстилающим слабым основанием ..... 27

*Гусак А. А., Украинцев Г. М.*

Влияние механической анизотропии на распределение напряжений в основании, усиленном вертикальными и наклонными армирующими элементами ..... 32

*Мильчанина К. Л., Бобрик Н. Н.*

Методики определения сил отрицательного трения, возникающих на боковой поверхности свай: опыт Беларуси и России ..... 36

**РАЗДЕЛ 3**  
**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**  
**И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ** ..... 42

*Бурак А. А.*  
Водные экосистемы: состояние, сохранение и использование..... 43

**РАЗДЕЛ 4**  
**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ ПРИ**  
**ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФАХ** ..... 48

*Игнатович Н. С., Голик П. И.*  
Способы профилактики групповой паники населения при  
возникновении чрезвычайных ситуаций..... 49

**РАЗДЕЛ 5**  
**СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА** ..... 54

*Левицкий А. А.*  
Исследование внутренних усилий в каркасе одноэтажного  
производственного здания..... 55

**РАЗДЕЛ 6**  
**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** ..... 60

*Герасимов А. Г.*  
Сравнение программных комплексов: Tekla Structures и Revit ..... 61

*Пироженко А. Р.*  
Квантовое шифрование..... 68

*Федченков Е. А.*  
Использование 3D моделирования в системе МЧС ..... 73

## **РАЗДЕЛ 1**

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗЫСКАНИЙ**

**GEOLOGY OF SRI LANKA:  
MINERAL RESOURCES AND SOILS  
ГЕОЛОГИЯ ШРИ ЛАНКИ:  
МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ГРУНТЫ**

**H. P. Subrayamaniam, K. Kuyanesathan**

Scientific adviser – T. V. Tronda

Belarusian National Technical University

Minsk, Belarus

**Субрайаманиам П. Х., Куянесатасан К.**

Научный руководитель – Тронда Т. В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

**Abstract.** The article is an overview of geology, minerals and soils of Sri Lanka given on the base of the researches provided by other scientists.

**Аннотация.** В данной статье приведена обзорная информация о геологии, минералах и грунтах Шри-Ланки на основе исследований, проведенных ранее другими учеными.

### **Introduction**

Sri Lanka is a tropical Island in the Indian Ocean consisting of a land area of 65,525 km<sup>2</sup>. Sri Lanka lies on the Indian Plate, a major tectonic plate that was formerly part of the Indo-Australian Plate. The island consists mostly of flat to rolling coastal plains, with mountains rising only in the south-central part.

### **Geology**

Geologically, the island of Sri Lanka is considered a southerly extension of peninsular India with which it shares a continental shelf and some of its basic lithologic and geomorphic characteristics. Sri Lanka is known as a part of East Gondwana, together with fragments of Antarctica, Australia, India, Madagascar, Mozambique and Tanzania. Sri Lanka acted as a bridge through which Antarctica and East Africa can be correlated. Thus, Sri Lanka reveals remarkable geological and geotectonic similarities to those of neighboring Gondwana fragments. The Proterozoic basement of

Sri Lanka exposes substantial parts of the lower continental crust [2].

In Sri Lanka 90% of the area is covered by Precambrian (over 600 million-year-old) metamorphic rocks. The other 10% which is in the Northern part of Sri Lanka consists of Miocene age (0-25 million years) limestone. Few Jurassic age out crops are also available in this area. Most of these rocks are covered by recently formed clay laterite, red earth and soil deposits. The Precambrian metamorphic rocks are further classified into few more groups as given below in Figure 1, considering their age of formation, mineral combination, metamorphosed conditions etc. [3]:

- Highland/South Western Complex,
- Kadugannawa Complex,
- Vijayan Complex,
- Wannni Complex.

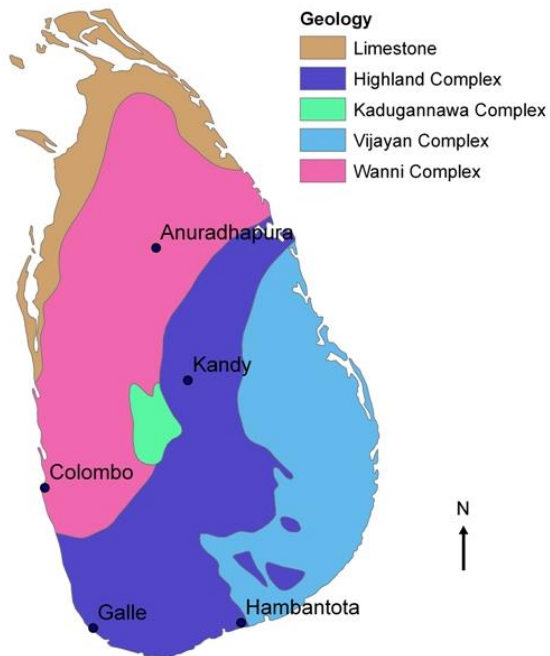


Figure 1. – Geological formations of Sri Lanka [1-3]



Four different units were distinguished based on isotopic, geochemical and petrological constraints, the Vijayan Complex in the east, the Highland Complex in the central, Wannu Complex in the west and the Kadugannawa Complex in between Highland Complex and Wannu Complex.

The Vijayan Complex consists mainly of amphibolite-facies granitoid rocks, metadiorites, metagabbros and migmatites while the Highland Complex is composed of intercalated meta-sedimentary and meta-igneous rocks of pelitic, mafic such as quartzo-feldspathic granulites, charnockites, marble and quartzite. Most of the Highland Complex rocks have attained granulite-facies conditions whereas some contain ultra-high temperature assemblages. Rocks in the Wannu Complex are granitoid gneisses, granitic migmatites, scattered metasediments and charnockites, which are metamorphosed under upper amphibolite to granulite facies conditions. The dominant rocks of the Kadugannawa Complex are hornblende and biotite-hornblende gneisses with interlayered granitoid gneisses in the core, pink feldspar granitic gneisses at the inner rim and metasediments at the outer rim of the arenas. Rocks of the Kadugannawa Complex are metamorphosed under upper amphibolite to granulite facies conditions. Post-peak metamorphic magmatic and hydrothermal activities are responsible for the formation of pegmatite, dolerite, carbonatite and granite bodies found in Sri Lanka. Hard and compact crystalline rock formations are distributed in the area of about nine-tenths of the island [2].

### **Mineral resources**

The minerals being exploited in Sri Lanka are [3]:

- gemstones,
- graphit,
- mineral sand,
- apatite,
- dolomite, calcite and magnesite,
- limestone,
- vein quartz,
- feldspar,
- mica,
- silica sand,
- iron ore,
- clay,
- rock (stone),

- wollastonite,
- serpentine,
- peat,
- rare earth elements (monazite, thorianite).

### Soils

Variations of soil within Sri Lanka reflect the effects of climate, lithology, and terrain on the soil-forming processes. The climatic influences are reflected in the dominance of red-yellow podzolic soils (leached lateritic soils) in the Wet Zone (see Figure 2) and of reddish brown earths (nonlateritic loamy soils) in the Dry Zone. In parts of the Central Highlands there are reddish brown latosolic soils (partially laterized soils) or immature brown loams (clayey loams). Among the other important soil types are the alluvials that occur along the lower courses of rivers and the regosols (sandy soils) of the coastal tracts [5].



Figure 2. – General rainfall zones of Sri Lanka [5]

According to study of 1961 [5], Great Soil Groups of Sri Lanka are:

- reddish brown earths,
- noncalic brown soils,
- reddish brown lateritic soils,
- red-yellow podzolic soils,
- red-yellow latosols,
- immature brown loams,
- rendzina soils,
- grumusols,
- solodized solonetz,
- low-humic gley soils,
- meadow podzolic soils,
- bog and half-bog soils,
- alluvial soils,
- regosols.

The soil map and the Handbook of the Soils of Sri Lanka published in 1972 also consist of Great Soil Groups according to the local classification system [4].

One of the recent and important study of soils was provided by R. Mapa. The study started in 1995 and continued to year 2005. For more detailed classification the three rainfall zones, Wet, Intermediate and Dry zones, receiving a mean annual rainfall of higher than 2500 mm, from 1750 to 2500 mm and less than 1750 mm respectively were considered separately. A total of 28 bench mark pedons in the Wet Zone, 40 and 54 pedons in the Intermediate and Dry zone were characterized. These benchmark sites were geo-referenced using a global positioning system for easy interaction with other databases. The field characterization consists of topography, drainage, parent material, present land use, agro-ecological regions, etc. The soil profile was described according to FAO system and major soil horizons were identified. Soil physical properties including soil texture, bulk density, saturated hydraulic conductivity, wet and dry aggregate stability, and water retention were characterized using standard methods. The chemical properties characterized were soil pH, cation exchange capacity, base saturation, exchangeable bases including Ca, Mg, K and Na, organic carbon content electrical conductivity, total N and available P [4].

## **Conclusion**

In conclusion it can be noticed that rocks of Sri Lanka are classified into four main groups, and variety of minerals and soils within Sri Lanka reflects the effects of climate, lithology, and terrain on the soil-forming processes.

## **References**

1. Geological Map of Sri-Lanka [Electronic resource] : Joint Research Centre / European Soil Data Centre (ESDAC). – Mode of access: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/geological-map-sri-lanka>. – Data of access: 10.05.2020.

2. Guideline on Site Investigation for Rock Mass Classification System in Sri Lanka [Electronic resource] : Technical Assistance for Improvement of Capacity for Planning of Road Tunnels. – Sri Lanka : Road Development Authority (RDA) ; Japan : Japan International Cooperation Agency (JICA), 2018. – Mode of access: <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12303541.pdf>. – Data of access: 10.05.2020.

3. Jayatileke, S. Geology and Mineral Resources of Sri Lanka [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.slideshare.net/indirankaralasingham/geology-mineral-resources-of-srilanka>. – Data of access: 10.05.2020.

4. Mapa, R. Classification and Mapping of Soils of Sri Lanka for Sustainable Land Management [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.researchgate.net/publication/303309091\\_Classification\\_and\\_Mapping\\_of\\_Soils\\_of\\_Sri\\_Lanka\\_for\\_Sustainable\\_Land\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/303309091_Classification_and_Mapping_of_Soils_of_Sri_Lanka_for_Sustainable_Land_Management). – Data of access: 10.05.2020.

5. Moormakn, F. R. Soils of Ceylon / F. R. Moormakn, C. R. Panabokkt [Electronic resource]. – Food and Agricultural Organisation of the United Nations ; Land Use Division Department of Agriculture Ceylon, 1961. – Mode of access: [https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu\\_i00003194\\_001.pdf](https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00003194_001.pdf). – Data of access: 10.05.2020.

## МРАМОР

**Грамович Е. С., Лютько А. С.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Мрамор считается естественным камнем, возникшим из-за перепада температур, и давления сформировавшийся из известняка, и доломита. Использование мрамора уходит своими корнями в глубины веков. Никогда раньше человечество не знало материала, воплощавшего в себе такие чудесные качества, как природная красота взоров, простота обработки, прочность и долговечность.

### **Введение**

Мрамор – красивый и долговечный камень, идеально приспособленный для удержания огромного веса. Такой материал был известен человечеству с давних времён. Ещё в древней Греции и Риме его ценили за красоту и природный блеск и активно применяли в строительстве и архитектуре. Неслучайно эта порода получила своё название: «мармарос» по-древнегречески означает «блестящий камень», от него и произошло современное слово «мрамор».

Мрамор – горная порода, которая образуется из кальцита или доломита в результате метаморфизма. Обычный известняк, состоящий из карбоната кальция (тот самый кальцит) обычного карбоната (соединения кальция и магния с  $\text{CO}_3$ ) или обоих минералов, после воздействия высоких температур и давления изменяет свою кристаллическую решетку. Так получается мрамор.

В природе существует огромное количество видов мрамора. Их классифицируют по цвету, по особенностям структуры, по сцеплению между зёрнами.

По цвету условно делят породу на чисто белый мрамор и цветной. Цвет зависит от того, какие примеси содержатся в исходном материале. Так, в красный (или ржавый) цвет мрамор окрашивает оксид же-

леза, желтый цвет получается за счет присутствия в составе лимонита или карбоната марганца. Сульфит железа окрашивает мрамор в сине-черный цвет. А примеси графита или битума раскрашивают мрамор во все оттенки серого, голубого и черного цветов.

По размеру зерен выделяют мелкозернистый мрамор, мрамор со средними и крупными зернами. Обработке легче всего поддается мелкозернистый, за что он и ценится выше своих "собратьев".

Такая порода как мраморный камень встречается в крупных отложениях, которые могут иметь толщину в сотни метров. Мрамор, состоящий из кальцита, обладает твердостью 3 по шкале Мооса, поэтому достаточно легко режется и обрабатывается. Относительно невысокая твердость и растворимость этого вещества позволяет его использовать в качестве кальциевой добавки в кормах для животных. Общие физические свойства мрамора:

- прочность на сжатие – от 1800 до 2100 кг/см<sup>2</sup>;
- плотность – 2,5-2,65 кг/см<sup>3</sup>;
- твердость (по шкале Мооса) – от 3 до 4;
- водопоглощение – не более 1%;
- пористость – низкая, от 0,6 до 3,5%;
- истираемость – от 0,4 до 3,2 г/см<sup>2</sup>.

Известно, что химическая формула мрамора (карбоната кальция) –  $\text{CaCO}_3$ , в составе молекулы вещества имеются атомы углерода, кислорода и кальция. Хотя метаморфическая горная порода и обладает хорошей стойкостью к атмосферным явлениям, зато плохо переносит кислотные составы. Кислота повреждает мрамор, так как карбонат кальция, реагируя с ней, выделяют углекислый газ (углекислоту), которая быстро распадается на  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . При попадании кислотных составов на мраморную поверхность возникает химическая реакция, поэтому контакт уксуса, лимонной кислоты и других подобных жидкостей с мрамором крайне нежелателен.

Мрамор ценят за то, что эту породу легко шлифовать, так как мрамор пластичен. После шлифовки появляется замечательный глянец, который ценится в строительстве и декорировании интерьеров.

Мрамор отличается устойчивостью к высоким температурам, поэтому может использоваться для отделки камина или печки, также природный камень отлично переносит низкотемпературные режимы, и в нем на морозе не образуются трещины.

Последнее время становится популярным литевой (искусственный) мрамор, представляющий собой экологически чистый материал, созданный на основе мраморной крошки/кварцевого песка, связующим элементом здесь является полиэфирная смола. Этот состав несколько отличается характеристиками: плотность мрамора здесь равна  $1,8-2,2 \text{ кг/см}^3$ , истираемость –  $0,45 \text{ г/см}^2$ , водопоглощение – в пределах от 0,15 до 0,7%.

Добывают мрамор открытым способом и шахтным, технология добычи мрамора зависит от залегания камня, и его ценности.

Способы добычи мрамора определяются его физико-механическими свойствами. Мрамор относится к породам средней твердости, и во время его добывания главная задача сохранить целостность его структуры.

Один из самых популярных способов добывания мрамора использование врубочных камнерезных машин. Это могут быть канатные или же дисковые камнерезные машины все зависит от размера блоков мрамора, которые нужно добыть. Дисковые пилы используют для вырезки некрупных мраморных блоков. Зачастую, размер блока должен составлять от одной до двух третей диаметра дисковой пилы. Если же нужно добыть крупный блок мрамора, то используют канатные камнерезы, режущим приспособлением в которых является стальной канат. Также в данном случае могут использовать буровые машины с крупными лезвиями.

Если говорить о других методах добывания мрамора, то среди них популярными считают буроклиновой метод, а также метод тихого взрыва. В основе обоих методов применение перфоратора для осуществления строчечного бурения скважин в породе. Потом эти скважины заполняются воздухом, водой или же расширяющейся смесью, которые вызывают раскол породы в намеченных линиях. Считается, что такие методы довольно экономичны. Возможно, именно поэтому и качество блоков будет уступать аналогам, которые были добыты с использованием камнерезных машин.

Последнее время природный камень мрамор широко используется в строительстве, для изготовления скульптур, применяется в быту для отделки помещений. Из мраморных плит и крошки производятся столешницы, напольные покрытия, лестницы и ступени, подоконники. Мраморные изделия способны придать любому интерьеру незабываемый, оригинальный облик, ведь мрамор отличается

многообразием узоров и широкой цветовой гаммой.

Мрамор, необычайно богатый материал, он всегда был признаком богатства и роскоши. Мрамор часто используют для внутренней отделки фасадов, интерьера комнат и для прикладного искусства.

### **Заключение**

Мрамор прекрасный материал, который обладает всеми возможными свойствами. Это гибкий инструмент в руках дизайнеров, архитекторов и скульпторов. Мрамор в меньшей степени, чем гранит, используется для облицовки наружных стен зданий. Мраморная плитка часто используется для облицовки ванных комнат. Комната, в оформлении которой использовалась мраморная плитка, обладает особой красотой и уютом. Эксклюзивный природный рисунок делает мрамор поистине величайшим материалом. Мрамор значительно теплее гранита, поэтому мраморная плитка для облицовки полов в ванной комнате гораздо выгоднее. Гранит и мрамор сегодня завоевали доверие в качестве отделочного материала во всем мире. Изделия из мрамора наполняют дом "живой" энергией. Мрамор легко впишется в любой интерьер. Изделия из мрамора отличаются своей непревзойденной красотой. Мрамор очень красив на срезе и хорошо полируется, что сделало его также одним из основных облицовочных материалов.

### **Литература**

1. Маслов, Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н. Н. Маслов. – М. : Высш. школа, 1982. – 511 с.
2. Шуман, В. Горные породы и минералы / В. Шуман // Мир камня : в 2 т. / М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 263 с.



## ИСТОРИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Гурский И. А., Грамович Е. С., Лютько А. С.

Научный руководитель – Уласик Т. М.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Современный рельеф нашей страны сформировался главным образом именно в ледниковый период. Пять раз наступали со Скандинавии ледники на территорию Беларуси. Вследствие этого образовались моренные холмы и гряды, ледниковые озера, валуны, а также низменности в местах, где текли ледниковые воды.

### Введение

Ледниковый период – этап геологической истории Земли, в течение которого климат менялся в сторону похолодания. Холодные отрезки времени (ледниковые эпохи) чередовались с периодами, когда устанавливался относительно более теплый климат (межстадиалы, межледниковья).

Рельеф на территории Беларуси формировался, в частности, под влиянием деятельности ледников и талых вод. Платообразные равнины и все возвышенности в нашей стране возникли от нагромождения огромных масс ледниковых и водно-ледниковых отложений. Основные черты рельефа Беларуси сформировались в ходе надвига предпоследнего (припятского или днепровского) и последнего (позерского) материковых льдов.

Разберем каждое из оледенений в отдельности.

Наревское и березинское оледенения покрывали большую часть Беларуси, кроме южных районов. Они оставили моренные отложения, максимальная мощность которых достигает немногим более 100 м.

**Наревское оледенение** является древнейшим оледенением в плейстоцене Беларуси. Его отложения представлены мореной, водно-ледниковыми и перигляциальными образованиями. Наревский ледник покрывал северную и центральную, части территории Республики и

положил начало формированию ледниковой формации Беларуси. Граница максимального распространения его льдов проводится примерно по направлению Брест-Гомель. При своём движении он оказывал сильное воздействие на поверхность ложа: были углублены существовавшие ранее долины и другие понижения за счёт экзарации и размыва тальными водами; возникли крупные гляциодислокации, глубокие ложбины ледникового выпахивания и размыва тальными водами. В ходе деградации ледника формировались цепи конечных морен, зандры и приледниковые водоёмы, которые в значительной мере предопределили места расположения современных возвышенностей, равнин и низин. Общая расчленённость земной поверхности в это время резко возросла. Полесье приобрело вид котловины. Морены наревского оледенения известны также на территории России, Литвы и Польши, но в странах Западной Европы пока не обнаружены.

**Березинское оледенение** (от названия р. Березина), 2-е в раннем антропогене оледенение на территории Беларуси. Ледник надвигался со Скандинавии и почти полностью перекрыл территорию Беларуси, за исключением участка к югу от линии Столин-Петриков-Ельск. Надвигание и деградация были довольно сложными. В развитии ледника выделяют не менее 2 стадий; деградация сопровождалась остановками, во время которых образовались 6 полос конечно-моренных гряд и возвышенностей. В результате экзарационной работы ледника были созданы глубокие ложбины ледникового выпахивания и размыва, особенно многочисленные в бассейне Нёмана. После его отступления на территории Беларуси значительно увеличились площади пологоволнистых моренных и водно-ледниковых равнин и низин (в области Центрально-Белорусских возвышенностей и гряд). Сток талых ледниковых вод происходил двумя путями: часть вод стекла по системе маргинальных продоллин, повторяющих край ледника, основная масса сбрасывалась по Днепру в Чёрное море. Многолетняя мерзлота существовала в большей части ледника. В начале Березинского периода распространялись лесотундровые ландшафты, местами произрастали берёзовые и берёзово-лиственные разрежённые леса. В дальнейшем в условиях прогрессирующего похолодания происходило обеднение растительных сообществ, исчезновение древесных, затем и кустарниковых пород и распространение только травянистых ассоциаций. Во время березинского оледенения из крупных млекопитающих впервые появились мамонты, присутствовали также

степные (пищухи, суслики, тушканчики, слепыши), лесные (лесные полёвки, бобры, выхухоли) и субарктические (копытный и обский лемминги) виды. В результате деятельности ледника сформировался сложный комплекс моренных (преобладающих), водно-ледниковых, перигляциальных отложений мощностью 80 м и более.

Самым мощным было днепровское оледенение, которое продолжалось около 70 тыс. лет. Днепровский ледник покрывал всю территорию Беларуси. Более старые отложения были перекрыты, а формы рельефа переработаны этим ледником.

**Днепровское оледенение** (название от р. Днепр), ледниковый период, в течение которого льды достигали максимального распространения к югу на территории Беларуси и Русской равнины. Язык Днепровского оледенения двигался из Скандинавии по Приднепровской низменности до широты современного Днепропетровска (Украина). Днепровский ледниковый покров сыграл важную роль в формировании современного облика земной поверхности Беларуси; его динамика была чрезвычайно сложной. Днепровскому оледенению предшествовало александрийское межледниковье, за которым следовало муравинское межледниковье. В центральной и северной Беларуси отложения днепровского оледенения выходят на земную поверхность и определяют её основные орографические черты, своеобразие современного распределения рек, озёр и болот. При стабилизации ледникового края сформировались обширные зандровые равнины Предполесья и Полесья, среди которых по мере отступления ледника образовались термокарстовые западины, заполненные позже муравинскими осадками, в процессе растекания ледника — ложбины выпавивания и размыва у гг. Петриков, Речица, Дятлово, Шклов; возрождалась речная сеть. В днепровском раннеледниковье выявлены 2 стадиала (несвижский и копыльский) и 2 интерстадиала (сейловичский и сверженский). Днепровское позднеледниковье по многим параметрам было сходным с поозёрским позднеледниковьем.

**Сожское оледенение** – оледенение, произошедшее на территории современной Республики Беларусь 220-110 тысяч лет назад. Оно покрывало большую часть Беларуси (кроме Полесья). За время сожского оледенения сформировался рельеф Белорусской гряды. Моренные отложения сожского оледенения достигают 135 м.

Основной стадией в сожском оледенении является ошмянская, во

время которой образовались Дзержинский, Каменногорский, Загорский угловые массивы.

Последнее, *поозерское* оледенение происходило 95-14 тыс. лет назад. С этим оледенением связано формирование рельефа северной части республики.

Моренные отложения поозерского ледника имеют максимальную мощность 75 м. Благодаря поозерскому оледенению сформировался рельеф, сильно отличающийся от остальной территории страны, с большим количеством озерных котловин, камами и озами.

Водные потоки в северной части Беларуси на своем пути встречали отступающий ледник. Образовывались огромные приледниковые озера, на дне которых накапливался ил. После спуска озер на поверхности накапливались озерно-ледниковые отложения: глины и суглинки, реже пески. Во время таяния ледников на юге Беларуси из-за плоского рельефа образовывались огромные озера. Они занимали большую часть Полесья и были проточными. На дне озер накапливались песчаные озерно-аллювиальные отложения, которые впоследствии вышли на поверхность.

Ледниковые отложения разных эпох оледенений на территории Беларуси чередуются с озерными, речными и болотными отложениями межледниковий. Остатки растений в этих отложениях позволяют определить возраст пород, а тем самым — количество и протяженность межледниковий и оледенений. После отступления последнего, поозерского ледника на территории Беларуси начался период, который получил название голоцен.

### **Заключение**

Последствия этих исторических, без преувеличения, событий на территории Беларуси окружают нас и по сей день.

И одно из наиболее доступных доказательств вышесказанного является *музей валунов* идея которого состоит в том, что вся карта Республики Беларусь сделана в масштабе. 1 метр равен реальным 2 км, а 1 метр в высоту равен реальным 100 метрам. Граница страны выполнена в виде низких подстриженных кустиков. Областные города были отмечены 3 голубыми елями (остались только 2 ёлки на месте города Бреста). Реки показаны тропинками, усыпанными мелкими камешками. Весь ландшафт – точная уменьшенная копия ландшафта Республики Беларусь. На территории музея около 2,5 тысяч камней

и валунов. Особенно интересно, что те валуны, которые используются для обозначения какой-то возвышенности, были привезены именно из той местности. Также на карте музея обозначены 2 водоема (оз. Нарочь и Заславское водохранилище) в виде бетонных корыт.

### **Литература**

1. Инфопедия – сайт для углубления теоретических и практических знаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infopedia.su>. – Дата доступа: 06.06.2020.

2. Газета «Родная природа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zviazda.by/be/edition/rodnaya-pryroda>. – Дата доступа: 06.06.2020.

3. Актуальные проблемы геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: Материалы V Университетских геологических чтений / под. ред. В. П. Самодурова. – Минск, 2011. – 102 с.

4. Образовательный проект «Увлекательная география» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://projecteducation.ru>. – Дата доступа: 06.06.2020.

5. Проект «Музеи Беларуси вместе с БЕЛКАРТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://museums.by>. – Дата доступа: 06.06.2020.

6. Научная конференция «Движение льдов припятского и поозерского оледенений на западе Беларуси» 7.10.2015 : материалы конф. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: М. Е. Комаровский (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2015. – 73 с.

7. Проект «Гісторыя Беларусі» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belhistory.com>. – Дата доступа: 06.06.2020.

## ПЕЩЕРЫ

Прус Д. И., Гнедько А. С. Которовская И. Д., Дивин А. А.

Научный руководитель – Уласик Т. М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

**Аннотация.** В статье описываются происхождение, флора и фауна, а также наиболее известные представители тектонических и вулканических (магматических) пещер.

### Введение

Пещеры – это полости, образовавшиеся в верхней части земной коры в результате естественных процессов. Наука, изучающая пещеры – спелеологии.

Существуют *искусственные* (образованные человеком) и *естественные* (образованные природными процессами) пещеры. Естественные пещеры делятся на следующие пять видов. Это тектонические, эрозионные, ледниковые, вулканические (магматические), и самая большая группа, карстовые пещеры.

### Происхождение

Горная порода, в которой возникают пещеры, – известняк. Это мягкая порода, она может растворяться слабой кислотой. Кислота, которая разрушает известняк, поступает из дождевой воды. Падающие капли дождя забирают углекислый газ из воздуха и почвы. Этот газ превращает воду в углекислоту.

Есть еще и морские пещеры, которые возникли под воздействием плещущихся волн о каменные утесы вдоль побережья. Волны растворяли утесы. Они разрушались, подтачиваемые из года в год также галькой и мелким песком.

**Карстовые.** Самая многочисленная группа. Они же самые красивые, глубокие и протяженные. Они образуются вследствие растворения различных пород в воде. Поэтому карстовые пещеры встречаются только там, где залегают растворимые породы: известняк, мрамор, доломит, мел, а также гипс и соль.

Известняк плохо растворяется в чистой дистиллированной воде. Растворимость повышается, если в воде присутствует растворённый углекислый газ, что положительно сказывается на образовании протяжённых пещер.

Как уже говорилось, строителем карстовых пещер является вода. Однако, чтобы вода могла растворять горные породы, они должны быть водопроницаемы, т. е. трещиноваты. Трещиноватость пород является одним из основных условий развития карста. Если карбонатный или сульфатный массив монолитен и состоит из твердых разновидностей пород, лишенных трещиноватости, то он не подвергается воздействию карстовых процессов.

**Эрозионные.** Образуются в результате механической эрозии, т.е. вымываются водой, содержащей твердые крупинки (песок, осколки камней и т.д.). Часто образуются по береговой линии, под действием прибоя, но, возможно образование и пещер, проработанных по первичным тектоническим трещинам уходящими под землю ручьями.

**Ледниковые.** Образуются в теле ледников. Талые ледниковые воды поглощаются телом ледника по крупным трещинам или на пересечении трещин, образуя хода, иногда проходимые для человека. Примером может быть гигантский ледниковый колодец «Изортог» глубиной 173 м, приток воды летом в него составлял 30 м<sup>3</sup>/с и более.

### **Происхождение вулканических (магматических) и тектонических пещер, их местонахождение на планете**

**Тектонические.** Образуются на местах тектонических разломов. Наиболее распространены в бортах речных долин, когда огромные массивы породы откалываются от бортов, образуя трещины оседания, которые обычно клином сходятся с глубиной. Чаще всего они заваливаются рыхлыми отложениями с поверхности массива, но иногда образуют глубокие вертикальные пещеры, до 100 м глубиной. Они широко распространены в Восточной Сибири.

**Вулканические (магматические).** Образуются при извержении вулкана, когда лавовый поток, остывая, покрывается коркой, образуя лавовую трубу. Внутри трубы лава продолжает какое-то время течь, что приводит к образованию полости. Также к вулканическим относятся пещеры, образованные жерлами вулканов. Лавовые пещеры могут достигать очень больших размеров, вплоть до 65,6 км длины и 1100 м глубины (пещера Казамура, Гавайские острова).

## **Известные представители тектонических и вулканических (магматических) пещер**

При тектоническом расширении уже существующих трещин образуются клинообразные пещеры с расширением в верхнем или нижнем конце — например *Скельская пещера*. Это пещера на юго-западе Крыма, ставшая памятником природы в 1947 году. Пещера образована вследствие тектонического разлома и имеет общую протяженность 670 м.

На Канарских островах на склоне вулкана Тенериф находится широко известная *пещера Куэва-дель-Вьенто* («*пещера ветра*»), которая состоит из 3 ветвей, соединенных 8-метровым колодцем. Куэва дель Вьенто – комплекс подземных пещер вулканического происхождения. Над сводами подземелья поработал Пико Вьехо – вулкан, находящийся по соседству. В 1974 г. ученые установили, что протяженность длины данной пещеры составляет 9902 м, а сегодня изучено уже больше 17 км подземных туннелей Куэва дель Вьенто.

Экскурсии в Куэва-дель-Вьенто проходят по необыкновенным разветвлениям, демонстрируя очень красивые структуры и формы активности вулкана. Здесь есть сталактиты из лавы, застывшие фонтаны, выходы на боковые террасы и озера. Некоторые коридоры принимают треугольные формы с острым концом внизу. Есть примеры закупоренных лавой входов в коридоры и эрозий с отделениями пород от стен.

## **Самые большие пещеры**

Самой большой в мире пещерой является открытая в 2009 году пещера *Шондонг* в Центральном Вьетнаме. Более известная, но менее крупная *Мамонтовая пещера*, расположена в штате Кентукки, США. Представляет собой систему карстовых пещер, образованных в известняковом пласте. Мамонтовая пещера является так же самой длинной в мире.

В России самой протяженной является *Ботовская пещера*, чья длина достигает 60 км. В Румынии находится *пещера Мовиле* – одна из трех пещер в мире, образованных в результате воздействия на горную породу серной кислоты. Пещера уникальна тем, что является замкнутой экосистемой, изолированной от экосистемы Земли.

Самая глубокая пещера в мире – *пещера Крубера* или *Воронья* – находится в Абхазии. Пещера разветвляется на две ветки: глубина



одной составляет 2196 м, глубина другой – 1300 м. Была открыта в 1960 году.

### **Флора и фауна пещер**

Пещеры защищены от внешнего мира, имеют постоянный внутренний климат и крайне медленно эволюционируют. Эти характеристики делают их бесценными для археологии: пещеры сохранили для нас останки древних людей, кости вымерших животных и пыльцу растений.

Спелеофауна не отличается особым разнообразием, и все же есть животные и растения, которые селятся преимущественно в пещерах или только в них. Это летучие мыши, некоторые насекомые, креветки, пауки, рыбы и саламандры. Пещерные жители часто полностью слепы и лишены пигмента.

### **Заключение**

Значение пещер для человека трудно переоценить. С точки зрения геологии они представляют собой полости в земной коре, но пещеры играли важную роль в развитии человечества, и благодаря страху человека перед неизведанным, многие из пещер на планете еще не изучены досконально.

Первобытные люди использовали пещеры в качестве жилищ. Ещё чаще в пещерах селились животные. Множество животных погибло в пещерах-ловушках. Крайне медленная эволюция пещер, постоянный их климат, защищённость от внешнего мира сохранили до нас огромное количество археологических находок. Это пыльца ископаемых растений, кости давно вымерших животных, наскальные рисунки древних людей, орудия их труда, человеческие останки разных культур.

Пещеры – это уникальные объекты, поражающие своей красотой и величием, они способные рассказать нам о нашем прошлом, другими словами – это наше наследие, это выдающиеся памятники культуры и природы, которые нам необходимо сберечь.

### **Литература**

1. Гвоздецкий, Н. А. Карст. Крупнейшие карстовые полости / Н. А. Гвоздецкий. – М., 1954. – 352 с.
2. Дублянский, В. Н. Занимательная спелеология. – М. :

«Мысль», 1971. – 253 с.

3. Максимович, Г. А. Наиболее крупные карстовые пещеры / Г. А. Максимович. – Пермь, 1958. – С. 65-76.

4. Максимович, Г. А. О первом описании ледяных пещер. / Г. А. Максимович. – Изв. Всесоюз. географич. об-ва, 1952. – Т. 84. – С. 103-104.

5. Мальцев, В. А. Пещера мечты, пещера судьбы / В. А. Мальцев. – М. : Астрель, 1997. – 205 с.

## **РАЗДЕЛ 2**

# **СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДОРОЖНЫХ НАСЫПЕЙ С ПОДСТИЛАЮЩИМ СЛАБЫМ ОСНОВАНИЕМ

**Аввад Лана, Новиков Р. П.**

Научный руководитель – Кондратьева Л. Н.  
Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет  
Санкт-Петербург, РФ

**Аннотация.** В этой статье исследуются взаимодействия дорожных насыпей с подстилающим грунтом с учётом влияния изменения физико-механических характеристик грунтов. При этом влияние каждого параметра изучалось путём изменения одного из параметров с фиксацией других.

### **Введение**

Дорожная конструкция включает дорожную одежду, земляное полотно и подстилающее слабое основание. Конструкция включает в себя два основных строительных компонента, а именно заполнение и фундамент [1-5]. В этом исследовании обсуждаются наиболее важные параметры, которые влияют на взаимодействия дорожных насыпей с подстилающим слабым грунтом в пределах упругости.

### **Метод и результаты исследования**

В этой статье исследуются взаимодействия дорожных насыпей с подстилающим грунтом и влияние изменения модуля деформации  $E$  между дорожной насыпью и подстилающим слабым грунтом, изменения коэффициента Пуассона  $\nu$  между двумя слоями, изменения ширины дорожных насыпей  $b$  и изменения толщины дорожных насыпей  $t$ . При этом влияние каждого параметра изучалось путём изменения одного из параметров с фиксацией других.

Исследования разных авторов проводилось численным методом [6, 7]. Данная работа проводилась с помощью 2D-программы Plaxis. Сеть конечных элементов и свойства модели показано на рисунке 1.

Границы модели считались точками, в которых деформации и напряжения становятся минимальными, при этом считалось запрещённым горизонтальное перемещение вертикальных боковых границ модели и так же горизонтальное и вертикальное перемещение нижних горизонтальных границ модели.

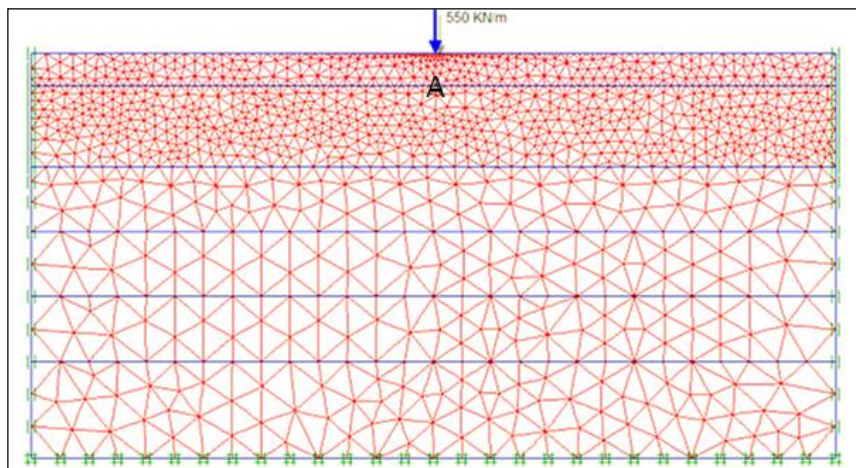
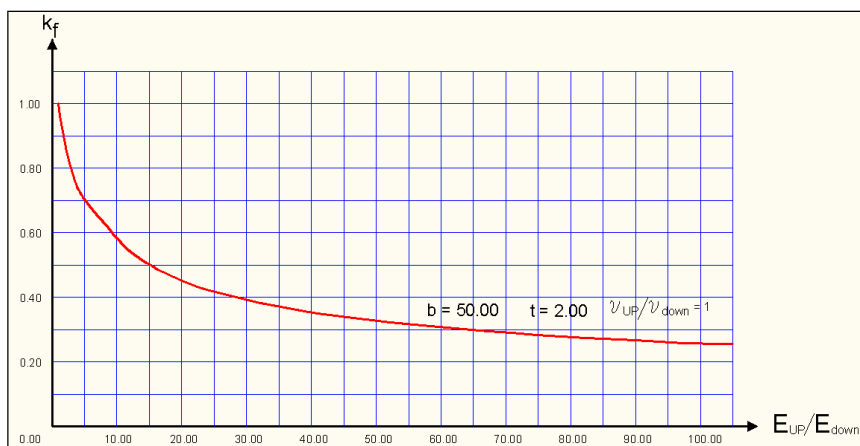


Рисунок 1. – Сеть конечных элементов и свойства модели

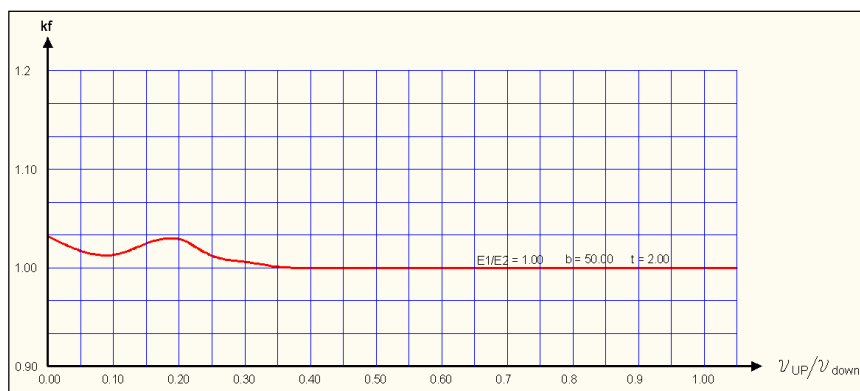
Сеть конечных элементов была сконцентрирована в области приложения нагрузки. Свойства материалов были назначены и изменены в соответствии с изучаемым параметром. Анализ напряжённо-деформированного состояния (*Plane strain analysis*) проводился в соответствии с теории упругости. Для решения принята итерационная процедура (*Iterative procedure*). Приложенная нагрузка является статической нагрузкой (550 кН/м). Анализ проводился в дренированных условиях без порового давления.

Для исследования взаимодействия дорожных насыпей с подстилающим грунтом с учётом влияния изменения физико-механических характеристик грунтов использовался коэффициент влияния  $K_f$ , который можно определить, как соотношение между напряжением, возникающим в результате нагружения в однородном грунте, и напряжением, возникающим в результате нагружения в двухслойном грунте.

Чтобы выяснить эффект влияния отношения модулей деформации слоев  $E_{up}/E_{down}$ , отношение коэффициентов Пуассона  $\nu_{up}/\nu_{down}$ , ширина  $b$  и толщина верхнего слоя  $t$  дорожных насыпей, были построены графические кривые взаимосвязи между каждым переменным параметром и коэффициентом влияния  $K_f$ , в одной и той же точке, на поверхности подстилающего слоя, непосредственно под приложенной нагрузкой (точка А на рисунке 1). результаты исследования, показаны на рисунках 2, 3, 4 и 5.



**Рисунок 2. – Зависимость коэффициента влияния  $K_f$  от вариации отношения модулей деформации слоев  $E_{up}/E_{down}$**



**Рисунок 3. – Зависимость коэффициента влияния  $K_f$  от вариации отношения коэффициента Пуассона двух слоев грунта  $\nu_{up}/\nu_{down}$**

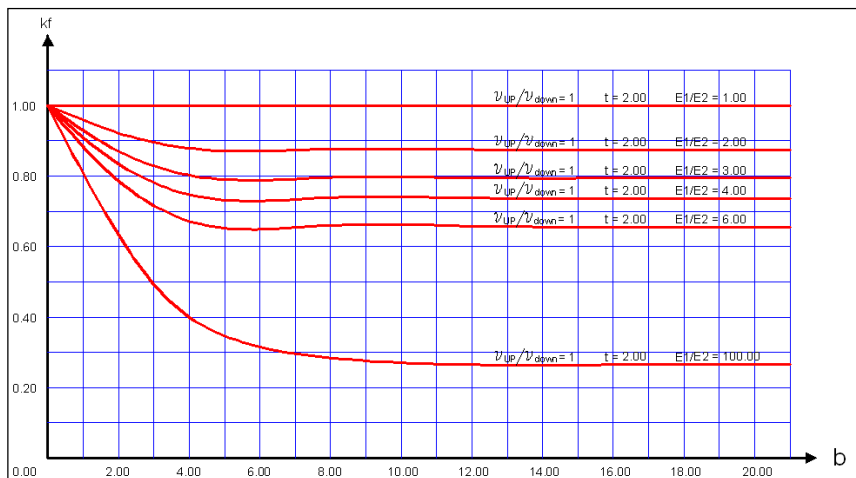


Рисунок 4. – Зависимость коэффициента влияния  $K_f$  от ширины дорожных насыпей  $b$

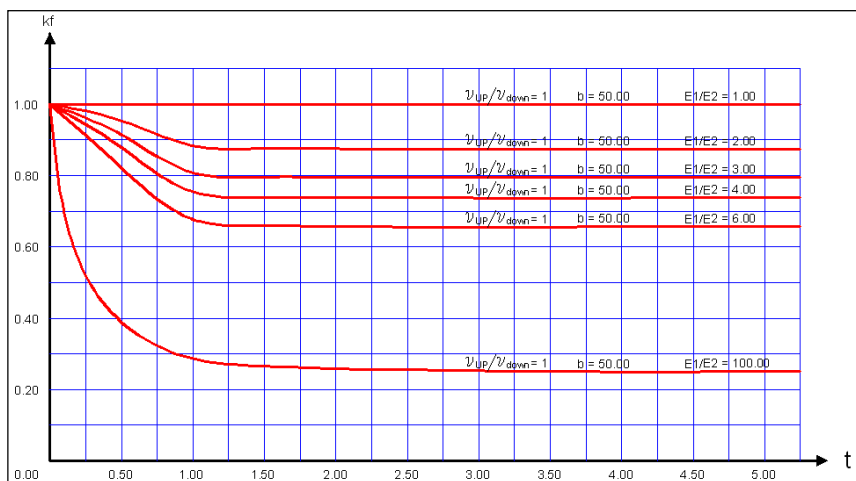


Рисунок 5. – Зависимость коэффициента влияния  $K_f$  от толщины дорожных насыпей  $t$

### Заключение

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Отношение модулей деформации слоев  $E_{up}/E_{down}$ , отношение коэффициентов Пуассона  $\nu_{up}/\nu_{down}$ , ширина  $b$  и толщина верхнего

слоя  $t$  объясняют изменения вертикальных напряжений при переходе от однородной среды к двухслойной среде с подстилающим слабым слоем.

2. Изменение твёрдости слоёв играет важную роль в напряжениях, формируемых в грунтовой среде, при этом параметр отношения модулей деформации слоёв имеет самый важный и фундаментальный эффект, а другие параметры играют роль в проявлении этого эффекта полностью или частично.

### **Литература**

1. Рубцов, О. И. Новые методы улучшения деформационных свойств слабых оснований/ О. И. Рубцов. – М.: АСВ, 2017. – 20 с.

2. Евтюков, С. А. Строительство дорожных насыпей на слабых грунтах: подходы и методы / С. А. Евтюков, Е. П. Менрес. – Наука и транспорт. Транспортное строительство. – № 4. – 2012. – С. 31-33.

3. Автомобильные дороги. Строительство земляного полотна для автомобильных дорог. СТО НОСТРОЙ 2.25.27-2011. Часть 5. Возведение земляного полотна на слабых грунтах. – М: ООО «МАДИ-плюс», 2011. – С. 7-8.

4. Spent coffee grounds as a non-structural embankment fill material: Engineering and environmental considerations / A. Arulrajah [et al.]. – Journal of Cleaner Production, 72, 2014. – P. 181-186.

5. Finite Element Analysis of Embankment with Soft Foundation Reinforced by Geogrids / Yu Z [et al.]. – Modern Civil and Structural Engineering, 1(1), 2017. – P. 78-83.

6. Study on Subgrade Settlement Characteristics After Widening Project of Highway Built on Weak Foundation/ Yu H [et al.]. –Arabian Journal for Science and Engineering, 42(9), 2017. – P. 3723-3732.

7. Xue J. Feng. Reinforcement strength reduction in FEM for mechanically stabilized earth structures/ Xue J. Feng, Chen J. Feng – Journal of Central South University, 22(7), 2015. – P. 2691-2698.



## **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ НА РАСПРЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСНОВАНИИ, УСИЛЕННОМ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ И НАКЛОННЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

**Гусак А. А., Украинцев Г. М.**

Научный руководитель – Банников С. Н.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В настоящее время часто возникают проблемы, связанные с усилением основания сооружения при строительстве на слабых грунтах или при реконструкции. Наиболее эффективно эти задачи решаются с помощью армирования грунтов.

### **Введение**

Вертикальные и наклонные армирующие элементы чаще всего применяют для устранения просадочных свойств основания, повышения прочности и устойчивости слабых, насыпных, рыхлых и других видов грунтов. Исследование напряженного состояния таких оснований вели исходя из следующего предположения: армированная среда рассматривается как трансверсально-изотропная среда, нагруженная равномерно-распределенной полосовой нагрузкой.

### **Теоретическая часть**

При упрочнении грунтового массива вертикальными и наклонными армирующими элементами, способными воспринимать повышенные сжимающие напряжения, следует использовать железобетонные, бетонные, цементогрунтовые сваи, а также колонны из песчаных грунтов и щебня (см. рисунок 1), длины которых должны назначаться в пределах сжимаемой толщи грунта.

Осадку основания  $S_{ар}$  следует вычислять методом послойного суммирования по формуле:

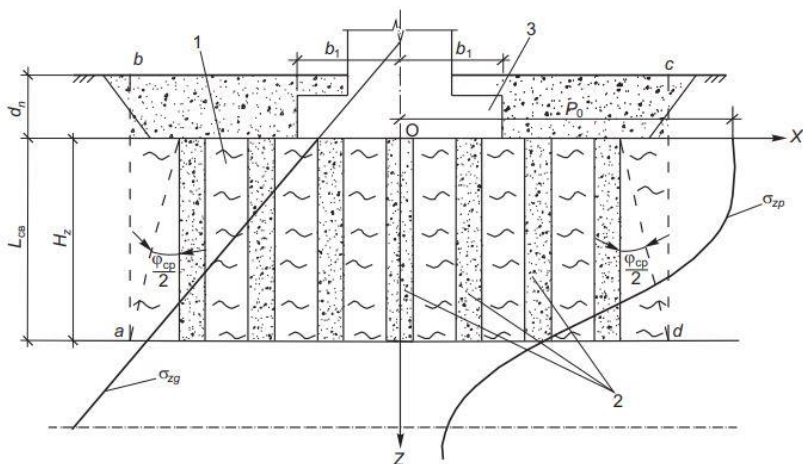
$$S_{ар} = \sum_{i=1}^N \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h}{E_3},$$

где  $N$  – число слоев, на которое разбивается сжимаемая толща армированного грунта;

$\sigma_{zp,i}$  – среднее значение дополнительных вертикальных напряжений в  $i$ -м армированном слое;  $\sigma_{zp,i}$  равно полусумме указанных напряжений на верхней  $z_{i-1}$  и нижней  $z_i$  границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, кПа;

$h_i$  – расчетная толщина  $i$ -го слоя грунта в пределах армированной зоны, м; принимают из условия  $h_i = 0,2b$ ;

$E_3$  – модуль деформации армированного грунта для вертикального направления, МПа.



1) слабый грунт, 2) армирующие элементы, 3) фундамент

Рисунок 1. – Схемы к расчёту основания, армированного вертикальными армирующими элементами

Дополнительные вертикальные напряжения  $\sigma_{zp}$  под подошвой прямоугольного фундамента следует определять по следующей формуле или по таблицам В.2 – В.6 (приложение В [1]), составленным на основании расчетов по формуле:

$$\sigma_{zp} = \frac{P_0}{2\pi(1-\sqrt{\beta})} \left\{ \left[ \operatorname{arctg} \frac{(y-l_1) \cdot (x-b_1)}{z \cdot \sqrt{(y-l_1)^2 + (y-b_1)^2 + z^2}} - \right. \right. \\
- \operatorname{arctg} \frac{(y+l_1) \cdot (x-b_1)}{z \cdot \sqrt{(y+l_1)^2 + (y-b_1)^2 + z^2}} + \operatorname{arctg} \frac{(y+l_1) \cdot (x+b_1)}{z \cdot \sqrt{(y+l_1)^2 + (y+b_1)^2 + z^2}} - \\
\left. \left. - \operatorname{arctg} \frac{(y-l_1) \cdot (x+b_1)}{z \cdot \sqrt{(y-l_1)^2 + (y+b_1)^2 + z^2}} \right] - \sqrt{\beta} \cdot \left[ \operatorname{arctg} \frac{(y-l_1) \cdot (x-b_1) \cdot \sqrt{\beta}}{z \cdot \sqrt{(y-l_1)^2 + (y-b_1)^2 + \left(\frac{z^2}{\beta}\right)}} - \right. \right. \\
- \operatorname{arctg} \frac{(y+l_1) \cdot (x-b_1)}{z \cdot \sqrt{(y+l_1)^2 + (y-b_1)^2 + \left(\frac{z^2}{\beta}\right)}} + \operatorname{arctg} \frac{(y+l_1) \cdot (x+b_1)}{z \cdot \sqrt{(y+l_1)^2 + (y+b_1)^2 + \left(\frac{z^2}{\beta}\right)}} - \\
\left. \left. - \operatorname{arctg} \frac{(y-l_1) \cdot (x+b_1)}{z \cdot \sqrt{(y-l_1)^2 + (y+b_1)^2 + \left(\frac{z^2}{\beta}\right)}} \right] \right\},$$

где  $P_0$  – дополнительное вертикальное давление на основание, кПа;  $P_0 = P - \sigma_{zg,0}$  ( $\sigma_{zg,0}$  — вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента, кПа); для фундаментов шириной  $b \geq 10$  м  $P_0 = P$ );

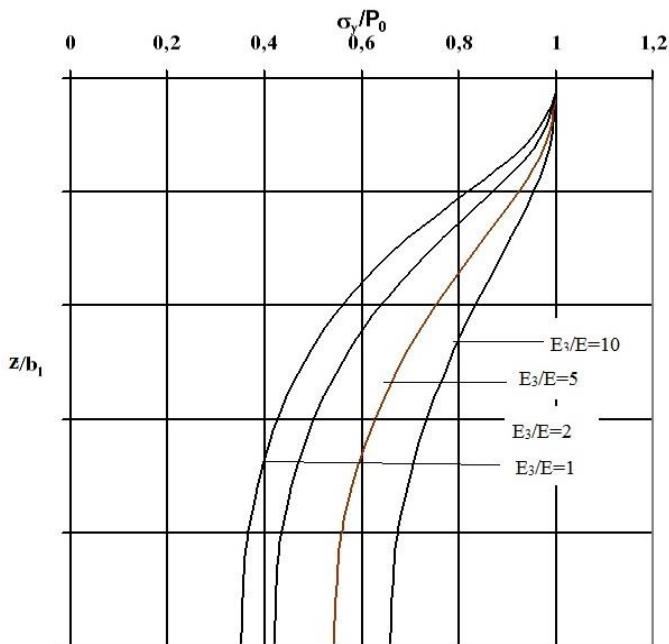
$\beta$  – коэффициент, учитывающий степень анизотропии армированного грунта, определяемый по формуле:

$$\beta = \frac{E_3}{E},$$

здесь  $E$  – модуль деформации для горизонтального направления, МПа.

### Практическая часть

В результате произведённых расчётов были получены эпюры распределения вертикальных сжимающих напряжений  $\sigma_y / P_0$  под центром загружаемой площадки при различных коэффициентах анизотропии (рисунок 2).



**Рисунок 2. – Эпюры распределения вертикальных сжимающих напряжений  $\sigma_y/P_0$  под центром загружаемой площадки при различных коэффициентах анизотропии**

### **Заключение**

При усилении основания вертикальными и наклонными армирующими элементами происходит увеличение вертикальных сжимающих напряжений под подошвой фундамента, вызывая увеличение активной зоны сжатия, и уменьшение осадки за счет увеличения модуля деформации грунта в вертикальном направлении.

### **Литература**

1. Основания и сооружения из армированного грунта. Правила проектирования и устройства = Асновы і збудаванні з арміраванага грунту. Правілы праектавання і ўстройвання : ТКП 45-5.01-268-2012 (02250). – Введ. 01.05.13 (с отменой на территории РБ П10-01 к СНБ 5.01.01-99). – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2013. – 45 с.

## **МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВАЙ: ОПЫТ БЕЛАРУСИ И РОССИИ**

**Мильчанина К. Л., Бобрик Н. Н.**

Научный руководитель – Моради Сани Б.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В статье приводится анализ методик определения сил отрицательного трения, действующих по боковой поверхности свай по действующим нормативным документам Беларуси и России.

### **Введение**

Силы отрицательного трения грунта на сваи, вызванные, в основном, или дополнительным нагружением поверхности, или наличием в основании грунтов со специфическими свойствами, существенно влияют на принятие конструктивных решений свайных фундаментов, следовательно, исследования в этой области являются актуальными.

Силами негативного (отрицательного) трения называются силы, возникающие на боковой поверхности свай при осадке околосовайного грунта и направленные вертикально вниз [1].

Приведем сравнение в подходах к теоретическому определению отрицательных (негативных) силы трения, по действующим ТНПА в Республике Беларусь и Российской Федерации (табл. 1).

Процесс возникновения негативного трения характеризуется тем, что осадка грунта около сваи и соответственно скорость его осадки значительно превышают осадку свая и ее скорость протекания от действующей нагрузки. В этом случае грунт около свай как бы нависает на них, а дополнительная нагрузка прибавляется к внешней нагрузке, приложенной к сваям [1].

Основные причины осадки околосовайного грунта, приводящие к возникновению негативного трения рассмотрены на рисунке 1.

Таблица 1. – Теоретические подходы к определению отрицательных (негативных) сил трения

Страна	ТНПА	Определение
Республика Беларусь	Государственный стандарт СТБ 1648-2006	Отрицательная (негативная) сила трения ( <i>negative friction force</i> ): Сила, нагружающая сваю по боковой поверхности, возникающая при превышении осадки основания или межсвайного грунта над погружением свай вследствие набухания, морозного пучения, усадки грунта при изменении его влажности, промерзания-оттаивания, механической или химической суффозии, карстовых явлений и разработки подземных выемок [2].
Россия	СП 24.13330.21	Отрицательные (негативные) силы трения ( <i>negative skin friction</i> ): Силы, возникающие на боковой поверхности свай при превышении осадкой околосвайного грунта осадки свай и направленные вниз [3].

Примечание: собственная разработка.

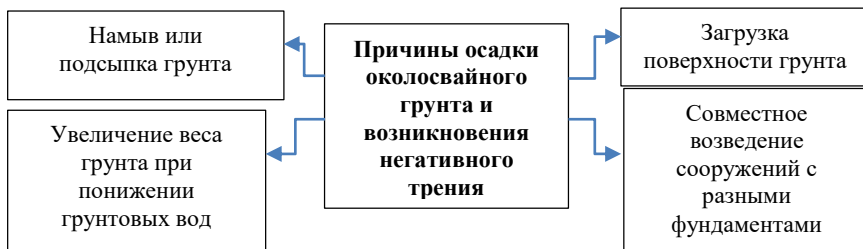


Рисунок 1. – Причины возникновения негативного трения

Как показывает рисунок 1 намыв или подсыпка грунта, выполняемые при повышении территории строительства или при ее инженерной подготовке, оказывают влияние когда сильно сжимаемые грунты залегают на поверхности; нагрузка поверхности грунта или пола, основанного на грунте, значительной полезной нагрузкой является особенно опасной, если пригружение произведено во время эксплуатации сооружения; увеличение собственного веса грунта при искусственном или естественном понижении уровня грунтовых вод на

площадке; естественная консолидация грунтовой толщи, уплотнением грунтов под динамической нагрузкой также как и возведение рядом с сооружением на сваях сооружения на фундаментах мелкого заложения приводит к возникновению негативного трения.

Сравним основные случаи учета негативного трения (табл. 2) по ТНПА Беларуси и России.

Таблица 2. – Основные случаи учета отрицательного (негативного) трения

Республика Беларусь	Российская Федерация
ТКП 45-5.01-256-2012	СП 24.13330.2011
1) планировки территории подсыпкой толщиной более 1,0 м; 2) загрузки пола складов полезной нагрузкой более 20 кПа; 3) загрузки пола около фундаментов полезной нагрузкой от оборудования более 100 кПа; 4) увеличения эффективных напряжений в грунте за счет снятия взвешивающего действия воды при понижении уровня подземных вод; 5) незавершенной консолидации грунтов современных и техногенных отложений; 6) уплотнения несвязных грунтов при динамических воздействиях; 7) просадки грунтов при замачивании [3,4].	8) при строительстве нового здания вблизи существующих [3].
–	

Рассмотрим методики определения сил отрицательного трения, действующих по боковой поверхности свай.

### Методика, используемая в Российской Федерации

Расчет догружающей силы  $P_n$  регламентируется в России Сводом правил 24.13330.2011. Свайные фундаменты (СП 24.13330.2011), по которым сила негативного трения  $P_n$  определяется по формуле:

$$P_n = u \sum_0^{h_{sl}} \tau_i \cdot h_i \quad (1)$$

где  $u$  – периметр, м, участка ствола сваи длиной  $h_{sl}$ ;

$h_{sl}$  – расчетная глубина, м, до которой производится суммирование сил бокового трения проседающих слоев грунта, принимаемая по глубине, где значение просадки грунта от действия собственного

веса, определенное в соответствии с требованиями СП 22.13330 [3], равно наименьшему значению допустимой деформации оснований здания;

$\tau_i$  – расчетное сопротивление, кПа;

$h_i$  – толщина, м,  $i$ -го слоя просадочного грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи.

В свою очередь,  $\tau_i$  рассчитывается по формуле:

$$\tau_i = \xi \sigma_{zg,i} tg \varphi_{l,i} + C_i \quad (2)$$

$\xi$  – экспериментальный параметр, характеризующий боковое давление на контакте сваи с грунтом;

$\sigma_{zg,i}$  – вертикальное напряжение от собственного веса грунта, кПа;

$tg \varphi_{l,i}$  – угол внутреннего трения грунта, град;

$C_{l,i}$  – расчетное значение удельного сцепления грунта  $i$ -го слоя, кПа, определяемое в соответствии с ГОСТ 121248.

Особенностью данного метода является расчет экспериментального параметра  $\xi$ , который определяют по методике СП 22.13330.2011 согласно следующей формуле:

$$\xi = \left( \frac{n_{\max}}{n_i} \right) \left( \frac{H_i}{H_0} \right)^{-0.5} \quad (3)$$

где  $n_{\max}$  – наибольшее значение пористости просадочных грунтов, принимаемое равным 0,55;

$n_i$  – пористость  $i$ -го слоя грунта, в долях единицы;

$H_i$  – глубина расположения середины расчетного  $i$ -го слоя грунта, м;  $H_0 = 1$  м [3].

### **Методика, используемая в Республике Беларусь**

Расчетное значение отрицательной силы трения, действующей на боковой поверхности сваи, кН; определяют согласно ТКП 45-5.01-256-2012 по результатам полевых испытаний или по формуле:

$$F_f = \gamma_0 \sum U_i \gamma_{cfj} R_{foj} h_j, \quad (4)$$



$\gamma_o$  — коэффициент условий работы сваи в оседающем грунте, учитывающий уплотнение

околосвайного грунта при забивке свай; принимают для песчаных грунтов  $\gamma_o = 1,1$ , для глинистых —  $\gamma_o = 1$ ;

$U_i$  — периметр поперечного сечения сваи, м;

$\gamma_{cfj}$  — коэффициент реализации, учитывающий уменьшение отрицательных сил трения с уменьшением разности осадок  $j$ -го слоя околосвайного грунта и сваи; принимают:

— для защемленных в грунте свай  $\gamma_{cfj} = 1$ ;

— для свай-стоек:  $\gamma_{cfj} = 1$  — при  $S_j \geq S_o$ ,  $\gamma_{cfj} = \frac{S_j}{S_o}$ , при  $S_j < S_o$ , где

$S_j$  — осадка  $j$ -го слоя грунта после забивки сваи, м;

$S_o$  — осадка грунта относительно сваи, при которой полностью реализуются отрицательные силы трения; допускается принимать  $S_o = 0,05$  м; [4];

$R_{fj}$  — расчетное сопротивление  $j$ -го слоя оседающего грунта на боковой поверхности сваи, кПа; определяют по таблице 6.2 ТКП 45-5.01-256-2012, в которой отражены значения расчетных сопротивлений  $i$ -го слоя грунтов на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек  $R_{fi}$ , кПа в зависимости от средней глубины расположения слоя грунта вдоль боковой поверхности свай, м, от видов песчаных грунтов средней прочности, а также в зависимости от показателей текучести  $I_L$  пылевато-глинистых грунтов;

$h_j$  — толщина  $j$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи и расположенного в пределах части длины сваи от уровня планировки до уровня нейтральной точки, м.

## Заключение

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Приведенное определение термина «отрицательная (негативная) сила трения» согласно отечественному стандарту СТБ 1648-2006 по сравнению с российским сводом правил является более полным и учитывает разнообразные возможные состояния грунта, приводящие к возникновению отрицательных сил трения.

2. Нормы двух стран выделяют 7 общих основных случаев учета отрицательного (негативного) трения, однако российский свод правил также регламентируют учитывать отрицательное трение и при

строительстве нового здания вблизи существующих.

3. Расчетное сопротивление по СП 24.13330.2011 определяется расчетным путем по формуле, а по ТКП 45-5.01-256-2012 определяется согласно таблице. Таким образом, можно отметить разные подходы к определению сил отрицательного трения, которые при их использовании дают разные результаты.

### **Литература**

1. Руководство по проектированию свайных фундаментов. — М., Стройиздат, 1980.

2. Строительство. Основания и фундаменты. Термины и определения. = Будаўніцтва. Асновы і падмуркі. Тэрміны і азначэнні : СТБ 1648-2006. – Введ. 20.04.2006. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2006. – 50 с.

3. Свод правил Свайные фундаменты. СП 24.13330.2011. СНиП 2.02.03-85. – Введ. 20.05.2011. – М.: Росстандарт, 2011. – 85 с.

4. Основания фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства. = Асновы і падмуркі будынкаў і збудаванняў. Палі забіўныя. Правілы праектавання і ўстройвання : ТКП 45-5.01-256-2012. – Введ. 05.01.12. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2013. – 137 с.

### **РАЗДЕЛ 3**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## **ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: СОСТОЯНИЕ, СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

**Бурак А. А.**

Научный руководитель – Ерохина Ю. А.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Несмотря на то, что вода – это самое распространенное на Земле вещество, запасы пресной воды довольно ограничены. Её количества может хватить на 20 млрд. человек. А население нашей планеты составляет около 7 млрд. Демографы считают, что 20 млрд. оно достигнет в 2100 году. Таким образом, природной пресной воды будет явно недостаточно.

### **Введение**

Представляя Республику Беларусь на Международном молодёжном форуме "Вода и всемирное наследие" 30 мая - 20 июня на базе ВДЦ "Орлёнок" (Краснодарский край, Российская Федерация) в рамках 36-й сессии Комитета всемирного наследия (25 июня - 5 июля, Санкт-Петербург) участниками которого стали представители 17 стран мира, я приобрел для себя определенный опыт и впечатления, которые не оставили меня равнодушным.

В Республике Беларусь немало делается для сохранения водных экосистем, однако, очень важным аспектом является предоставить возможность молодежи для общения и совместного решения проблем сохранения природного и культурного наследия в рамках межрегионального и международного сотрудничества, а также нарастить потенциал молодого поколения в области сохранения воды - всемирного наследия, ведь бережное отношение к природе, к среде своего обитания должно закладываться в сознании человека еще с первых лет его жизни. Ребенок получает и сохраняет информацию больше всего в первые годы жизни, если его родители будут объяснять, личным примером показывать, как относиться к воде. Если на территории нашей страны будут проводиться конференции международного масштаба, мастер классы от международных экспертов, обучающие

семинары, а также, будут приняты все меры для предотвращения влияния антропогенного влияния на водную среду, только тогда мы воспитаем человека, способного жить в среде своего обитания, не нанося вреда ей. Такой человек, будучи просто гражданином или став руководителем, будет соблюдать основные принципы охраны окружающей среды, заложенные в ст.4 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды».

**Цель исследования:** расширение знаний о воде и ее значении для живых существ.

**Задача исследования:** проанализировать научную информацию по теме вода.

**Объект исследования:** экология.

**Предмет исследования:** вода – источник жизни.

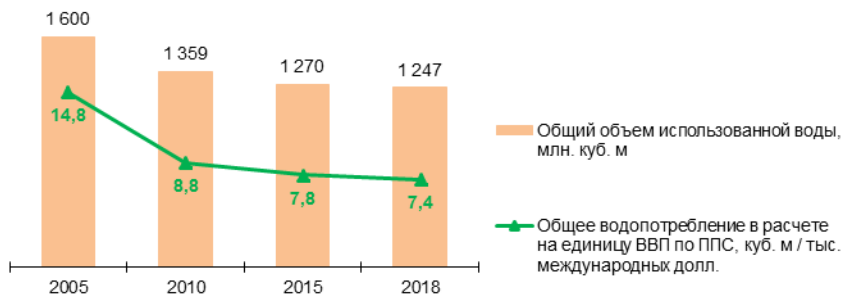
С учетом того, что источники пресной воды распределены на Земле неравномерно, в некоторых странах уже сегодня ощущается острая её нехватка. На Земле есть регионы, где дети десятками тысяч умирают от голода и болезней, связанных с острым дефицитом воды.

Более того, около 70% пресной воды используется в настоящее время в сельском хозяйстве, однако огромное ее количество теряется из-за неразвитости технологий по ее повторному использованию.

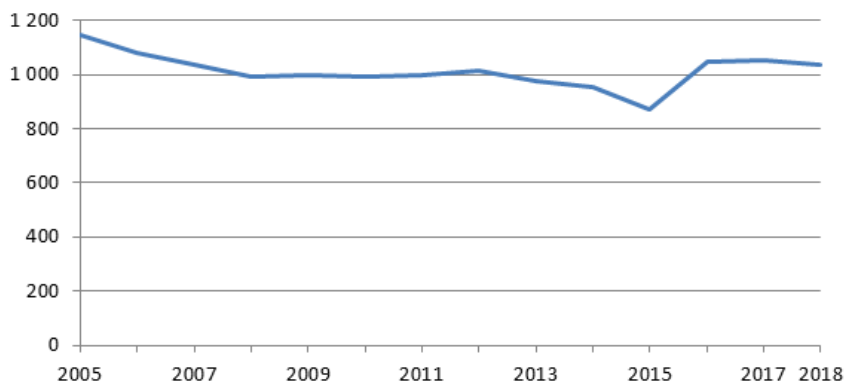
Общий объем использованной воды – объем воды, добытой (изъятый) из природных источников или полученной из системы водоснабжения других водопользователей, используемый для удовлетворения различных нужд организации. В объем использования воды не включаются расход воды в системах оборотного и повторного (последовательного) водоснабжения, транзитная вода, а также повторно используемая сточная и дренажная вода.

В настоящее время уже существуют установки по циклическому использованию воды. Сточные воды промышленных предприятий в некоторых случаях требуют больших затрат на их очистку до уровня, требуемого для сбрасывания их городские коллекторные сети, или природные водоемы. При этом вода, которая может быть использована во многих технологических процессах, имеет совершенно другие, и менее жесткие требования к степени ее очистки, чем установлены для сброса в природные источники воды. Кроме того, применение очищенной производственной сточной воды в системах

водооборотного водоснабжения позволяет использовать её либо в системах охлаждения, либо на определенных стадиях самого технологического процесса, что способствует в результате значительному сокращению объемов водопотребления и отведения сточных вод.



**Рисунок 1. – Водопотребление в Республике Беларусь**



**Рисунок 2. – Сброс сточной воды в поверхностные водные объекты (миллионов метров кубических) в Республике Беларусь**

Сброс недостаточно очищенной сточной воды в поверхностные водные объекты включает объем недостаточно очищенной сточной воды, сброшенной с нарушением, в том числе в результате аварийного загрязнения, либо содержание загрязняющих веществ в которой превышает нормативы допустимого сброса химических и иных веществ в составе сточной воды, установленные в разрешениях на спе-

циальное водопользование, комплексных природоохранных разрешениях. Данные допуски прописаны в постановлении министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26 мая 2017 г. №16.

В нашей стране неэффективно работают 52 коммунальных очистных сооружения. В том числе в Брестской области — 9, Витебской — 11, Гомельской — 8, Гродненской — 6, Минской — 6, Могилевской — 12. При этом основной объем сброса недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные объекты (82 % от общего его количества) зафиксирован на территории Минской области. Главной причиной называют технический износ (90—100 %) оборудования и конструкций в результате длительной эксплуатации коммунальных очистных сооружений сточных вод без проведения своевременных работ по их реконструкции. Без проведения реконструкции более 30 лет эксплуатируются коммунальные очистные сооружения: КУПП «Кобринрайводоканал» (г. Кобрин, 1980 г.), Лунинецкое КУП ВКХ «Водоканал» (г. Лунинец, 1974 г.), Шкловское УКП «Жилкомхоз» (г. Шклов, 1977 г.), Дятловское РУП ЖКХ (г. Дятлово, 1983 г.), Ошмянское РУП ЖКХ (г. Ошмяны, 1976 г.), Сморгонское ЖКХ (г. Сморгонь, 1987 г.), РУП «Любанское ЖКХ» (г. Любань, 1981 г.) и др.

В кодексе Республики Беларусь об Административных Правонарушениях, в статье 15.51. «Загрязнение либо засорение вод», устанавливается штраф в размере от четырех до двадцати базовых величин, на индивидуального предпринимателя – до ста базовых величин, а на юридическое лицо – до пятисот базовых величин.

В статье 3 данного пункта говорится:

«Деяния, предусмотренные частью 2 настоящей статьи, вызвавшие водную эрозию почв или иные вредные последствия, либо несоблюдение режима хозяйственной и иной деятельности, предусмотренного для зон санитарной охраны источников и систем питьевого водоснабжения, – влекут наложение штрафа в размере от десяти до тридцати базовых величин, на индивидуального предпринимателя – от десяти до пятидесяти базовых величин, а на юридическое лицо - до двухсот базовых величин».

К сожалению, обновление и приобретение оборудования по очистке сточных вод, влечет за собой огромные финансовые затраты,

которые неспособны брать на себя отдельные предприятия без дополнительного финансирования со стороны. Данные затраты несравнимы с ответственностью, установленной статье 15.51. кодекса Республики Беларусь об Административных Правонарушениях.

В статье 55 Конституции РБ говорится, что «охрана окружающей среды – долг каждого». Однако, нередко мы можем увидеть автомобиль, стоящий в прибрежной полосе водного объекта, выброшенные бутылки и другой мусор вдоль автомобильных дорог, кучи мусора в лесных массивах, прилегающих к населённым пунктам, кладбищам, на съездах с автодорог.

### **Заключение**

Ценить и сохранять природу, а именно, способствовать росту эффективности действий по охране окружающей среды вне контекста политических и социальных амбиций – главная и актуальная цель.

### **Литература**

1. Вода и всемирное наследие /И. Цыганова // ООО «АРТКРАС». – Т. 1, № 1. – С. 70–72.
2. Электронная Конституция Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/> – Дата доступа: 01.05.2020.
3. Экологическое право: учебно-методическое пособие для студентов БГУ / В. Е. Балашенко. – Минск: БГУ, 2009. – С. 15–21.
4. Экологическое право: учеб.-метод. пособие для студентов БГУ / авт. – сост. С.А. Балашенко [и др.]. – Минск: БГУ, 2009. – 127 с.
5. Кодексы Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://https://kodeksy-by.com/koap\\_rb/15.51.htm/](http://https://kodeksy-by.com/koap_rb/15.51.htm/) – Дата доступа: 29.05.2020.
6. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by> – Дата доступа: 28.05.2020.



## **РАЗДЕЛ 4**

# **ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФАХ**

## **СПОСОБЫ ПРОФИЛАКТИКИ ГРУППОВОЙ ПАНИКИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Игнатович Н. С., Голик П. И.**

Научный руководитель – Шипица Д. И.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной работе проведен краткий анализ способов профилактики групповой паники населения при возникновении чрезвычайной ситуации.

### **Введение**

Под групповым поведением людей в чрезвычайной ситуации (ЧС) понимают поведение большинства лиц, входящих в группу и оказавшихся перед лицом внезапного и опасного происшествия или угрозы такого происшествия, которые затрагивают интересы всех людей. Это сопряжено с реальными или потенциальными материальными потерями, человеческими жертвами и характеризуется заметной дезорганизацией общественного порядка. Групповое поведение людей связано с одним и тем же внешним событием и зависит от таких эмоциональных факторов, которые связаны с групповым умонастроением, а не с индивидуальными свойствами психики человека.

Поведение людей в экстремальных ситуациях делится на две категории [1].

*Случаи рационального, адаптивного поведения человека с психическим контролем и управлением эмоциональным состоянием поведения.* Во многих экстремальных ситуациях не наблюдалось патологического поведения людей и отмечалась адаптация людей к обстановке, сохранялось спокойствие и выполнялись меры защиты, взаимопомощи, проводились мероприятия, восстанавливающие нарушенный порядок жизни. Такое поведение является следствием точного выполнения инструкций и распоряжений руководства в слу-

чаях ЧС. Следует помнить, что выполнение распоряжений и инструкций предупреждает распространение тревоги и беспокойства и вместе с тем не препятствует проявлению личной инициативы в области своей защиты.

*Случаи, носящие негативный, патологический характер*, отличаются отсутствием адаптации к обстановке, когда люди своим нерациональным поведением и опасными для окружающих действиями увеличивают число жертв и дезорганизуют общественный порядок. В этом случае может наступить «шоковая заторможенность», когда масса людей становится растерянной и безынициативной, а то и просто обезумевшей. Частным случаем «шоковой заторможенности» является паника, когда страх перед опасностью овладевает группой людей. Обычно паника проявляется как дикое беспорядочное бегство, когда людьми руководит сознание, низведенное до примитивного уровня (примитивная реакция человека на страх). Оно может сопровождаться настоящим неистовством, особенно, если на пути встречаются препятствия, преодоление которых сопровождается большим количеством человеческих жертв. Многие в этих случаях считают, что спастись почти нельзя, мгновенно подвергаются чувству массового страха, особенно, если в группе есть неуравновешенные люди, а таких может быть не более 2 % от числа всей группы. В психологическом плане паника очень заразительна, так как связана с проявлением «стадного инстинкта». Необходимо знать, что заранее принятые меры предосторожности не могут полностью гарантировать возможности возникновения паники, но могут ее существенно уменьшить, поэтому принятие таких мер обязательно.

Существуют две основные формы социального поведения в экстремальных ситуациях [2]: социальная активность (тип А) и выраженная социальная пассивность (тип Б).

*Поведение типа А* — специфический стиль поведения, который характеризуется агрессивностью, нетерпением, чрезмерной вовлеченностью в работу, стремлением к достижениям, соперничеству, преувеличенным чувством: недостатка времени, торопливой речью, напряженностью мышц лица и тела.

Основная черта поведения этого типа — стремление достигнуть как можно большего за минимальный промежуток времени, преодолевая любое сопротивление окружающих.

Существует мнение, что лица с поведением типа А склонны сами

создавать себе определенный стиль жизни с повышенной вероятностью возникновения стрессов. Однако поведение типа А часто проявляется вне связи с ситуацией, его вызывающей (т.е. ситуационная специфичность поведения типа А отсутствует).

У поведения типа А есть много общего с работоголизмом — типом поведения, характеризующимся стремлением к постоянному успеху и одобрению со стороны окружающих. Такой тип поведения сопровождается личностными изменениями, затрагивающими прежде всего эмоционально-волевую сферу.

*Поведение типа Б* — специфический стиль поведения, который характеризуется расслабленностью, спокойствием, умеренной вовлеченностью в работу при чередовании работы и отдыха, напряжения и релаксации, отсутствием непрерывной эмоциональной напряженности, уравновешенностью.

Поведение типа Б, в противоположность поведению типа А, можно считать поведением гармонической личности. У людей с поведением типа Б не отмечается снижения активности и в социальном плане.

Основу профилактики любых психологических явлений составляет анализ особенностей возникновения и течения различных форм индивидуальных и коллективных реакций страха (паники).

Профотбор лиц для работы на опасных видах труда и особенно руководителей производственных коллективов (существуют личности с повышенным уровнем риска). Накопленный опыт изучения катастрофических ситуаций позволяет утверждать положение о наличии лиц (психопатия, нервность), склонных к созданию несчастных случаев и к неадекватным действиям в угрожающей ситуации.

Обучение проблемам обеспечения безопасности и воспитательная работа по формированию в сознании людей осторожности, предупреждению и разумному поведению в аварийных и чрезвычайных ситуациях. Человек, работающий на опасных производствах должен [3]:

– знать свои обязанности по профилактике ЧС и нести ответственность не только за возникновение несчастных случаев, но и за характер своих действий при руководстве массами при пожарах и других ЧС;

– иметь психологическую готовность к действиям в ЧС, созна-

вать, что взрыв, пожар или другие явления — это реальная опасность, и быть готовым не только для профилактики или остановки катастрофического процесса, но и для руководства массами людей;

– знать графики работы смен и схемы действий в критических ситуациях;

– участвовать не только в деловых играх, но и в аварийных играх, что способствует познанию проблемы и формированию автоматизма действий в ЧС.

Основной задачей в ЧС и во время катастрофы является сохранение спокойствия людей и быстрая разумная деятельность. Это достигается информационными средствами и примером действий окружающих лиц.

Руководство массой людей составляет основу профилактики паники. Паническая реакция — это всегда индукция страха, утрата степени сознательного руководства. В состоянии страха люди легко поддаются управлению и могут быть привлечены в условия безопасной и объективной деятельности. Если руководство массой осуществляется сознательной личностью, то люди сохраняют способность разумных действий и защиты своей жизни.

В острой ситуации или угрожающей обстановке необходимо убирать (фиксировать) людей, способных индуцировать страх и вовлечь людей в опасную деятельность. Их влияние на окружающих должно быть приостановлено, так как может произойти индукция (передача) их действий массе людей.

### **Заключение**

Итак, Экстремальная ситуация (лат. *extremum* – крайнее, предельное; *situatio* – положение) - понятие, посредством которого дается интегративная характеристика радикально или внезапно изменившейся обстановки, связанных с этим особо неблагоприятных или угрожающих факторов для жизнедеятельности человека, а также высокой проблемностью, напряженностью и риском в реализации целесообразной деятельности в данных условиях. Поведение и реакции человека в экстремальной ситуации необыкновенно сложны и требуют изучения, но в то же время полученные учеными данные позволяют психологам практикам помочь человеку, пережившему экстремальную ситуацию, а также предугадать возможное его поведение в экстремальной ситуации и понизить возможный урон для

психи который может возникнуть при переживании экстремальной ситуации.

### **Литература**

1. Александровский, Ю. Психогении в экстремальных ситуациях / Ю. Александровский [и др.]. – М.: Мысль, 1991. – 115 с.
2. Малкина-Пых, И. Г. Экстремальные ситуации. – М.: Эксмо, 2005. – 960 с.
3. Петров, Н. Н. Человек в чрезвычайных ситуациях. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1995. – 352 с.

## **РАЗДЕЛ 5**

### **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В КАРКАСЕ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

**Левицкий А. А.**

Научный руководитель – Юркова К. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** Излагаются результаты исследования внутренних усилий в каркасе одноэтажного производственного здания. Рассматривается влияние соотношения жесткостей элементов рамы, соотношения нагрузок на величины изгибающих моментов при монолитном решении, а также в процессе сборки при изменении расчетной схемы.

### **Введение**

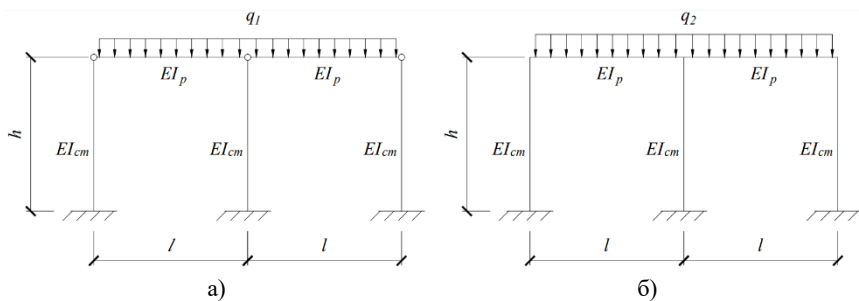
Одно из отличий сборных конструкций от монолитных в том, что сборная конструкция загружается собственным весом еще во время возведения. В процессе сборки могут добавляться новые элементы, ставятся и добавляются монтажные устройства [1]. Все эти изменения вносят изменения в работу конструкции, если она является статически неопределимой, и влияют на величину усилий, которые сформировываются к концу сборки.

Цель данного исследования показать, как изменяются внутренние усилия, в частности изгибающие моменты, в зависимости от расчетной схемы, от соотношения жесткостей в ригелях и стойках, и от соотношения нагрузок [2].

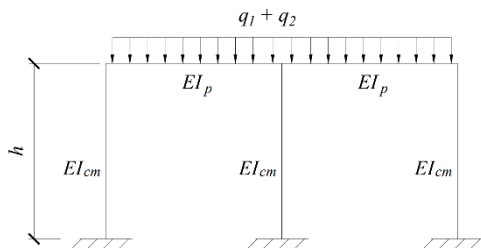
Для сравнительного анализа были выбраны расчетные схемы одноэтажного каркаса производственного здания: сборная конструкция (рисунок 1) и монолитная конструкция (рисунок 2).

Этап I. При заданных значениях  $l = 3\text{м}$ ,  $h = 3\text{м}$  и  $\frac{q_2}{q_1} = 1$ , изменением соотношения жесткостей ригеля и стойки:  $\frac{EI_p}{EI_{ст}} = 2; 4; 8; \dots$





а – сборная рама в процессе монтажа,  
 б - сборная рама после замоноличивания  
**Рисунок 1. – Расчетные схемы одноэтажного каркаса**



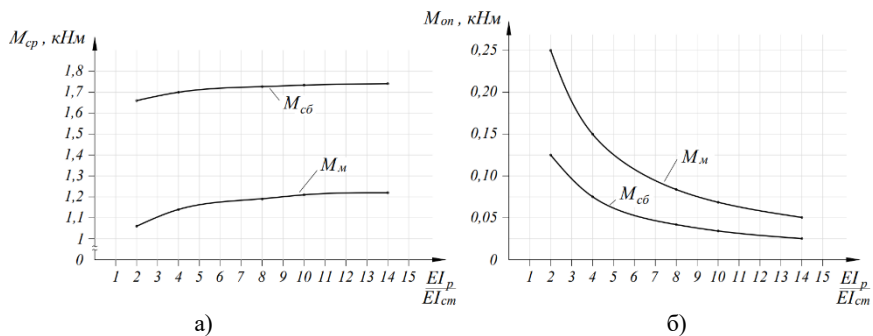
**Рисунок 2. – Расчетные схемы одноэтажного каркаса (монолитное решение)**

Расчет рамы производится на ПК Лира 9.13 [3].

Результаты расчета при изменении жесткостей представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1

$\frac{EI_p}{EI_{ст}}$	Момент на опорах, кНм		Момент в среднем узле, кНм		Момент в середине пролетов, кНм	
	$M_{сб}$	$M_M$	$M_{сб}$	$M_M$	$M_{сб}$	$M_M$
2	0,1250	0,2500	0,9990	2,0000	1,6600	1,0600
4	0,0752	0,1500	1,0500	2,1000	1,7000	1,1400
8	0,0419	0,0838	1,0800	2,1600	1,7270	1,1900
10	0,0343	0,0686	1,0900	2,1800	1,7340	1,2100
14	0,0252	0,0505	1,1000	2,1900	1,7410	1,2200



**а** – зависимость изгибающего момента в середине пролетов в сборном ( $M_{cб}$ ) и монолитном ( $M_m$ ) одноэтажном каркасе от соотношения жесткостей ригелей ( $EI_p$ ) и стоек ( $EI_{cm}$ );

**б** – зависимость изгибающего момента на опорах в сборном ( $M_{cб}$ ) и монолитном ( $M_m$ ) одноэтажном каркасе от соотношения жесткостей ригелей ( $EI_p$ ) и стоек ( $EI_{cm}$ );

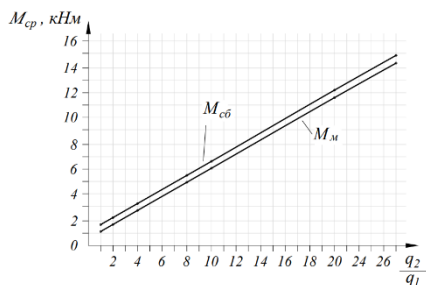
**Рисунок 3.** – Графики зависимости изгибающих моментов от соотношения жесткостей ригелей и стоек

Этап II. При заданных значениях  $l = 3\text{м}$ ,  $h = 3\text{м}$  и  $\frac{EI_p}{EI_{ст}} = 4$  изменяем соотношение нагрузок:  $\frac{q_2}{q_1} = 1; 2; 4; 8; 10 \dots$

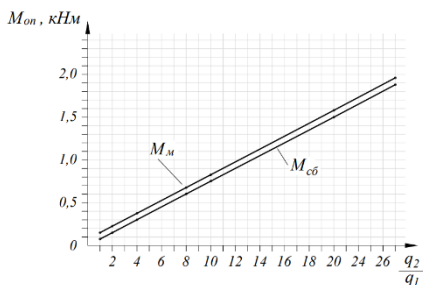
Результаты расчета при изменении соотношения нагрузок представлены в таблице 2 и на рисунке 4.

Таблица 2

$\frac{q_2}{q_1}$	Момент на опорах, кНм		Момент в среднем узле, кНм		Момент в середине пролетов, кНм	
	$M_{cб}$	$M_m$	$M_{cб}$	$M_m$	$M_{cб}$	$M_m$
1	0,0752	0,1500	1,0500	2,1000	1,7000	1,1400
2	0,1500	0,2260	2,1000	3,1500	2,2700	1,7100
4	0,3010	0,3760	4,2000	5,2400	3,4100	2,8500
8	0,6020	0,6770	8,3900	9,4400	5,6900	5,1300
10	0,7520	0,8270	10,5000	11,5000	6,8300	6,2700
20	1,5000	1,5800	21,0000	22,0000	12,5300	12,0000
25	1,8800	1,9600	26,2000	27,3000	15,4300	14,8000



а)



б)

а – зависимость изгибающего момента в середине пролетов в сборном ( $M_{cb}$ ) и монолитном ( $M_m$ ) одноэтажном каркасе от соотношения нагрузок ( $q_2$ ) и ( $q_1$ );  
 б – зависимость изгибающего момента на опорах в сборном ( $M_{cb}$ ) и монолитном ( $M_m$ ) одноэтажном каркасе от соотношения нагрузок ( $q_2$ ) и ( $q_1$ );

Рисунок 3. – Графики зависимости изгибающих моментов от соотношения нагрузок

Этап III. Сопоставление результатов: сопоставление изгибающих моментов в характерных сечениях сборной и монолитной рамы, процент расхождения этих величин сведены в таблице 3.

Таблица 3

$\frac{q_2}{q_1}$	Момент на опорах, кНм		% расхожд.	Момент в среднем узле, кНм		% расхожд.
	$M_{cb}$	$M_m$		$M_{cb}$	$M_m$	
1	0,0752	0,1500	49,87	1,0500	2,1000	50,00
2	0,1500	0,2260	33,63	2,1000	3,1500	33,33
4	0,3010	0,3760	19,95	4,2000	5,2400	19,85
8	0,6020	0,6770	11,08	8,3900	9,4400	11,12
10	0,7520	0,8270	9,07	10,5000	11,5000	8,70
20	1,5000	1,5800	5,06	21,0000	22,0000	4,55
25	1,8800	1,9600	4,08	26,2000	27,3000	4,03

### Заключение

Анализ изгибающих моментов при различных конструктивных решениях каркаса одноэтажного производственного здания (сборное

и монолитное) показывает, что при небольших значениях  $\frac{q_2}{q_1}$  расхождения в значениях изгибающих моментов для сборной и монолитной рамы весьма значительны, порядка 50%. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчетах статически неопределимых систем.

При больших значениях  $\frac{q_2}{q_1}$  расхождения в значениях изгибающих моментов для сборной и монолитной рамы значительно меньше. Если эти расхождения получаются менее 5%, то их можно считать несущественными.

### Литература

1. Расчет и конструирование сборных железобетонных конструкций многоэтажного каркасного здания : учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Строительные, железобетонные и каменные конструкции» для студентов специальностей строительного профиля / Н. А. Рак [и др.]. – Минск : БНТУ, 2012. – 96 с.

2. Строительная механика [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для студентов специальности 1-70 02 01 "Промышленное и гражданское строительство" / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Геотехника и строительная механика» ; сост.: А. А. Борисевич, Е. М. Сидорович. – Минск : БНТУ, 2019.

3. ЛИРА-САПР. Книга I. Основы. Е.Б Стрелец–Стрелецкий, А.В. Журавлев, Р.Ю. Водопьянов. Под ред. Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецкого. Электронное издание, 2019г. – 154 с.

## **РАЗДЕЛ 6**

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

## **СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ: TEKLA STRUCTURES И REVIT**

**Герасимов А. Г.**

Научный руководитель – Тронда Т. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье проведено сравнение программных комплексов Tekla и Revit по трем показателям: производительность, удобство использования, спрос на рынке. Сравнительный анализ показал достоинства каждого из двух продуктов в нескольких направлениях.

### **Введение**

В настоящее время современные информационные технологии бурно внедряются в повседневную жизнь, и строительная отрасль не стоит в стороне. На рынке каждый год появляются новое программное обеспечение. В данной статье рассмотрены два программных комплекса, часто используемых на территории Республики Беларусь: Revit – уже давно показавший себя с лучшей стороны и Tekla – только набирающий обороты.

Сравнение произведено по производительности 3D построения моделей, работе и построению различных объектов, а также цене и спросу на рынке. Для сравнительного анализа использован персональный компьютер с процессором Intel Core i5-7400 (3.5/3 ГГц) в связке с видеокартой GeForce GTX 1050Ti (4ГБ, 1354МГц).

### **1. Производительность 3D построения моделей**

Для сравнения построим две абсолютно одинаковые модели каркаса здания в Tekla и в Revit: 30-этажное, 5-ти секционное здание в виде звездочки (рисунок 1 и 2). Для добавления дополнительной нагрузки на систему используем овальные проемы.

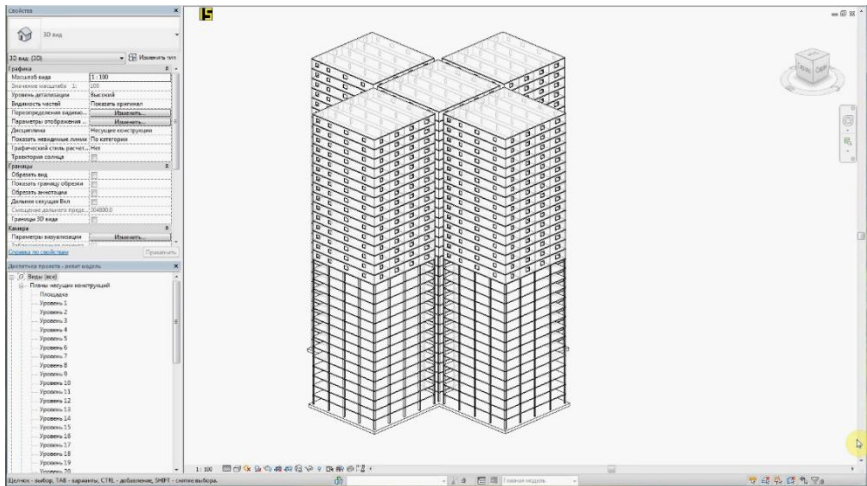


Рисунок 1. – Модель каркаса построенная в Revit

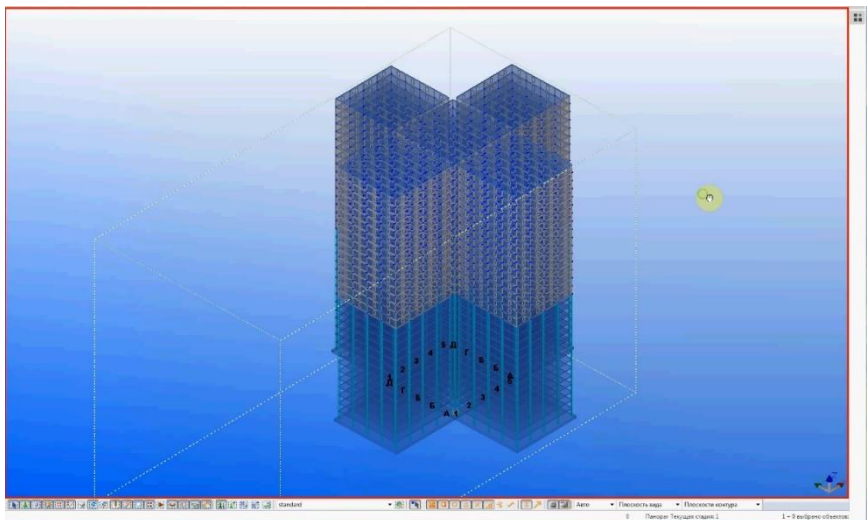


Рисунок 2. – Модель каркаса построенная в Tekla

Сравнение осуществляется по трем показателям:

- 1) на сколько сильно задействуется процессор при работе двух программ с 3D;
- 2) скорость копирования одной секции/всего здания;

3) производительность графического адаптера при работе с одним/двумя зданиями, показания FPS.

Условия теста не совсем стандартные: все элементы созданы родными инструментами, без каких-либо перегонов в IFC формат и обратно [3].

По итогам теста вышло неоднозначное решение, по каждому пункту отдельно:

1) Нагрузка на процессор двух программ сильно различалась. Tekla нагрузила GPU на 55%, а Revit всего на 25%. Это говорит о том, что Revit не смотря на свою многофункциональность не требует больших затрат в производительности и не будет требовать каких-либо дополнительных средств на оборудования или усовершенствование ПК.

2) Время копирования одной секции/всего здания Revit показал 56/420 секунд, а Tekla – соответственно 3/20 секунд соответственно. Мы видим, как Tekla оправдывает свою производительность и показывает блестящие результаты по сравнению с Revit по скорости копирования.

3) Число кадров в секунду при работе с одним/двумя зданиями: Revit – 9/4 кадров в секунду, Tekla – 15/10 кадров в секунду. Картина, как и со скоростью, большие затраты Tekla оправдывают себя в производительности.

*Вывод:* по результатам набирающий обороты Tekla показывает большую производительность в разных направлениях, но в тоже время требует больших ресурсов, которые себя оправдывают.

## **2. Работа и построение различных объектов в Revit и Tekla [4]**

### ***2.1. Навигация по проекту и работа с элементами (одиночная работа)***

В Revit навигация по проекту отнимает много времени: создать план, создать разрез, найти их среди ста других видов, эти виды постоянно надо сортировать и отключать на них ненужное, но, несмотря на это, в последних версиях моделирование в 3D стало более удобным и практичным, также появилась возможность группировать спецификации.



В Tekla всегда моделируем в 3D режиме. В целом это удобно, особенно для сложных форм. В рядовой работе можно сориентировать 3D вид наподобие плана. Работа со списком чертежей не очень удобная: имеет длинный список, который сортируется по порядку, нет классификаций и группировок.

## **2.2. Создание основных элементов**

В Revit наиболее удобное построение стен и контуров плит; временные размеры очень удобны для подгонки элементов друг под друга, подложку и просто небольших, но точных изменений.

Особенность Tekla в том, что привязка в категории элементов не такая строгая. Никто не мешает сделать стену, положить её на бок и обозвать плитой, а потом скопировать, изменить размеры и это уже колонна. Свои особенности для элементов есть, но они не ограничивают, так как ограничивают категории в Revit.

## **2.3. Создание дополнительных элементов (окна, двери, отверстия)**

Системные инструменты в Revit неудобны. В основном используют различные семейства, но бывают сложности с корректировкой высоты проёмов, например, однако в перекрытиях всё работает хорошо.

В Tekla не совсем удобно, т.к. не хватает просто прямоугольного отверстия, а не многоугольного. Получается много лишних движений мышкой. Компоненты с отверстиями удобны только, если делать их сразу с армированием и не очень гибкими. В новых версиях появился мощный компонент «компоновка стены», с которым окна/двери стали очень удобны. В перекрытиях такого нет.

## **2.4. Каркасы и закладные**

В Revit преимущественно используются семейства с IFC арматурой в сочетании со спецификациями, реже с группами, сборками и дополнительными параметрами, также есть возможность добавления элементов в сборку и вывода видов сборки. Однако, отсутствует возможность вывода чертежей сразу с размерами и выносками.

В Tekla же создается «условный» элемент, армируем его, сохраняем как каркас с некоторыми параметрами для фильтрации. К конечному элементу добавляем, как деталь или как узел, чтобы появлялось в спецификации и на чертеже. В целом, всё работает, но зачастую приходится отфильтровывать на чертежах ненужные элементы

«основы». Также бывают сложности с внесением в спецификации закладных деталей.

### **2.5. Армирование**

В актуальной версии Revit можно заармировать практически любые формы, чего не скажешь о предыдущих. Минус только в отсутствии автоматизации при создании типовых вещей (то же обрамление проёмов, углы стен и т.п.). Частичное решение – сложные семейства с IFC арматурой, но на больших моделях они сильно тормозят модель.

В новых версиях Tekla есть наборы арматуры, хоть они и не всегда ещё стабильно работают, но позволяют многое. Также имеются компоненты. Они похожи на семейства из Revit: можно собрать компонент из элементов в модели, а не в отдельном редакторе; можно расчленил компонент на составляющие, можно не расчленять, а просто пару деталей изменить. В компонентах есть арматура, вследствие чего стандартные узлы делаются и автоматизируются эффективнее.

### **2.6. Спецификации**

В Revit одна категория, одна спецификация. Чтобы вывести на лист каркасы, стержни и бетон необходимо минимум 3 спецификации. Плюсы: прямая связь с моделью, которая очень помогает в структурировании данных. Минусы: много ненужных параметров, которые необходимо отфильтровывать вручную и ставить в нужном порядке не так просто.

В Tekla по умолчанию в спецификацию попадают только элементы, видимые на конкретном чертеже. То есть, если у нас чертёж отдельной стены или плиты или колонны, то больше никаких фильтров не надо. Чтобы получить в одной таблице разные данные, не создают новую таблицу, добавляют строку данных и выбирают, что именно она выводит, а уже в ней в любом удобном порядке размещают нужные для вывода параметры.

### **2.7. Чертежи**

В Revit негибкая система работы с шаблонами и фильтрами. 80% времени уходит на то, чтобы сделать нужные виды, правильно их назвать и настроить фильтры. В дальнейшем, когда появляется хороший шаблон, большинство таких манипуляций производить не требуется, что в свою очередь увеличивает и производительность. В плане аннотирования всё довольно хорошо, если делать одно и то же, если настроены все семейства выносок, но при добавлении новой

возникают сложности. Плюс: прямая связь с моделью и ассоциативные размеры с обратной связью.

В Tekla чертежи существуют в отдельном режиме. Главное преимущество – это клонирование чертежей. Оформил чертёж одной колонны, для всех остальных клонировал его и остаётся только немного поправить размеры и выноски. Простота создания видов и узлов на чертежах.

*Вывод:* однозначно нельзя сказать, что одна программа во всех направлениях лучше другой. Revit уже долгое время на рынке и имеет много дополнений, правок и версий, в то время как Tekla – это относительно молодая программа и каждый день она совершенствуется, чтобы раскрыть весь свой потенциал. Однако, в данном случае Tekla по своему потенциалу лучше Revit и с точки зрения прогресса ей есть куда расти.

### **3. Цена и спрос на рынке Revit и Tekla [1, 2]**

На рынке Республики Беларусь Tekla относительно недавно и только набирает обороты, а Revit в свою очередь уже давно закрепился на рынке и успешно используется. В Tekla большая база из разнообразных элементов, которую либо надо создавать, либо покупать, т.к. самому создать их не получится. В Revit с семействами легче, т.к. есть возможность самому создавать каждый элемент.

Цена разнообразная в зависимости от версии, дополнительных параметров и баз данных. В среднем цена на Tekla в два-три, а то и в десять раз дороже, чем Revit. Но возьмем, например, Минск и областной город Гродно. В Минске уже порядка 5 лет в обиходе Revit, большое количество специалистов и относительно небольшая цена. В свою очередь, в областном Гродно это направление только зарождается и, конечно, никакой Tekla на рынок этого города не попадет. Количество специалистов Tekla небольшое, но постепенно растёт, что также является ключевым фактором.

*Вывод:* Revit – это программа, которая давно находится на рынке Республики Беларусь и только увеличивает клиентскую базу. Tekla, в свою очередь, относительно недавно на рынке, но из-за роста ее популярности в плане простоты проектирования, она очень быстро набирает обороты и в течение нескольких лет, возможно, будет также наполнять рынок, как и Revit.

## **Заключение**

Если позволяют материальные ресурсы и имеется хороший штаб квалифицированных специалистов (или отдельное КБ), то Tekla является лучшим вариантом. В ней можно настроить автоматические ссылки на листы с чертежами элементов, помимо параметрических компонентов есть открытый API и универсальность: КМ, КЖ и КД – можно делать всё, что угодно. Также плюсом является гибкое лицензирование.

Если ресурсы не позволяют, тогда лучшим вариантом является Revit. Предложение не плохое, если учесть, что обычно берут не одну программу, а сразу пакет, без которого всё равно не обойтись, а при грамотной организации работы, над одним проектом могут одновременно работать все отделы, что не скажется на производительности.

В итоге, если опираться на производительность и практичность, не глядя на цену, то выбор очевиден в сторону Tekla. Revit подойдет для небольшого бюджета, но стоит иметь в виду множество нюансов в практичности, что является лишь минусом в плане времени проектирования, т.к. в среднем построения в Revit занимают больше времени, чем в Tekla.

## **Литература**

1. Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com>. – Дата доступа: 25.04.2020.
2. Tekla Structures [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tekla.com/ru>. – Дата доступа: 25.04.2020.
3. Видеохостинг YouTube [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=YfguhjTiXM&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=YfguhjTiXM&feature=emb_logo). – Дата доступа: 25.04.2020.
4. Форум проектировщиков, инженеров, конструкторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dwg.ru/b/utr/m/263>. – Дата доступа: 25.04.2020.

## **КВАНТОВОЕ ШИФРОВАНИЕ**

**Пироженко А. Р.**

Научный руководитель – Стрелюхин А. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены принципы работы квантовой криптографии, проблемы её использования и главные преимущества перед другими методами шифрования данных.

### **Введение**

Криптография – это наука, изучающая способы сокрытия данных и обеспечения их конфиденциальности. Для достижения этой цели используют шифрование: сообщение с помощью некоторого алгоритма комбинируется с дополнительной секретной информацией (ключом), в результате чего получается криптограмма. Долгое время способы разработки алгоритмов шифрования определялись исключительно хитростью и изобретательностью их авторов. И лишь в XX веке этой областью заинтересовались математики, а впоследствии и физики, что и привело к появлению квантовой криптографии.

Квантовая криптография – метод защиты коммуникаций, основанный на определенных явлениях квантовой физики. В отличие от традиционной криптографии, которая использует математические методы, чтобы обеспечить секретность информации, квантовая криптография сосредоточена на физике, где информация переносится с помощью объектов квантовой механики. Процесс отправки и приёма всегда выполняется физическими средствами, например при помощи электронов в электрическом токе, или фотонов в линиях волоконно-оптической связи.

### **История квантовой криптографии**

Идея использовать квантовые объекты для защиты информации от подделки и несанкционированного доступа впервые была высказана Стефаном Вейснером в 1970 г. В 1984 г. Чарльз Беннет из ИВМ

и Жиль Брассар из Монреальского университета, которые были знакомы с работами Вейснера, предположили, что фотоны могут быть использованы в криптографии для получения фундаментально защищенного канала. Для представления нулей и единиц они решили взять фотоны, поляризованные в различных направлениях, и предложили простую схему квантового распределения ключей шифрования, названную ими BB84. В 1989 г. Беннет и Брассар в Исследовательском центре IBM построили первую работающую квантово-криптографическую систему. Она состояла из квантового канала, содержащего передатчики на концах (традиционно называемые передатчиками Боба и Алисы), размещённые на оптической скамье длиной около

### **Реализация идеи квантовой криптографии**

В основе метода квантовой криптографии лежит наблюдение квантовых состояний фотонов. Отправитель задает эти состояния, а получатель их регистрирует. Здесь используется квантовый принцип неопределенности Гейзенберга, когда две квантовые величины не могут быть измерены одновременно с требуемой точностью. Таким образом, если отправитель и получатель не договорились между собой, какой вид поляризации квантов брать за основу, получатель может разрушить посланный отправителем сигнал, не получив никакой полезной информации. Эти особенности поведения квантовых объектов легли в основу протокола квантового распространения ключа по схеме BB84.

Эта схема использует квантовый канал, по которому пользователи (Алиса и Боб) обмениваются сообщениями, передавая их в виде поляризованных фотонов.

Схема BB84 работает следующим образом. Сначала Алиса генерирует и посылает Бобу последовательность фотонов, поляризация которых выбрана случайным образом и может составлять 0, 45, 90 и 135°. Боб принимает эти фотоны и для каждого из них случайным образом решает, замерять его поляризацию как перпендикулярную или диагональную. По открытому каналу Боб объявляет для каждого фотона, какой тип измерений им был сделан (перпендикулярный или диагональный), но не сообщает результат этих измерений, например 0, 45, 90 или 135°. По этому же открытому каналу Алиса сообщает ему, правильный ли вид измерений был выбран для каждого фотона.

Затем Алиса и Боб отбрасывают все случаи, когда Боб сделал неправильные замеры. Если квантовый канал не перехватывался, оставшиеся виды поляризации и будут поделенной между Алисой и Бобом секретной информацией, или ключом. Этот этап работы квантово-криптографической системы называется первичной квантовой передачей.

Следующим важным этапом является оценка попыток перехвата информации в квантово-криптографическом канале связи. Это может производиться Алисой и Бобом по открытому каналу путем сравнения и отбрасывания случайно выбранных ими подмножеств полученных данных. Если такое сравнение выявит наличие перехвата, Алиса и Боб отбрасывают все свои данные и начинают повторное выполнение первичной квантовой передачи. В противном случае они оставляют прежнюю поляризацию, принимая фотоны с горизонтальной или  $45^\circ$ -й поляризацией за двоичный «0», а с вертикальной или  $135^\circ$ -й поляризацией – за двоичную «1». Согласно принципу неопределенности, злоумышленник не может измерить как прямоугольную, так и диагональную поляризацию одного и того же фотона. Даже если он для какого-либо фотона произведет измерение и перешлет Бобу этот фотон в соответствии с результатом своих измерений, то в итоге количество ошибок намного увеличится, и это станет заметно Алисе. Это приведет к стопроцентной уверенности Алисы и Боба в состоявшемся перехвате фотонов.

Более эффективной проверкой для Алисы и Боба является проверка на четность, осуществляемая по открытому каналу. Например, Алиса может сообщить: «Я просмотрела 1-й, 4-й, 6-й, 8-й... и 998-й из моих 1000 бит, и они содержат четное число единиц». Тогда Боб подсчитывает число «1» на тех же самых позициях. Можно показать, что, если данные у Боба и Алисы отличаются, проверка на четность случайного подмножества этих данных выявит количество ошибок. Достаточно повторить такой тест 20 раз с 20 различными случайными подмножествами, чтобы вычислить процент ошибок. Если ошибок слишком много, то считается, что производился перехват в квантово-криптографической системе.

Если Алиса и Боб не собираются использовать полученный ими ключ сразу, то перед ними возникает новая проблема, – как сохранить ключ в секрете? В 1991 г. Артур Экерт (Artur Ekert) предложил

протокол, позволяющий решить обе эти проблемы – распространения и хранения ключа. Протокол Экерта основан на эффекте сцепления квантовых частиц. Сцепленные частицы ведут себя необычным образом: если произвести измерение одной из них, то другая (на каком бы расстоянии она ни находилась) обязательно «перейдет» в состояние, противоположное состоянию первой частицы. Парадокс заключается в том, что информация о состоянии частицы передается со скоростью, превышающей скорость света. Тем не менее, это явление демонстрируется физиками экспериментально и может быть использовано для шифрования информации.

В несколько упрощенном виде протокол Экерта предполагает, что Алиса генерирует определенное количество пар сцепленных фотонов. Один фотон из каждой пары она посылает Бобу, а другой оставляет у себя. Над некоторыми из частиц Алиса и Боб сразу производят измерение, позволяющее определить, выполнялся ли перехват: если да, то согласованность состояний частиц исчезнет. Остальные частицы Алиса и Боб сохраняют в идеально отражающих ящичках. Когда возникнет необходимость обменяться сообщениями, они производят измерение состояния определенного числа хранящихся у них частиц, и получают секретный ключ.

### **Современное состояние и проблемы**

Квантовая криптография как сегмент рынка только начинает формироваться, и здесь пока на равных могут играть и мировые компьютерные корпорации, и небольшие начинающие компании. Интерес к квантовой криптографии со стороны коммерческих и военных организаций растет, так как эта технология может гарантировать абсолютную защиту. На сегодняшний день квантовая криптография доступна для коммерческого применения уже несколько лет. Но технология практична лишь в руках организаций государственного масштаба и крупного частного сектора, которые в состоянии позволить себе иметь собственные оптоволоконные сети.

Но кроме успешного создания и ввода в действие систем распределения квантовых ключей, есть и успешные эксперименты по их взлому. Например, в 2007 г. физики из Торонтского университета (Канада) провели экспериментальную демонстрацию необнаруживаемого перехвата сообщений в системе распределения квантовых ключей, реализованной швейцарской компанией ID Quantique.



## Заключение

Криптография является важной составляющей современного мира и необходима в первую очередь для сохранения персональных данных и важной информации. С момента появления она прошла множество модификаций и сейчас представляет собой систему безопасности, которая практически не может быть взломана. Переоценить ее возможности для человечества сложно. Современные методы криптографии применяются практически во всех отраслях, в которых присутствует необходимость безопасной передачи или хранения данных. Исходя из того, что последние разработки в области квантовой криптографии позволяют создавать системы, обеспечивающие практически 100%-ю защиту ключа и ключевой информации, можно предположить, что в ближайшем будущем вся криптографическая защита информации и распределение ключей будут базироваться на квантово-криптографических системах.

## Литература

1. Криптография и шифрование данных – все что нужно знать. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prostocoin.com/blog/cryptography>. – Дата доступа: 15.04.2020.
2. Аппаратные средства квантовой криптографии. [Электронный ресурс]: <http://fkn.ktu10.com>. – Дата доступа: 15.04.2020.
3. Журнал о науке и технологиях «Популярная механика» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.popmech.ru/technologies/235655-kvantovaya-kriptografiya-cto-eto-takoe>. – Дата доступа: 15.04.2020.
4. Квантовая криптография, или как свет формирует ключи шифрования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.osp.ru/school>. – Дата доступа: 15.04.2020.
5. Красавин, В. Квантовая криптография [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.b-ok.cc/book/628590/bbd531>. – Дата доступа: 15.04.2020.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ МЧС

**Федченко Е. А.**

Научный руководитель – Стрелюхин А. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В настоящей статье поднимаются вопросы использования технологии 3D-моделирования в системе МЧС в целях борьбы с пожарами на потенциально опасных и социально-значимых объектах.

### **Введение**

3D-моделирование используется во многих областях человеческой деятельности. Одна из таких областей применения – система МЧС.

Рассмотрим, что такое 3D-моделирование и обозначим его плюсы и минусы.

Под 3D-моделированием понимают процесс создания трёхмерной модели объекта. Задачей 3D-моделирования является разработка зрительного объёмного образа желаемого объекта.

«Трёхмерная графика нашла широкое применение в таких областях, как научные расчёты, инженерное проектирование, компьютерное моделирование физических объектов. Для создания реалистичной модели объекта используют геометрические примитивы (прямоугольник, куб, шар, конус и прочие) и гладкие, так называемые сплайновые поверхности» [1].

К плюсам трёхмерной графики можно отнести:

- высокую информативность отдельных зон экрана;
- преимущества при вращении объекта;
- влияние на физические реакции зрителя.

К минусам относится необходимость больших временных затрат на создание моделей.

## **Моделирование в системе МЧС. Паспорт территории**

Моделирование в системе МЧС включает в себя процесс создания трёхмерной модели объекта, где при угрозах и фактах возникновения чрезвычайной ситуации специалисты МЧС осуществляют свою работу по направлениям деятельности, используя информационные ресурсы паспортов территорий.

Паспорт территории – это общая справочная информация о географическом положении, социально-экономическом и административном обустройстве территории, содержащая данные о рисках возможных чрезвычайных ситуаций. В паспорте территории находятся такие данные как карты, космические снимки, схемы расстановки сил и средств, фотоматериалы, видео. Основываясь на этих данных, МЧС планирует свои действия в условиях ЧС: формирование группы сил, план действий, их расположение и средства, которые могут использоваться при ликвидации ЧС. «В общем, это электронный документ оценки рисков на территории. При возникновении ЧС, пожаров и социально-значимых происшествий, оперативные штабы, оперативные группы, иные должностные лица структурных подразделений МЧС, задействованные в ликвидации их последствий, активно используют данный документ» [2].

3D-модель помещения даёт возможность рассчитать время эвакуации людей, сделать этот процесс наиболее быстрым и эффективным. При расчёте пожарных рисков и времени эвакуации используются методики, разработанные специалистами. В 3D-моделях указывается расположение объектов с привязкой к местности. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшей работе с моделью была возможность быстро и адекватно ситуации расщелоточить силы и средства, привлекаемые к возможной ЧС на территории объекта.

## **Заключение**

Трёхмерная модель объекта предназначена для информационного обеспечения планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС, планов повышения защищённости потенциально опасных, а также социально-значимых объектов. Она является дополнением к паспорту территории, что позволяет более эффективно бороться с ЧС.

## Литература

1. Компьютерная графика и основные графические редакторы: сб. науч. ст. / Томский. политехн. ун-т ; ред.: В. В. Иванцов, А. И. Озга – Томск : ТПУ, 2013. – 421 с.

2. Сайт МЧС России: 3D моделирование – перспективное направление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://01.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/1007961/>. – Дата доступа: 11.05.2020.