

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

01.06 – КМР.1914 “С” 2020.12.04 18 ПЗ

**МАЗУРЕНКА ЄВГЕНА**

**МИКОЛАЙОВИЧА**

Київ 2021

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

01.06 – КМР.1914 “С” 2020.12.04 18 ПЗ

**МАЗУРЕНКА ЄВГЕНА**

**МИКОЛАЙОВИЧА**

Київ 2021

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України Додаток В

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України  
Факультет (ННІ) конструювання та дизайну

УДК 711.558 (477.41)

НУБІП України ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
ПОГОДЖЕНО Завідувач кафедри  
Декан факультету конструювання та дизайну  
будівництва

конструювання та дизайну

(назва факультету (ННІ))

(назва кафедри)

НУБІП України С.Бакулін  
З.Ружило (ПІВ)  
(підпис) (ПІВ) (підпис) (ПІВ)  
“ ” 20\_р. “ ”  
20\_р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Проектування ресторану «Маячок» на о. Жуків Київської обл.»

НУБІП України  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код і назва)

НУБІП України «Магістр»  
Освітня програма (назва)  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

НУБІП України

# НУБІП України

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

І. Яковенко

(підпис) (ПІБ)

# НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н. доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Костира Н. О.

(підпис) (ПІБ)

Виконав

Мазуренко Є. М.

(підпис)

(ПІБ студента)

# НУБІП України

КИЇВ – 20

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ)

# НУБІП України

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри будівництва

доцент, к.т.н Є.Бакулін

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

# НУБІП України

20 року

# НУБІП України

# НУБІП України

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Мазуренко Євгену Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

# НУБІП України

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Магістр»

(назва)

# НУБІП України

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Проектування ресторану «Маячок» на о. Жуків Київської обл.»

затверджена наказом ректора НУБіП України від

“ 12 ” 11 2021р. № 1011 «3»

# НУБІП України

Термін подання завершеної роботи на кафедру 11.2021

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи об'ємно-планувальні рішення будівлі, геодезичні значення, місце знаходження

# НУБІП України

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Об'єкт дослідження – балка перекриття із композитних матеріалів прогоном 6,0 м, із змінними характеристиками перетину.

Мета роботи – визначити напружено-деформований стан балок перекриття прогоном 6,0м спроектованих із змінними перетину та композитними характеристиками матеріалів.

# НУБІП України

Методи дослідження – чисельні, аналіз-співставлення.

Перелік графічного матеріалу (за потреби) плани, розрізи, фасади, будгенплан, фундаменти, технологічна карта

Дата видачі завдання “ 10 ” 10 2020 р.

# НУБІП України

НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Костира Н. О.

( підпис )

( прізвище та ініціали )

НУБІП України

Завдання прийняв до виконання

Мазуренко Є.

( підпис )

( прізвище та ініціали студента )

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

ЗМІСТ

## 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....

- 1.1. Властивості деревини.....
- 1.2. Ваги деревини.....
- 1.3. Деревинні породи в будівництві.....

## 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....

- 2.1. Захист деревини від руйнування.....
- 2.2. Порівняння дерев'яного будинку з цегляним.....
- 2.3. Порівняльний аналіз теплотехнічних властивостей будинків з різних матеріалів.....

## 3. АРХІТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ.....

- 3.1. Об'ємно - планувальне рішення.....
- 3.2. Архітектурно-конструктивне рішення.....

## 4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....

- 4.1. Розрахунок дерев'яної ферми.....
- 4.2. Розрахунок багатопустотної плити.....

## 5. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ.....

- 5.1. Вихідні дані щодо конструювання залізобетонного фундаменту під центрально стиснуту колону.....
- 5.2. Аналіз інженерно-геологічних і гідрогелогічних умов майданчика будівництва.....
- 5.3. Визначення глибини закладання фундаменту.....
- 5.4. Визначення попередніх розмірів подошви фундаментів неглибокого залягання.....
- 5.5. Розрахунок осідань методом пошарового підсумовування.....
- 5.6. Розрахунок і конструювання монолітного залізобетонного фундаменту.....

## 6. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА.....

- 6.1. Визначення номенклатури та об'ємів робіт щодо

# НУБІП України

зведення будівлі школи.....

6.2. Методи виконання робіт.....

6.3. Підбір монтажних кранів.....

6.4. Визначення необхідності у транспортних засобах.....

# НУБІП України

6.5. Розробка технологічних карт на виконання будівельних процесів.....

6.6. Складання календарного плану виконання робіт.....

6.7. Проектування будженплану об'єкта.....

## 7. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА.....

# НУБІП України

## 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....

8.1. Обґрунтування актуальності вирішення питань охорони праці та навколишнього середовища в ході проектної розробки ресторану.....

8.2. Аналіз будівельного процесу на предмет виявлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....

# НУБІП України

8.3. Основні нормативні вимоги безпеки при виконанні окремих видів робіт та експлуатації машин та механізмів.....

8.4. Запроектовані заходи та технічні рішення для ліквідації та зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....

# НУБІП України

8.5. Запроектовані заходи протипожежної профілактики.....

8.6. Заходи охорони навколишнього середовища.....

## ВИСНОВКИ.....

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

# НУБІП України

Додатки.....

# НУБІП України

# НУБІП України

ВСТУП

Сьогодні характеризується визначеним трендом зростання попиту на будівництво будинків, ресторанів, лазнь, кафе, з екологічно-чистих матеріалів, одним з яких є деревина. Вирішивши побудувати будинок або іншу будівлю, у покупця точно не виникне проблем з придобанням будматеріалу. Головне, щоб були фінанси і знання, які потрібні для правильного підбору товарів, необхідних в процесі забудови.

Пріоритетом деревини як будівельного матеріалу є безпроблемне будівництво у будь-яку пору року та незалежно від погоди. Деревина є одним з найдавніших матеріалів, який людство навчилося використовувати для будівництва житла, виготовлення робочих інструментів і в якості джерела енергії. Асортимент будівельних товарів на ринку величезний, але в нашій магістерській роботі ми звернемо увагу на такий матеріал як деревина, її особливості та характерні ознаки.

Зважаючи на викладене вище, ми підходимо до визначення **актуальності** нашої магістерської роботи, яка визначається тим, що дерево є екологічним матеріалом, яке споживає вуглекислий газ та не потребує енергетичних затрат у процесі його вироблення.

Таким чином, відзначимо певний напрям зростання уваги до будівництва з дерева. Вивченням будівельних матеріалів, зокрема деревини займалися низка вчених, таких як Гупало О.П., Смельянов В.Г., Кірик М.Д., Білей П.В. та багато інших.

Тому, **мета** нашої магістерської роботи полягає у вивченні технології виробництва та дослідженні деревини та виявленні її особливостей у процесі будівництва.

Зважаючи на і беручи за фундамент мету магістерської роботи, **основними завданнями**, що потребують вирішення у ході дослідження вирізняються такі:

1. навести визначення поняття деревини та її характеристики;
2. проаналізувати деревину, як будівельний матеріал та її властивості;



# НУБІП України

3. навести основні вади деревини та їх вплив на її якість;

4. підсумувати отримані результати й сформулювати у вигляді висновків до магістерського дослідження з метою для подальшого використання результатів дослідження.

# НУБІП України

**Об'єктом** магістерського дослідження є деревина, як будівельний матеріал, а також її властивості та характеристики.

**Предметом** дослідження постає технологія виробництва та дослідження вивчення деревини у процесі будівництва.

# НУБІП України

Під час дослідження використані такі наукові **методи дослідження, роботи**, як експериментально-теоретичний метод. У теоретичних і чисельних дослідженнях проведеної роботи використані загальні методи опору матеріалів, теорії складених стержнів, механіки твердого деформівного тіла та теорії залізобетону.

# НУБІП України

**Отримана наукова новизна роботи.**

Отримана інформація щодо будівельного матеріалу, як деревина дозволяє удосконалити модель екологічно-чистого будинку та мінімізувати вплив на довкілля та зменшити викиди вуглекислого газу в повітря.

**Ключові слова:** деревина, вади деревини, будівельні матеріали, властивості деревини.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### 1.1. Властивості деревини

**Деревина** - це екологічно чиста, відновлювальна сировина, яку ліси надають практично на невизначений термін. Виходячи з цього, матеріалу достатньо, і його ціна не росте дуже сильно. Порівняно з цегляними спорудами дерев'яні споруди дешевші і, крім того, швидше зводяться.

Основна структурна одиниця деревини будь-яких порід — клітковина.

Клітковина в початковій стадії розвитку має доволі еластичну і легкопроникну для води та водних розчинів оболонку. З віком міцність оболонки різко підвищується, а проникність знижується внаслідок перетворення її в високомолекулярні органічні з'єднання: целюлозу, геміцелюлозу і лігнін. Розрізняють клітини механічні (волокна ліброфома), провідневі (судини і трахеїди), запасючі (паренхімні).

#### Властивості деревини.

Для деревини основними й найважливішими є такі властивості:

1. Механіко-технологічні: міцність, твердість, деформівність, питома в'язкість, експлуатаційні характеристики, технологічні характеристики, зносостійкість, здатність утримувати кріплення, гнучкість;

**Міцність деревини** — здатність чинити опір руйнуванню під дією механічних навантажень. Розрізняють міцність на стиск і розтяг (за напрямками прикладення навантаження відносно волокон — поздовжню й поперечну) і статичний згин.

Міцність на розтяг деревини вздовж волокон у 2-3 рази більша за міцність на стиск й у 20-30 разів вища за міцність на розтяг впоперек волокон.

Для окремих порід границя міцності на розтяг досягає 100-200 МПа. Питома міцність деревини на розтяг вздовж волокон порівняна з аналогічними показниками сталі й склопластиків. Проте ці властивості деревини реалізувати

# НУБІП України

в конструкціях складно через наявність вад (сучки, тріщини тощо), які знижують її міцнісні властивості. Міцність на розтяг деревини хвойних порід мало залежить від вологості, для деревини листяних порід цей вплив є значнішим.

# НУБІП України

Міцність на стиск деревини визначають на зразках — призмах перерізом  $20 \times 20$  мм та довжиною 30 мм уздовж і поперек волокон. Міцність деревини на стиск уздовж волокон у 4-6 разів більша від її міцності поперек волокон.

# НУБІП України

Міцність на статичний згин деревини перевищує міцність на стиск уздовж волокон, але менша за міцність на розтяг і становить для різних порід 50-100 МПа. Високі значення міцності на статичний згин дають змогу широко застосовувати деревину в конструкціях, які працюють на згин (балки, крокви, бруски, настили тощо).

# НУБІП України

**Твердість деревини** — здатність деревини чинити опір впровадженню в неї твердішого тіла. Твердість деревини оцінюється за навантаженням, що потрібне для вдавлювання в поверхню зразка металевої кульки діаметром 0,444 дюйма (11,28 міліметра) на глибину 5,64 мм (площа відбитка становить  $1 \text{ см}^2$ ). Метод оцінки твердості деревини називається метод Янка. За твердістю по торцю деревину поділяють на три групи: м'яка з твердістю 35-50 МПа (сосна, ялина, ялиця, вільха); тверда — 50-100 МПа (дуб, граб, ясен, клен, каштан, береза); дуже тверда — понад 100 МПа (самшит, кизил).

# НУБІП України

**Зносостійкість деревини** — здатність деревини опиратися зношуванню, тобто поступовому руйнуванню її поверхневих зон при терті. Зношування бічних поверхонь більше, ніж торцевих; зношування вологої деревини більше, ніж сухої.

# НУБІП України

2. Фізичні: зовнішній вигляд (текстура, блиск, колір), вологість (усушка, жолоблення, водопоглинення, гігроскопічність, щільність), теплові (теплопровідність, теплоємність), звукові (акустичний опір, звуко-

# НУБІП України

# НУБІП України

провідність), електричні (діелектричні властивості, електропровідність, електрична міцність);

### 3. Хімічні властивості.

# НУБІП України

Основні органічні речовини, з яких складається деревина: целюлоза, лігнін і геміцелюлози.

**Целюлоза** — природний полімер, полісахарид з довгою ланцюговою молекулою. Формула целюлози  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , де  $n$  — ступінь полімеризації, що дорівнює 6000-14000. Це дуже стійка речовина, нерозчинна у воді і звичайних органічних розчинниках (спирті, ефірі тощо), білого кольору. Пучки макромолекул целюлози у вигляді тонких волокон називаються мікрофібрилами. Вони утворюють целюлозний каркас стінки клітини. Мікрофібрили орієнтовні зазвичай уздовж довгої осі клітини, між ними знаходиться лігнін, гемоцелюлози, а також вода.

# НУБІП України

**Лігнін** — полімер ароматичної природи (полифенол) складної будови; містить більше вуглецю і менше кисню, ніж целюлоза. Саме з цією речовиною пов'язаний процес одеревіння молоді клітинної стінки. Лігнін хімічно нестійкий, легко окиснюється, взаємодіє з хлором, розчиняється при нагріванні в лугах, водних розчинах сірчистої кислоти та її кислих солей.

# НУБІП України

**Геміцелюлози** — група полісахаридів, в яку входять пентозани  $(C_5H_8O_4)_n$  і гексозани  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Формула гексозанів на перший погляд ідентична до формули целюлози. Проте ступінь полімеризації у всіх геміцелюлоз значно менший і становить 60-200. Це свідчить про короткі ланцюжки молекул і меншу стійкість цих речовин в порівнянні з целюлозою.

# НУБІП України

# НУБІП України

## 1.2. Вади деревини

**Вади деревини** — особливості і недоліки деревини, як всього стовбура дерева, так і окремих його ділянок, що погіршують її властивості і обмежують можливості її використання.

Природні вади, (на відміну від дефектів обробки), утворюються в процесі росту дерева, через різних кліматичних умов і місця зростання, випадкових пошкоджень, природного старіння, діяльності мікроорганізмів, комах-шкідників і птахів. Вплив вади на якість деревини визначається її видом, розмірами, розташуванням і призначенням пиломатеріалу. Тому вади, небажані в одних видах лісоматеріалів, можуть не братися до уваги в інших і бути бажаними в третіх. Тільки вади, що значно знижують міцність деревини, як, наприклад, гнилі, вважаються безумовними. Деякі вади деревини використовуються в декоративних цілях, у виготовленні меблів та інших виробів.

Дефектами обробки називають вади, що виникають при механічному впливі на дерево або деревину під час заготівлі, транспортування, пиляння. Це найчисленніша група вад.

Найчисельнішою групою природних вад деревини, крім сучків, що являють собою видозміни однієї вади, є вади будови деревини. Всього в Держстандарті 2140-81 занесено 181 різновид вад і дефектів деревини.

Для виявлення та вимірювання вад деревини були розроблені методи гамма-дефектоскопії, а також фотоелектричні, люмінесцентні, магнітні, рентгеноскопічні, акустичні методи. Незважаючи на існуючі способи автоматичної дефектоскопії деревини, основним методом визначення якості деревини залишається візуальний, а найнадійнішим інструментом — людське око.

### **Сучки**

Сучок — частина гілки, розташована в деревині стовбура.

Залежно від свого стану і ставлення до навколишнього деревині сучки розрізняються на світлі і темні; зрощені, нерощені і випадні; здорові, гнилі і

# НУБІП України

тютюнові трубки. Також вони класифікуються за своїм розгалуженням в пиломатеріалі.

На круглих лісоматеріалах розрізняються відкритий і зарослий сучок, який може бути виявлений за позосталим на поверхні здуттям різних видів.

Сучки значно знижують цінність деревини як матеріалу і її сортність. У місцях проростання гілок зменшується міцність, оскільки сучок має власну клітинну структуру, спрямовану під кутом до навколишніх волокон. Присутні у всіх сортах деревини. У процесі розпилювання деревини і висихання незрощені і частково зрощені сучки часто втрачають зв'язок з основою і випадають.

Специфічним різновидом сучка є пасинок.



Рис. 1 Пасинок у розрізі

Пасинок — сучок на місці великого пагона, що конкурував з головним стовбуром, потім відмер або відстав у рості. Пронизує матеріал під гострим кутом на значному протязі, має вигляд сильно витягнутого овала з відношенням сторін більш ніж 1:4. Може порушувати цілісність пиломатеріалу, сильно знижує його міцність при розтягуванні і вигинанні.

# НУБІП України

# НУБІП України

## Тріщини.

Тріщина — розрив деревини уздовж, рідше поперек волокон. Розрізняти тріщини за видами має сенс тільки у великих сортиментах, в дрібних же тріщини слід розглядати як єдину ваду, виділяючи тільки поперечні і, в деяких випадках, відлуп.

# НУБІП України

Мітикова тріщина, мітик — радіально спрямована тріщина в ядрі, що виникає в зростаючому дереві, відходить від серцевини, але не доходить до його периферії.

# НУБІП України

Відлупина, відлупок, відлуп — тріщина, що виникає в зростаючому дереві, проходить в зоні ядра або стиглої деревини між річними шарами. На торці виглядає як дугоподібна тріщина, не заповнена смолою.

# НУБІП України

Морозобоїна — ошкодження стовбурів великих дерев у вигляді радіальної тріщини, спричинені різким охолодженням деревини. Таке явище разом із сонячними опіками кори дерев спостерігають наприкінці зими — на початку весни, коли відбувається сильне нагрівання кори вдень і різке охолодження її вночі.

# НУБІП України

Громобоїна — спричиняє удари блискавки в дерево. Як ваду деревини, їх за стандартом прирівнюють до морозних тріщин. Проходять вони зазвичай по всій довжині дерева — від верхівки до кореневих лап.

# НУБІП України

Тріщина стиснення — єдиний вид поперечних тріщин. Утворюється в стовбурі молодого подовженого дерева при надмірних навантаженнях.

# НУБІП України

Відщеп — наскрізна бічна тріщина, що виникає при заготівлі або розпилуванні лісоматеріалів і відходить від торця. Входить до групи вад сторонні включення, механічні пошкодження і вади обробки.

# НУБІП України

Тріщина усушки — це зовнішня тріщина, що виникає при висиханні деревини і поширюється від поверхні вглиб. На торці може бути схожою на мітик чи відлуп, що утворюються під час росту дерева.

Тріщини, що виникають при розпилуванні, пропарюванні і просоченні деревини.

# НУБІП України

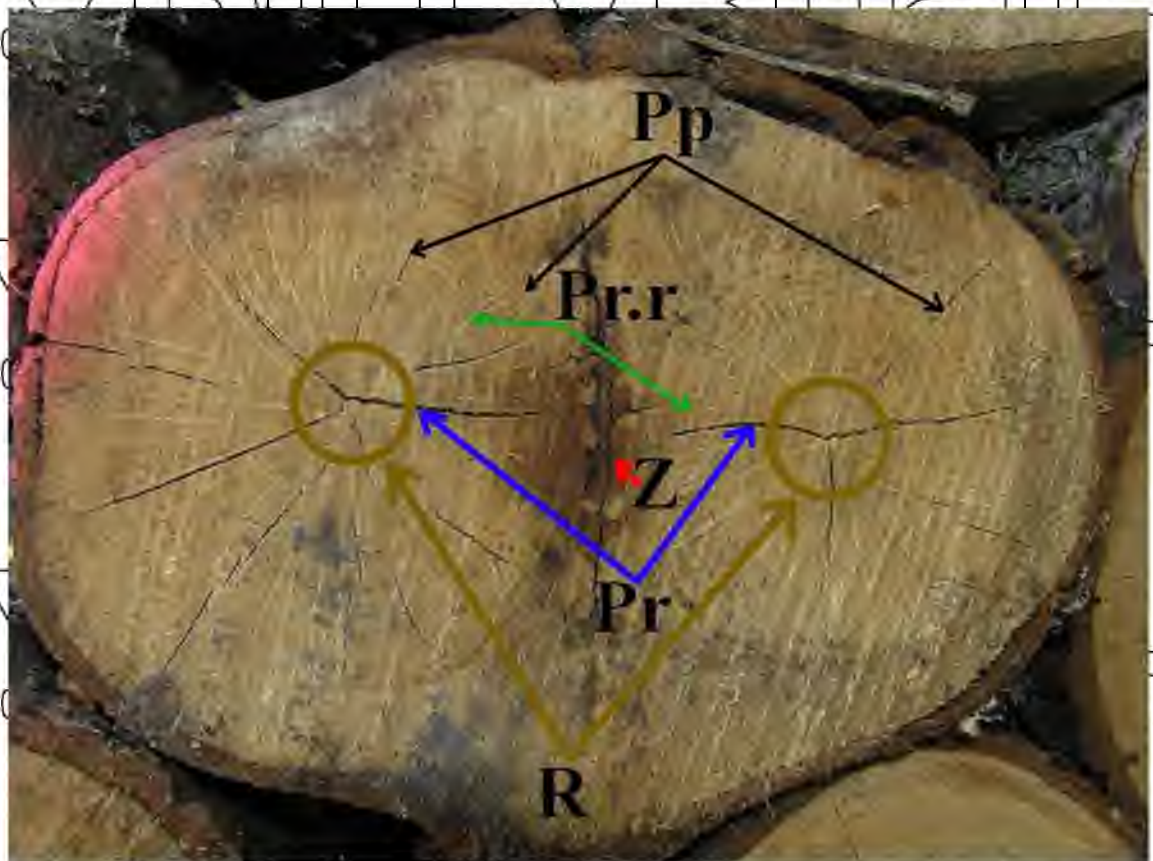


Рис. 2 Приклад кількох вад, присутніх водночас на розпилі стовбура дуба:

*Prp* — радіальні тріщини; *Pr* — міжикові тріщини; *R* — похвінна серцевина;  
*Z* — прорість; *Pr.r* — серцевинний промінь. Переріз стовбура виявляє овальність.

### Хімічні забарвлення.

Хімічне забарвлення ненормально забарвлені ділянки в свіжорозпилянній або свіжозрубаній деревині, що змінили колір в результаті хімічних і дубильних процесів, здебільшого при скисненні дубильних речовин під час лісосплаву, рідше при вторинному зволоженні. Розташовані зазвичай у поверхневих шарах деревини (1-5 м), іноді глибше; при висиханні тією чи іншою мірою вивітають. З'являються у багатьох листяних і хвойних порід деревини. Не змінюють фізико-хімічні властивості деревини, але погіршують її вигляд. У шпони і фанері вимірюють відсоток ураження площі листа.



# НУБІП України

## 1.3. Деревинні породи в будівництві.

У будівництві та суміжних областях використовують обидва різновиди деревних порід - хвойні та листяні, але для інженерних конструкцій більш широке використання знаходять хвойні, що володіють більшою довжиною і прямолінійністю стовбура, підвищеною стійкістю проти загнивання, більшою територіальною поширеністю. За значущістю і обсягами застосування їх можна розташувати в наступному порядку: сосна, ялина, модрина, ялиця, кедр і тис.

Сосна - порода ядерна, ядро зазвичай має буро-червоний колір, заболонь жовто-білого кольору. Розрізняють Рудова сосна, яка росте на глибоких пухких супесчаніках і легких суглинних ґрунтах, на піднесених місцях, має дрібношарову щільну деревину, вузьку заболонь, смолиста. Інший різновид

сосни - м'ядова - зростає на низинних глинистих ґрунтах, має пухку весняну деревину, широкошарову, менш смолисту, ніж рудова сосна, і поступається останньої за якістю. Сосна має невисоку середню щільність і порівняно високу міцність (див. Табл. 7.1). Її застосовують у вигляді кругляка (стовпи, паці і ін.) і пиляних лісоматеріалів, а також для виготовлення столярних виробів, виробництва фанери і деяких будівельних деталей (вікна, двері, коробки та ін.).

Ялина - порода спелодревесная, має незначну кількість смоляних ходів, менш стійка проти загнивання, ніж сосна. Колір деревини білий, зі слабким жовтуватим відтінком. У дошках і брусках ялину можна дізнатися по круглій формі сучків на відміну від овальної форми сучків на площині розпилу сосни.

Її середня густину не скільки нижче, ніж у сосни. Вживається в промисловому і житловому будівництві, є основною сировиною в целюлозно-паперовому виробництві. Наявність великої кількості твердих сучків ускладнює її застосування в столярному виробництві.

Модрина. - Порода ядерна. Ядро червонувато-бурого кольору, заболонь світла, вузька. Її деревина має дрібні нечисленні смоляні ходи, володіє

# НУБІП УКРАЇНИ

високою щільністю, стійкістю проти загнивання, твердістю, міцністю, але схильна до розтріскування. Використовують в гідротехнічному і підземне будівництво, в кораблебудуванні як надійний і довговічний будівельний матеріал. Виростає модрина, в основному, в Сибіру, а також на Далекому

# НУБІП УКРАЇНИ

Сході. Ялиця - порода спелодревесная, ядра в ялиці немає. Колір деревини білий зі слабким жовтуватим відтінком. Деревина ялиці схожа на деревину ялини, але не має смоляних ходів, менш стійка до загнивання і менш міцна.

# НУБІП УКРАЇНИ

Виростає в Сибіру і на Кавказі, використовується в будівництві нарівні з ялицею, є цінним матеріалом у виробництві музичних інструментів

Кедр - порода ядерна, за властивостями наближається до сосни. Ядро світло-бурого кольору, заболонь широка, жовтувато-бура і за кольором мало відрізняється від ядра. Деревина кедр легка, механічні властивості нижче, ніж

# НУБІП УКРАЇНИ

у сосни. Застосовують в якості будівельного лісу і в основному для виробництва столярних виробів, так як легко обробляється. Виростає кедр, головним чином, в Сибіру.

Тис - порода ядерна, деревина червона, щільна. Відноситься до роду вічнозелених хвойних дерев сімейства тисовий. Декоративна, виростає в декількох реліктових видах. Деревина тиса цінується в меблевому виробництві.

# НУБІП УКРАЇНИ

До групи листяних відносяться дві їх основні різновиди, що розрізняються за своєю мікроструктурі: кільцесудистіє, у яких великі водопровідні судини на поперечному розрізі деревини зібрані кільцем у весняній частині річного шару, і рассеянносудистіє, у яких судини дрібні, безладно розташовані на поперечному розрізі або зовсім не видно.

# НУБІП УКРАЇНИ

З кільцесудистих порід найбільше застосування в будівництві знайшли дуб, ясен і гру.

Дуб - порода ядерна, володіє високою щільністю, механічною міцністю, стійкістю проти гниття і в'язкістю (див. Табл. 7.1). Ядро має темно-бурого

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

забарвлення, відмінну від жовтуватого кольору заболони. У деревині добре проглядаються великі серцевинні промені; володіє красивою текстурою і кольором в тангенціальному і поперечному зрізах. Використовують дуб в відповідальних конструкціях гідротехнічних споруд, при зведенні мостів, а також для виготовлення паркету, меблів, облицювальної фанери, високоякісних столярних виробів.

# НУБІП УКРАЇНИ

Ясень - порода ядерна, за текстурою нагадує дуб, але з вузькими серцевинними променями, видимими в зрізах під мікроскопом. Має деревину високої міцності, пружності, але в сирих місцях і в місцях зі змінним режимом вологості швидко загниває. Застосовують для виконання столярно-оздоблювальних робіт, виготовлення меблів.

# НУБІП УКРАЇНИ

В'яз - порода ядерна, має щільну, в'язку, тверду і міцну деревину, подібно дубу добре піддається загину, однак за фізико-механічними властивостями поступається дубу. Застосовують для виробництва фанери, меблів і ін.

# НУБІП УКРАЇНИ

З рассеяннососудистих найбільш широко використовують для будівельних цілей як м'які різновиди порід - береза, осика, вільха, липа, так і тверді - бук, граб, клен.

Верезг. - Порода заболонна. Деревина міцна, тверда, в'язка, але відносно легко загниває в сирих і мало провітрюваних приміщеннях, легко обробляється. Її застосовують для виготовлення будівельних виробів і деталей, меблів, паркету, оздоблювальних матеріалів.

# НУБІП УКРАЇНИ

Осика - порода спелодревесная. Деревина за міцністю поступається березі, м'яка, легка, малостойкие проти загнивання, але в сухому місці зберігається добре, при висиханні не жолобиться. Осика використовують в фанерному виробництві, для зведення тимчасових будівель, виготовлення тари, а також в целюзно-паперовій промисловості.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

Вільха - порода заболонна, деревина легка, м'яка, малостойкіє проти загнивання, за кольором - світло-коричнева з рожевим відтінком в сухому її стані. Застосовується нарівні з березою.

# НУБІП України

Липа - порода заболонна, деревина легка, нестійка до гниття, має обмежене застосування в якості будівельного матеріалу для тимчасових будівель і невідповідальних споруд. Використовується при виготовленні меблів, фанери, тари.

# НУБІП України

Бук - порода спелодревесная. Деревина щільна, міцна, за властивостями бук близький до дуба, але на відміну від нього - малостоек проти гниття. Застосовують для виготовлення паркету, фанери, цитал, а також меблів.

# НУБІП України

Гراب - порода заболонна, рід сімейства березових, виростає в Криму і на Далекому Сході. Деревина важка, тверда, має підвищеними показниками механічних властивостей, при висиханні - значно розтріскується і жолобиться. Застосовують для тих же цілей, що і бук, а також при виробництві музичних інструментів, в машинобудуванні та ін.

# НУБІП України

Клен - порода спелодревесная, м'яка, рід дерев сімейства кленових. Деревина щільна, важка, міцна. Використовують в будівництві як оздоблювальний матеріал, для виробництва фанери, меблів, музичних інструментів.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Захист деревини від руйнування.

**Руйнування деревини.** Здатність деревини гнити і горіти обмежує термін її служби. Крім того, деревину ушкоджують комахи. Тільки на ремонт і заміну дерев'яних конструкцій, зруйнованих гниттям, щорічно йде більше 30% всієї витрачаної деревини.

Гниття деревини відбувається в тих випадках, коли на ній починають розвиватися гриби, які використовують деревину як поживне середовище. Для їх розвитку необхідні певні умови: вологість деревини не менше 18 ... 20%, вільний доступ кисню і температура -5 ... 40 °С. Якщо яка-небудь умова не виконується, гниття не відбувається.

Оберігають деревину від гниття сушка, різні конструкції, що захищають від зволоження, антисептування (хімічна обробка деревини для підвищення її біологічної стійкості).

Найбільш радикальний і реальний з конструктивної точки зору шлях захисту деревини від гниття - сухий режим експлуатації (Вологість деревини повинна бути не більше 15%). Сушіння деревини може бути природною і штучною.

Природну сушку здійснюють на відкритому повітрі, під навісом або в закритих приміщеннях до повітряно-сухого стану (вологість 15 ... 20%). Ця сушка вимагає багато часу (тижні і навіть місяці), вона застосовується при необхідності ретельного і тривалого вилежування або невеликому обсязі робіт.

Штучна сушка деревини проводиться в сушильних камерах гарячим повітрям, паром, газом або струмами високої частоти, а також шляхом занурення в нагрітий вазелін. Найбільш поширена штучна сушка деревини в камерних сушарках безперервної або періодичної дії з герметично закриваються дверима. У камерах створюється багаторазова циркуляція нагрітого повітря, газу або перегрітої пари.

# НУБІП України

# НУБІП України

До переваг штучної сушки в порівнянні з природною слід віднести більш короткі терміни, можливість досягнення малої кінцевої вологості (6 ... 8%), забезпечення високої якості висушеної деревини, знищення грибкової інфекції і комах-шкідників.

# НУБІП України

**Захист деревини від гниття.** Для попередження загнивання деревини приймають ряд конструктивних заходів: ізолюють її від ґрунту, каменю і бетону, влаштовують спеціальні канали для провітрювання, захищають дерев'яні конструкції від атмосферних опадів, роблять відливи у зовнішніх віконних рам і т.п. Однак тільки заходами конструктивного характеру не можна повністю оберігти деревину від зволоження і загнивання.

# НУБІП України

Для захисту деревини від гниття застосовують обробку її різними хімічними речовинами - антисептиками.

Антисептики повинні бути токсичними до грибів, але нешкідливими для людей і тварин, протягом заданого терміну не втрачати токсичні властивості, які не погіршувати фізико-механічні властивості деревини. Антисептики поділяються на водорозчинні та водонерозчинні маслянисті.

# НУБІП України

Водорозчинні антисептики застосовуються у вигляді водних розчинів і антисептичних паст.

# НУБІП України

К водорозчинних антисептиків відносять фторид натрію  $\text{NaF}$ , кремнефторид натрію  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , Хлорид цинку  $\text{ZnCl}_2$ . Антисептичний препарат ХМХЦ. Останній являє собою суміш біхромату натрію або калію, мідного купоросу і хлориду цинку в співвідношенні 2: 1: 7. Препарати застосовують у вигляді розчинів 3 ... 5% -й концентрації.

# НУБІП України

К маслянистим антисептиком відносять каменноугольное креозотове і антраценовое масла, сланцевое масло, розчини пентохлорфенола в оліях.

Масло креозотове - Темно-коричнева рідина з різким запахом. Є дуже сильним антисептиком.

# НУБІП України

# НУБІП України

Масло антраценовое - Зеленовато-жовта рідина, що отримується з кам'яновугільного дьогтю. Має сильну антисептичну властивість, має різкий запах.

Масло сланцевое - Темно-коричнева рідина з різким запахом фенолу. Отримують з горючих сланців.

# НУБІП України

Для збільшення токсичності маслянистих антисептиків в них вводиться пентахлорфенол до 5%. Він же може застосовуватися в органічних розчинниках.

# НУБІП України

Маслянисті антисептики застосовуються для глибокого просочення шпал, конструкцій мостів, повітряних опор. Через різкого запаху і високу токсичність їх не можна застосовувати всередині житлових будинків, складів харчових продуктів. Через вогнебезпечності не слід застосовувати біля горючих місць.

# НУБІП України

Антисептування деревини може виконуватися такими способами: поверхнєве нанесення просочення в гарячо-холодних ваннах, автоклавах, обробка пастами.

**Захист деревини від комах.** Деревину вражають комахи - короїди, жуки-точильники, жуки-вусачі і їх личинки. Вони утворюють ходи, звані червоточиною. Короїди прокладають звивисті борозни під корою дерева на невелику глибину. Суттєвого впливу на міцність деревини вони не роблять.

# НУБІП України

Глибокі ходи прокладають жуки-точильники. Таку деревину не слід застосовувати для виготовлення несучих конструкцій.

Основні способи боротьби з комахами при зберіганні деревини на складах - дотримання санітарних норм і своєчасне обкурювання круглого лісу.

# НУБІП України

При виявленні комах на складах і при ремонтних роботах деревину обробляють інсектицидами - Хлорофосом, хлороданом, хлорпикрином і ін.

Захищають деревину, обробляючи її шляхом просочення, обприскування, запилення або обкурювання.

# НУБІП України

# НУБІП України

В якості профілактичних заходів в житлових приміщеннях деревину протирають 2-3 рази в рік 3% -м водним розчином фториду або кремнефторіда натрію.

# НУБІП України

Для захисту деревини знову споруджуваних будинків і споруд застосовують кам'яновугільні і сланцеві масла, пентахлорфенол в органічних розчинниках.

# НУБІП України

**Захист деревини від загоряння.** Деревина починає горіти при температурі 260 ... 290 ° С в результаті впливу відкритого полум'я або при нагріванні понад 350 ° С при його відсутності. При тривалому нагріванні температура займання знижується.

# НУБІП України

Захищають деревину від займання конструктивними заходами або різними вогнезахисними покриттями і просоченнями.

# НУБІП України

К конструктивним заходам відносять: видалення дерев'яних елементів від джерела нагрівання, зведення вогнетривких стін і перегородок через певну відстань.

# НУБІП України

В якості вогнезахисних покриттів застосовується штукатурка, облицювання малотеплопроводними і вогнетривкими матеріалами, наприклад азбестовими, фарбування вогнезахисними фарбами, нанесення обмазок.

Просочення виконується антипіренами.

# НУБІП України

Вогнезахисні фарби по виду сполучного бувають силікатні, перхлорвінілові, масляні, казеїнові. Високими вогнезахисними властивостями володіє силікатна фарба. Сполучною в ній служить рідке скло, наповнювачами

# НУБІП України

- крейда, кварцовий пісок, магнезит. При дії високої температури утворюється склоподібна плівка, яка утрудняє доступ кисню до деревини і зв'язує вугілля, який внаслідок малої теплопровідності захищає нижні шари деревини від горіння.

# НУБІП України

Кращим вогнезахисним засобом є антипірени - хімічні речовини, які при нагріванні виділяють негорючі газу і відтісняють кисень від нагрівається

# НУБІП України

деревини, перешкоджають виділенню висококалорійних газів або плавляться



# НУБІП України

з утворенням вогнезахисних плівок. Як антипіренів застосовують фосфорнокислий амоній -  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ , Сірчано-кислий амоній -  $(\text{NH}_4)_2\text{PS}_4$  буру -  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  і ін. Їх вводять в деревину у вигляді водних розчинів шляхом просочення або фарбопульту.

# НУБІП України

Застосування всіх перерахованих заходів дозволяє подовжити термін служби деревини, особливо що знаходиться в несприятливих умовах.

## 2.2. Порівняння дерев'яного будинку з цегляним.

Вибір матеріалу, з якого буде побудований замиський будинок - не менш важливе завдання, ніж визначення місця розташування майбутньої будови, планування кімнат і інші умови комфортного перебування на дачі.

# НУБІП України

Звичайно, чималу роль відіграють такі чинники, як призначення житлової будови, кількість осіб, що буде його використовувати, купівельна спроможність майбутнього власника будинку, кліматичні та умови. Хтось вважає за краще будувати дачу з цегли, хтось - з піноблоків, але чимало таких людей, які на замській ділянці бажають бачити дерев'яний будинок.

# НУБІП України

Про це говорить і статистика: 50% забудовників зводять будинки з дерева. І це цілком зрозуміло: дерево - це не тільки екологічно і надійно, але і красиво. Тому з найдавніших часів саме цей матеріал лідирує в житловому будівництві.

# НУБІП України

На сьогоднішній день найпопулярнішим і якісним матеріалом для будівництва замської нерухомості є клеєний брус (КБ). Використання у виробництві дерева найміцніших порід і високотехнологічного обладнання дозволяє будинку з нього простояти не одну сотню років. Про те, що ж хороший клеєний брус і в чому поступаються йому інші матеріали для домобудівництва - далі.

# НУБІП України

**Переваги клеєного бруса**  
- клеєний брус є більш міцним, а значить, і більш надійним матеріалом, ніж цільне дерево;

# НУБІП України

# НУБІП України

- період будівництва з КБ займає значно менше часу, ніж з іншої сировини. Це обумовлено характеристиками усадки будівель з нього, яка складає не більше 2%;

# НУБІП України

- оптимальне співвідношення виділення і поглинання вологості в дерев'яних будинках сприяє утворенню найбільш сприятливого для людини мікроклімату;

- деревна структура зберігає стабільну температуру в приміщенні, таким чином, взимку в будинку буде тепло, а влітку - прохолодно;

# НУБІП України

- дерев'яні будинки легко перепланувати на свій розсуд, без ризику порушити несучі конструкції.

Недоліки використання в будівництві дачного будинку цегли або піноблоків:

- будівництво замиського будинку з цегли призводить до подорожчання всієї конструкції, так як цегла коштує значно більше дерева;

# НУБІП України

- тривалість зведення житлової будови з цегли в кілька разів більше в порівнянні з будинком аналогічного розміру з деревного матеріалу. Обидва ці фактори обумовлюються трудомісткими і високовитратними роботами по

зведенню фундаменту і необхідністю внутрішньої і зовнішньої обробки будівлі;

# НУБІП України

- недотримання попередньої умови («вистоювання» важкої конструкції будинку з цегли) в подальшому може призвести до утворення тріщин в конструкції,

- перепланування цегельного або ПІНОБЛОЧНИХ будови значно складніше такого ж перебудови дерев'яного будинку і вимагає дотримання

# НУБІП України

всіх норм і правил безпеки. В іншому випадку можливе руйнування несучої стіни, а слідом за нею - і всього будинку. Навіть якщо конструкція житлової споруди виявиться неушкодженою, внаслідок появи тріщин звукоізоляційні і

теплозберігаючі властивості можуть будинку значно погіршитися.

Порівняння окремих характеристик дерев'яних і цегляних будинків

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

1. Система опалення. Каркасні і брусові будинки здатні нагрітися в середньому через 50 хвилин після включення опалення. У порівнянні з ними, цегляні або ПНОБЛОЧНИХ будови будуть мати оптимальну для проживання температуру тільки через 4-5 годин.

# НУБІП УКРАЇНИ

2. Економічність. Характеристики теплоізоляції дерев'яної конструкції і збереження тепла в будинку безпосереднім чином впливають на витрату теплоенергії та знижують витрати на утримання будинку.

# НУБІП УКРАЇНИ

3. Стійкість до перепадів температур. Міжсезоння, що характеризується різкими злетами і падіннями температури, простіше переносити в будинку з клеєного бруса. Цегляні ж конструкції, звичайно, не всі, а побудовані наспіх, можуть не витримати скупчення вологи у внутрішній обробці. Внаслідок цього в стіні можуть з'явитися цвіль, грибки або тріщини.

# НУБІП УКРАЇНИ

4. Пожежна безпека. Як правило, в цегляних будівлях багато деталей виконані з дерева. До них відносяться лаги підлоги, крокви, опорні балки, балки перекриттів, верх стегі, лати. Тому, хоч цегла і є більш стійким до вогню, в разі пожежі будинок з нього зажадає не менше серйозних фінансових вкладень, ніж з дерева.

# НУБІП УКРАЇНИ

5. Довговічність. У порівнянні з дерев'яними, цегляні і ПНОБЛОЧНИХ будинку здатні простояти довше. Але ця перевага практично повністю нівелюється завдяки технологічним особливостям сучасного виробництва клеєного бруса. Європейські стандарти якості, за якими він виготовляється, мають на увазі використання спеціальних складів, що підвищують міцність і надійність деревної сировини. Добутий на виході матеріал володіє високими теплоізоляційними і антибактерицидними властивостями, йому не страшно

# НУБІП УКРАЇНИ

поява грибка і цвілі, а стіни будинку, побудовані з нього, практично не осідають. Фахівці рекомендують посилити всі ці властивості додатковими пресоченнями, які продаються в будь-якому будівельному магазині. І тоді будинок з клеєного бруса побачать не тільки онуки забудовника, а й пра- пра- правнуки.

# НУБІП УКРАЇНИ

**Яка споруда тепліше. З дерева або цегли**

# НУБІП України

Займаючись пошуком відповіді на питання, дерев'яний або цегляний будинок тепліше, необхідно розуміти, що єдино правильного рішення проблеми просто не існує. Це пов'язано, перш за все, з тим, що на вказаний параметр впливає безліч інших факторів, крім обраного для будівництва матеріалу.

# НУБІП України

Однак, певний висновок про те, що в більшості випадків споруди з дерева мають більшу енергоефективність, все-таки зробити можна. Подібний висновок підтверджує практика і проводяться останнім часом дослідження області приватного житлового будівництва. Вони показують постійне зростання затребуваності дерев'яних будівель на вітчизняному ринку, що значною мірою зумовлено їх відмінними теплоізоляційними параметрами.

# НУБІП України

## **2.3. Порівняльний аналіз теплотехнічних властивостей будинків з різних матеріалів.**

# НУБІП України

Постійне зростання витрат на опалення житла змушує задуматися про вибір технології будівництва з максимальними показниками по енергоефективності. Будівництво енергозберігаючих будинків є сьогодні не примхою, а нагальною потребою, закріпленої законодавчо у федеральному законі РФ за № 261-ФЗ «Про енергозбереження».

# НУБІП України

Ефективність стінових конструкцій житлового будинку безпосередньо залежить від показників по тепловтрат, які відбуваються через різні елементи огорожувальних конструкцій будинку. Основне тепло втрачається саме через зовнішні стіни. Ось чому їх теплопровідність серйозно впливає на мікроклімат всередині приміщень. Немає сенсу говорити про ефективні стінових конструкціях без урахування показників теплопровідності. Стіна може бути товста, міцна і дорога, але зовсім не енергоефективна.

# НУБІП України

Виникає закономірне питання, який будинок тепліше, а точніше, який з популярних в нашій країні матеріалів краще зберігає тепло? Просте порівняння коефіцієнтів теплопередачі в даному випадку є не зовсім

# НУБІП України

# НУБІП України

коректним. Перш за все, слід оцінювати здатність зберігати тепло зовнішньої огорожувальної конструкцією, як єдиної системи.

Розглянемо замські будинки, побудовані за різними технологіями, з різними типами стін, і подивимося який будинок має найменші втрати тепла.

# НУБІП України

У малоповерховому житловому будівництві найбільшого поширення набули такі види будинків:

- Кам'яні;
- Дерев'яні;
- Каркасні.

# НУБІП України

**Будинки з дерева.** Комфортна атмосфера швидше створюється в будинку, побудованому з дерева. Цей матеріал практично не охолоджується і не нагрівається, тому температура всередині приміщення швидко стабілізується. При достатній товщині стін такі будинки годі й утеплювати, оскільки дерево саме по собі може служити термоізоляцією.

# НУБІП України

Однак, для того, щоб дерев'яний будинок був теплим, товщина зовнішніх стін з суцільної деревини повинна становити більше 40 см, з клеєного бруса 35-40 см, а з оциліндрованих колод більше 50 см. Вартість

# НУБІП України

будівництва такого житла дуже висока. Залишається, або ігнорувати сучасні вимоги і будувати будинок, наприклад, з бруса товщиною мінімум 20-22 см

# НУБІП України

або з колод діаметром 24-28 см (при цьому розуміти, що витрати на опалення будуть досить високими, особливо якщо в будинку немає магістрального газу), або стіни дерев'яного будинку все ж доведеться додатково утеплювати.

Людам, які на перше місце ставлять комфорт і доцільність, краще подумати про утеплення дерев'яного будинку. Тоді дерево створить в будинку

# НУБІП України

оптимальний мікроклімат, а утеплення забезпечить економію на опаленні. У порівнянні з цеглою тепловтрати дерев'яного будинку значно менше. Але все

ж, для того, щоб теплий будинок з дерева був ще й економічним, йому потрібна додаткова теплоізоляція.

**Будинки з каркаса.** За своїми характеристиками каркасна технологія будівництва виглядає набагато краще цегельного або дерев'яного будинку і не

# НУБІП України

# НУБІП України

вимагає додаткового утеплення. Якщо в зоні клімату, де планується будівництво замиського будинку, взимку бувають низькі температури, то каркасна технологія є самим ідеальним варіантом.

# НУБІП України

Технологія каркасного домобудівництва на увазі шар термоізоляції всередині стін, який дозволяє захистити приміщення від зовнішнього холоду. Великим плюсом споруди каркасного будинку, в порівнянні з дерев'яним або цегляним, є висока енергоефективність при дуже невеликій товщині стін.

Дана технологія дозволяє зводити абсолютно різні за своїм функціональним призначенням об'єкти:

# НУБІП України

Каркасні будинки для сезонного проживання. Наприклад, каркасно-щитові, будинки з СИП-панелей та інші «економ» варіанти, які використовуються, в основному, як літні дачі.

Теплі каркасні будинки для постійного проживання. Наприклад, будівлі на монолітному фундаменті, з утепленням стін не менше 200 мм, з внутрішніми інженерними комунікаціями.

# НУБІП України

У каркасно-щитових будинках і будинках з СИП-панелей для підтримки тепла потрібно постійно працює обігрівач, оскільки тепло в такому будинку не затримується надовго. Хоча прогривається дана будова досить швидко, всього за кілька годин. Такі будинки більше підходять для тимчасового проживання.

# НУБІП України

Якісний каркасний будинок для постійного проживання, за рахунок своєї багатошаровості і інших конструкційних особливостей, дозволяє мінімізувати втрати тепла, не залишаючи відчуття вологості приміщення в холодну пору року. Таке житло не вимагає постійного підігріву і може довго зберігати внутрішнє тепло.

# НУБІП України

Особливо високими параметрами енергоефективності мають будівлі, побудовані за технологією 3D каркас, стіни якого мають три зміщені між собою шару утеплення загальною товщиною 250 мм, які перекривають дерев'яні елементи каркаса, ліквідуючи в стінах «містки холоду». Крім того,

# НУБІП України

# НУБІП України

зовнішнім шаром утеплювача закрити цокольне і міжповерхове перекриття, тому в будинку навіть у люті морози завжди теплі підлоги.

## 2.4. Теплопровідність бруса

Щоб обчислити фактичне термічний опір стіни, виконаної з відомого матеріалу, досить знати теплопровідність матеріалу і його товщину. Залежність між величинами проста і зрозуміла: термічний опір одно відношенню товщини до теплопровідності.

Уточнимо: при багатошаровій структурі огорожувальної конструкції опір розраховується для кожного шару; результати сумуються.

Для початку порівняємо суху деревину з іншими будівельними матеріалами. Ось порівняльна таблиця теплопровідності бруса, цегли, керамзитобетону, перліту і мінеральної вати.

Матеріал	Теплопровідність, Вт / м * С
Деревина	0,09-0,18
Мінеральна вата (класні плити)	0,04
Перліт	0,1
Керамзитобетон	0,73
Цегла	1,1

Проте фактична теплопровідність деревини визначається рядом додаткових факторів, які ми торкнемося трохи пізніше. Ось ще одна таблиця теплопровідності - класного бруса, бруса природної вологості і так званого термобруса (профільованого пиломатеріалу камерної сушки з вкесним шаром пінополістиролу):

Тип бруса	Теплопровідність, Вт / м * С
Класний	0,1
Природної вологості	0,18
Термобрус	0,07
Фактори	

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

А тепер давайте розберемося, за рахунок чого коефіцієнт теплопровідності клеєного бруса нижче, ніж у пиломатеріалу природної вологості.

Які фактори впливають на цю властивість деревини?

- Порода дерева. Різні породи деревини сильно розрізняються щільністю; між тим збільшення щільності завжди призводить до погіршення теплоізолюючих якостей. Згадайте: всі без винятку утеплювачі характеризуються пористою структурою; саме бульбашки повітря і осередки, що перешкоджають його природній конвекції, заважають теплообміну.

Приклад: теплопровідність сухої сосни -  $0,1 \text{ Вт / м} \cdot \text{С}$ , а сухого дуба -  $0,15$ .

При цьому ціна сосни як мінімум втричі нижче, що, власне, і робить її такою привабливою в якості будівельного матеріалу.

- Вологість. Теплопровідність клеєного бруса нижче, ніж у бруса природної вологості, ще й тому, що ламелі, з яких набирається цей матеріал, проходять камерну сушку. Вода збільшує середню щільність матеріалу, що сприяє поліпшенню теплопереносу.

Різноманітні ґрунтуючі просочення глибокого проникнення. Якщо лаки лише утворюють тонку плівку на поверхні, то просочення можуть проникати в структуру деревини на 3-5 сантиметрів і знову-таки ущільнювати її, сприяючи передачі тепла. Втім, деяке падіння теплоізоляційних якостей окупиться збільшеним терміном служби зрубу.

Чому термобрус обганяє клеєний по теплоізоляційних якостях?

Очевидно, через прошарку матеріалу з куди більш низькою, ніж у дерева, теплопровідністю: фактично, він являє собою тришарову структуру з різними коефіцієнтами теплопровідності для кожного шару.

Приклади розрахунків

Тепер давайте закріпимо наші знання, виконавши своїми руками кілька розрахункових завдань для різної товщини дерев'яних стін і різних матеріалів.

Брус природної вологості, перетин 150 мм, Крим

# НУБІП УКРАЇНИ



# НУБІП України

Нормоване термічний опір стін для Криму становить  $2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$  Тим часом теплопровідність для пиломатеріалів природної вологості, як ми з'ясували вище, дорівнює приблизно  $0,18 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{С}$ . Теплоопір розраховується, як ми пам'ятаємо, як відношення товщини до теплопровідності.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## 3. АРХИТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ

### Вихідні дані проекту ресторану «Маячок»

# НУБІП України

## Умови району будівництва ресторану

Проект розроблений для будівництва в м.Київ. Рельєф майданчика будівництва ресторану спокійний, різких перепадів висот немає.

# НУБІП України

Згідно ДБН В.1.2-2:2006 майданчик будівництва відноситься до I Північно-західного району будівельно-кліматичного районування, для якого прийняті такі природньо-кліматичні дані м. Київ:

*температура зовнішнього повітря:*

– розрахункова зимова  $-29^{\circ}\text{C}$ ;

– розрахункова літня  $+27^{\circ}\text{C}$ ;

глибина промерзання ґрунту становить 0,08-0,1м;

снігове навантаження (ДБН В.1.2-2:2006) - 1550Па;

вітрове навантаження (ДБН В.1.2-2:2006) - 370Па;

середня швидкість вітру:

– у січні – 3,2 м/с;

– у липні – 2,7 м/с;

сейсмічність становить < 6 балів

# НУБІП України

свердловинах глибиною 7м ґрунтових вод не виявлено. Територія потенційно не підтоплювала.

# НУБІП України

## 3.1. Об'ємно - планувальне рішення

Зароектована будівля ресторану «Маячок» має просту форму в плані.

Розміри в осях становлять «П-Д» - 16,5м, в осях «1-10» - 25,78м..

# НУБІП України

# НУБІП України

Висота 1-го поверху – 3,02м, висота 2-го поверху – 6,4м. Загальна висота будівлі – 10,98м.

Крок дерев'яних колон першого поверху – 3,8м та 4,28м.

Крок дерев'яних колон другого поверху – 3,6м та 4,2м.

# НУБІП України

Будівля ресторану має один головний вхід у вестибюлі – з південного боку будівлі, два додаткові входи в будівлю через терасу. Також два входи з основної будівлі. Основний вхід в будівлю розташований з боку головного фасаду.

# НУБІП України

У зв'язку зі своїм функціональним призначенням, окрім загальноприйнятого набору стандартних приміщень для місця громадського харчування, ресторан має в своєму складі спеціальні і підсобні приміщення.

На першому поверсі будівлі головної прибудови знаходиться тамбур з гардеробом верхнього одягу, з виходом в загальний зал.

# НУБІП України

У будівлі передбачені санітарні вузли для різних вікових груп і персоналу.

На другому поверсі крім учбових приміщень передбачено: приміщення праці і моделювання, зал для глядачів, естрада, артистична і кіноапаратна.

# НУБІП України

У підвальному приміщенні розташовані, електрощитова, приміщення персоналу, складські приміщення, підсобні приміщення, вузол введення, ІТП, венткамера, прохідний канал і коридор.

### **3.2. Архітектурно-конструктивне рішення**

# НУБІП України

Запропоноване конструктивне вирішення будівлі ресторану є збірний дерев'яний каркас. Огороджуючі несучі конструкції зовнішніх стін виконуються з клеєного стінового бруса.

# НУБІП України

У якості конструкції покриття спортивного залу прольотом 9м пропонуються полегшені крупнопустотні панелі розміром 1,5×6 м. Для їх опирання передбачені збірні залізобетонні крокв'яні балки по колонах,

# НУБІП України

встановлених з кроком 6м. Міжповерхове і горишне перекриття прийняті з монолітного залізобетону.

Просторова жорсткість будівлі забезпечується горизонтальними та вертикальними в'язями

# НУБІП України

**Фундаменти** запроектовані: збірними стрічкового типу. Глибина закладання фундаментів **2000**мм, відмітка підлоги - **-2,200**.

**Стіни підвалу** утворені цокольними залізобетонними блоками, які опираються на фундаментні стрічки. Вертикальна гідроізоляція стін підвалу – оклеючна евроруберойд. Горизонтальна гідроізоляція по обрізу цокольної панелі – два шару евроруберойду.

# НУБІП України

**Каркас будівлі** виконаний з дерев'яного клеєного бруса, колон січенням 165x165мм. Перекриття – дерев'яні балки. Товщина перекриття - 160 мм. Висота балок - 200 мм.

# НУБІП України

**Огороджуюча конструкція зовнішніх стін** - самонесучі, з легкобетонних блоків завтовшки 400 мм із зовнішнім утеплювачем з мінераловатних плит підвищеної жорсткості на синтетичному в'язучому (ГОСТ 9573-96).

**Сходи:** прийняті збірні залізобетонні марші і майданчики. Марші прийняті із сходами під накладні проступи. Елементи сходів з'єднуються між собою за допомогою закладних деталей. Шви закладаються цементно-піщаним розчином. Сходові клітки забезпечуються денним освітленням.

# НУБІП України

Перемички збірні залізобетонні серії 1.038.1-1.

**Вікна і двері** прийняті металопластикові з однокамерним склопакетом по індивідуальним розмірам. Верх вікон максимально наближений до стелі, що забезпечує кращу освітленість в глибині кімнати. Для забезпечення швидкої евакуації всі двері відкриваються назовні по напрямку руху на вулицю, виходячи з умов евакуації людей з будівлі при пожежі.

# НУБІП України

**Підлоги** в громадських будівлях повинні задовольняти вимогам міцності, опору зносу, достатньої еластичності, безшумності, зручності прибирання. Конструкція підлоги розглянута як звукоізолююча здатність

# НУБІП України

# НУБІП України

перекриття плюс звукоізоляція конструкції підлоги. Склад підлоги і товщина шарів вказані в експлікації підлог.

**Дах і покрівля.** Проектом прийнятий двоскатний крокв'яний дах.

Несучою конструкцією є дерев'яні похилі крокви. Кроквяні ноги, з дерев'яних антисептованих дошок перерізом 60x200мм, нижнім кінцем спираються на мауерлат перерізом 180x180мм. Мауерлат укладається по поздовжніх несучих стінах будівлі і ізолюється від блоків шаром толю. Верхній кінець крокв'яних

ніг спирається на коньковий прогін і підтримується системою стійок і підкосів з дерев'яних дошок перерізом 150x150 мм. Дерев'яні елементи кроквяної

конструкції з'єднуються між собою за допомогою врубок і скоб. Покрівля виконана з пазової металочерепиці, що укладається по обрешітці з дерев'яних брусків перерізом 32x100 мм з кроком 350 мм.

**Відмостка.** Для відведення поверхневих вод навколо будівлі виконується асфальтобетонна відмостка шириною 1м з ухилом від будівлі 2%.

Відмостка виконується по ущільненому ґрунту і щебеневій основі товщиною 100мм.

**Зовнішнє оздоблення.** Оздоблення фасаду – шліфовка стін з подальшим фарбуванням атмосферостійкими фарбами. Цокольна частина вимосчена з декоративного каменю. Віконні і дверні блоки покривають олійними фарбами або емалями теплих тонів.

**Внутрішнє оздоблення:** стіни шліфуються і покриваються декоративно захисним маслом.. Стелі біляться вапном.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## 4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1. Розрахунок дерев'яної ферми

НУБІП України

Зімкнуте склепіння з поставлених радіально по круту плоских тришарнірних арок, що упираються верхніми кінцями у верхнє кільце, а нижніми – що спираються на нижнє кільце, укладене на стіни. По верху арок укладають покриття у вигляді прогонів з настилом.

НУБІП України

Плоскі арки виконані клеєними однакового перерізу по довжині. Для забезпечення стійкості арок в горизонтальній і вертикальній площинах, а також для загальної жорсткості покриття вони зв'язуються між собою скатними і вертикальними зв'язками.

НУБІП України

Передбачено жорстке верхнє стиснуте кільце. Діаметр кільця обраний, виходячи з умови розміщення напіварок, що опираються на нього, і кріплення їх у вузлах. Кільце розкріплюється внутрішніми розпірками. Верхнє кільце прийняте сталеве багатокутне з прокатних профілів, нижнє залізобетонне, з попередньо напруженою арматурою.

НУБІП України

Оскільки відстань між ребрами по зовнішньому кільцю більше 4м прийнята багатокутна форма кільця з тим, що спирається арок в кутах.

НУБІП України

Приміщення школи, над яким проектується зімкнуте зведення, має форму восьмикутника. Діаметр описаного кола  $D_n=24,2\text{м}$ , діаметр вписаного кола  $D_v=8,4\text{м}$ . Конструкції покриття - металочерепиця. Утеплювач з мінераловатних плит M25 (Rockwool) завтовшки 160 мм, з щільністю  $\rho=40\text{кг/м}^3$ . Матеріал ребер склепіння – соснові дошки другого сорту з вологістю до 12%.

НУБІП України

### Вибір конструктивної схеми покриття

НУБІП України

Ребра купола проектують дощатими клеєними, симетрично армованими сталеву арматурою. Панелі гіпсокартонні. Приймають

# НУБІП України

трапециватої форми шириною 150 см з укладанням на ребра купола. Нижнє кільце розпору проектують залізобетонним монолітним, а верхнє - сталевим зі швелера.

Кожна пара ребер купола утворює трьохшарнірну арку (рис. 4.1.).

Відстань між арками по нижньому кільці визначається за формулою:

$$B = \frac{\pi \cdot D_n}{n}$$

де  $n=8$  – кількість сторін багатокутника.

$$B = \frac{3,14 \cdot 24,2}{8} \approx 9,5 \text{ м} \leq 10 \text{ м}.$$

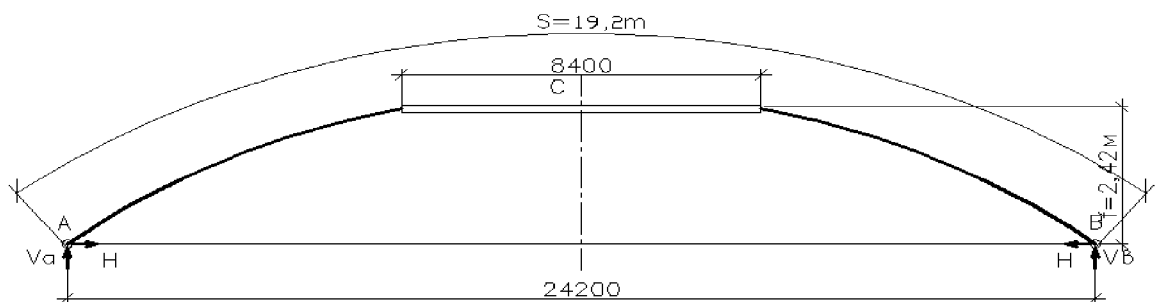


Рис. 4.1. Геометрична схема арки

Знаходять стрілу підйому арки:

$$f = \frac{D_n}{10} = \frac{24,2}{10} = 2,42 \text{ м}.$$

Визначають радіус кривини арки за формулою:

$$R = \frac{D_n^2}{8 \cdot f} + \frac{f}{2} = \frac{24,2^2}{8 \cdot 2,42} + \frac{2,42}{2} = 31,46 \text{ м}.$$

Знаходять центральний кут:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{D_n}{2 \cdot R}$$

# НУБІП України

# НУБІП України

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{24,2}{2 \cdot 31,46} = 0,38 \quad \varphi = 35^\circ$$

Довжина дуги арки:

$$S = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \varphi}{360^\circ}$$
$$s = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 31,46 \cdot 35^\circ}{360} = 19,2 \text{ м}$$

## Статичний розрахунок арки склепіння

Навантаження:  
Склад зімкнутого склепіння:

Гіпсокартонна панель –  $10,5 \text{ кг/м}^2 \times 0,95 = 9,97 \text{ кг/м}^2$ ;

Обрешітка (брусок  $50 \times 50 \text{ мм}$ ) –  $9,2 \text{ кг/м}^2 \times 0,95 = 8,74 \text{ кг/м}^2$ ;

Пароізоляція –  $0,3 \text{ кг/м}^2 \times 0,95 = 0,28 \text{ кг/м}^2$ ;

Мінеральна плита (Rockwool) –  $6,4 \text{ кг/м}^2 \times 0,95 = 6,08 \text{ кг/м}^2$ ;

Обрешітка (дошка завтовшки  $25 \text{ мм}$ ) –  $12,5 \text{ кг/м}^2 \times 0,95 = 11,88 \text{ кг/м}^2$ ;

Шар руберойду –  $3 \text{ кг/м}^2 \times 0,95 = 2,85 \text{ кг/м}^2$ ;

Металочерепиця –  $15,6 \text{ кг/м}^2 \times 0,95 = 14,82 \text{ кг/м}^2$ .

Нормативне і розрахункове навантаження приведені в таблиці 2.1.

НУБІП України

Таблиця 4.1.

## Нормативні і розрахункові навантаження на $1 \text{ м}^2$ покриття

Навантаження	Нормативне навантаження, $\text{кН/м}^2$	Коефіцієнт надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження $\text{кН/м}^2$
Постійне: Гіпсокартонна панель $\delta \geq 15 \text{ мм}$ ( $\gamma = 700 \text{ кг/м}^3$ )	0,0997	1,1	0,1097
Обрешітка- брус $50 \times 50 \text{ мм}$ (сосна)	0,0874	1,1	0,0961
Пароізоляція $\delta = 5 \text{ мм}$ ( $\gamma = 60 \text{ кг/м}^3$ )	0,0028	1,2	0,0035
утеплювач – мінеральна плита $\delta \geq 160 \text{ мм}$ ( $\gamma = 40 \text{ кг/м}^3$ )	0,0608	1,2	0,0729

НУБІП України



Обрешітка – дошка завтовшки 25мм (Сосна $\gamma=500$ кг/м <sup>3</sup> )	0,1180	1,1	0,1298
Руберойд $\delta=5$ мм ( $\gamma=600$ кг/м <sup>3</sup> ) $\delta\gamma$	0,0285	1,3	0,0370
Металочерепиця $\delta=6$ мм ( $\gamma=2600$ кг/м <sup>3</sup> ) $\gamma$	0,1420	1,05	0,1491
Разом постійне.	0,54		0,59
Тимчасове (снігове)	1,8	1,2	2,16
РАЗОМ (постійне і тимчасове):	2,34		2,76

Власну вагу арки знайдемо за формулою:

$$g_{c.m.} = \frac{g'' + p''}{1000} \cdot k_{н.л} \cdot l$$

де  $g''$ ,  $p''$  – нормативні постійне і тимчасове навантаження (без врахування власної ваги елемента, що розраховується);

$k_{н.л}$  – коефіцієнт власної ваги конструкції;

$l$  – проліт конструкції м.

Снігове навантаження розподілене по всьому прольоту арки, оскільки

$$\varphi(2) = 17^\circ < 50^\circ$$

Підставляють значення у формулу:

$$g'' = 0,54 \text{ кН/м}^2;$$

$$p'' = 1,8 \text{ кН/м}^2; \quad k_{н.л} = 1,5; \quad l = 24,2 \text{ м.}$$

Отримують:

$$g_{c.m.} = \frac{0,54 + 1,8}{1000} = 1,36 \text{ кН/м}^2$$

Для постійного навантаження:  $g = (g_{c.m.} + g_0 B) S / D$

Для снігового:  $p = p_0 n s B$

де  $g_{c.m.}$  – власна маса арки;

$g_0$  – маса 1м<sup>2</sup> покриття;

$B$  – відстань між осями арок по нижньому кільцю;

$S$  – довжина дуги арки;

# НУБІП України

$P_0, n, z$  – приймаються за будівельними нормами.

$$g_{н.с.} = 1,36 \text{ кН/м}^2;$$

$$g_0 = 0,6 \text{ кН/м}^2;$$

$$B = 9,5 \text{ м};$$

$$S = 19,2 \text{ м};$$

$$p_c = p_{0,н.с.} = 2,52 \text{ кН/м}^2.$$

Отримують:

$$g = (1,36 + 0,6) \times 9,5 \times 19,2 / 24,2 = 5,6 \text{ кН/м};$$

$$p = 2,52 \times 9,5 = 23,94 \text{ кН/м}.$$

# НУБІП України

**Зусилля.**

Розрахункові зусилля визначають при завантаженні арки постійним навантаженням по всьому прольоту і снігове – на половині прольоту (рис. 2.2).

У перерізі на відстані  $0,2 D_n$  від опори:

$$M_2 = 0,005 \times 5,6 \times 24,2^2 + 0,0105 \times 23,94 \times 24,2^2 = 163,61 \text{ кНм}.$$

Реакції в опорному шарнірі:

Від постійного навантаження:

$$V_A = V_B = 5,6 \times 12,1 / 2 = 33,88 \text{ кНм}$$

$$H = 5,6 \times 24,22 / (24 \times 2,42) = 56,46 \text{ кН}.$$

Від снігового навантаження  $p$  по всьому прольоту:

$$V_A = V_B = 23,94 \times 12,1 / 2 = 144,84 \text{ кНм}$$

$$H = 23,94 \times 24,22 / (24 \times 2,42) = 241,39 \text{ кН}.$$

При повному завантаженні постійним і сніговим навантаженнями:

$$V_A = V_B = 33,88 + 144,84 = 178,72 \text{ кНм}$$

$$H = 56,46 + 241,39 = 297,85 \text{ кН}.$$

При повному завантаженні постійним і сніговим навантаженнями на лівій половині:

$$V_A = 33,88 + (5 \times 23,94 \times 24,2) / 24 = 154,58 \text{ кНм}$$

$$V_B = 33,88 + (23,94 \times 24,2) / 8 = 106,3 \text{ кНм}$$

$$H = 33,88 + (23,94 \times 24,22) / (48 \times 2,42) = 154,58 \text{ кН}.$$

# НУБІП України

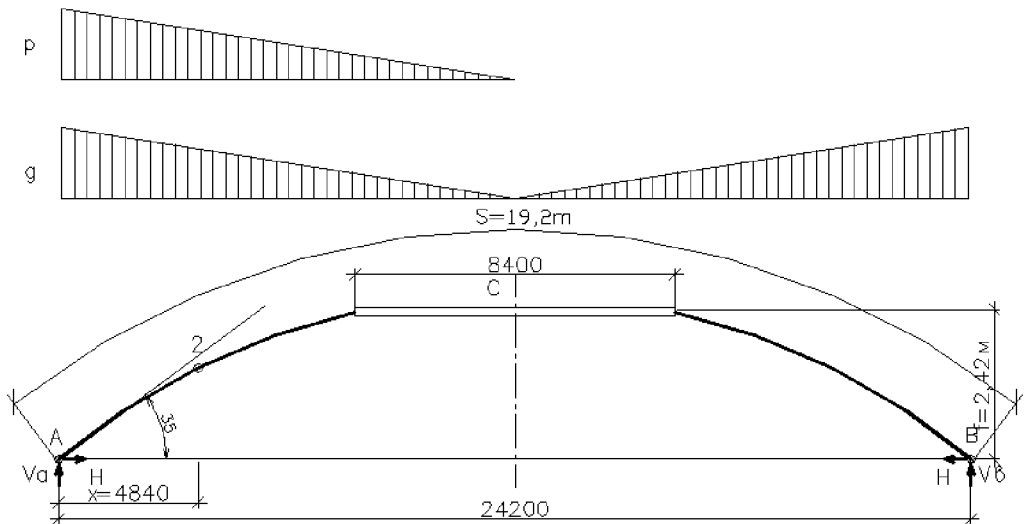


Рис. 4.2. Розрахункова схема арки

Розрахункові нормальна і поперечна сили в перерізі  $\theta$  на опори при повному завантаженні арки по формулах

$$N_n = Q_0 \sin \varphi_n + H \cos \varphi_n,$$

$$Q_n = Q_0 \cos \varphi_n - H \sin \varphi_n,$$

де  $Q_0$  – поперечна сила на відстані  $x$  від лівої опори, визначасмо  $x_n$  як для балки на двох опорах прольотом  $l$ ;

$H$  – розпір арки;

$\varphi_n$  – кут нахилу дотичної в точці  $n$  до горизонту.

$$x = 0, \quad y = 0, \quad \varphi_0 = \varphi/2 = 17,5^\circ, \quad \sin \varphi_0 = 0,3, \quad \cos \varphi_0 = 0,95,$$

$$N_0 = 154,58 \times 0,3 + 154,58 \times 0,95 = 193,22 \text{ кН},$$

$$Q_0 = 154,58 \times 0,95 - 154,58 \times 0,3 = 100,48 \text{ кН}$$

Розрахункова сила в перерізі 2 з найбільшим згинальним моментом:

$$x = 4,84 \text{ м}, \quad y = 0,665 \times f = 1,6, \quad \varphi_2 = 10^\circ, \quad \sin \varphi_2 = 0,17, \quad \cos \varphi_2 = 0,98.$$

Поперечна сила при постійному навантаженні по всьому прольоту і сніговому зліва:

$$Q_{2\delta} = V_A - \frac{(g+p) + (g+p) \cdot 0,6}{2} \cdot x$$

$$Q_{2\delta} = 154,58 - \frac{(5,6 + 23,94) + (5,6 + 23,94) \cdot 0,6}{2} \cdot 4,84 = 40,2 \text{ кН},$$

# НУБІП України

За формулою знайдемо:

$$N_2 = 40,2 \times 0,17 + 154,58 \times 0,98 = 158,28 \text{ кН.}$$

## Конструктивний розрахунок арки

# НУБІП України

Переріз арки приймаємо класним прямокутним (рис. 4.3) заввишки:

$$h = D_w / 70 = 39 \text{ см.}$$

# НУ іні

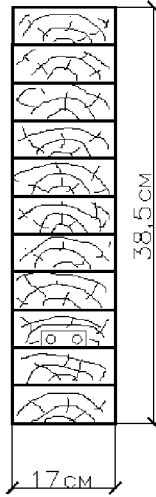


Рис. 4.3. Переріз арки

# НУ ВІП України

Комплектуємо переріз з 11 дошок завтовшки 35 мм. Висота перерізу  $h$

$= 3,5 \times 11 = 38,5 \text{ см}$ ; ширина перерізу  $b = 17 \text{ см}$ ;  $h/b = 38,5/17 = 2,26 < 5$ . Площа перерізу  $F = 17 \times 38,5 = 654,5 \text{ см}^2$ . (Сніп II-25-80U).

# НУБІП України

Переріз арки армуємо симетрично арматурою періодичного профілю по два стержні  $d = 25 \text{ мм}$  (з умови розміщення по ширині) класу А240 з кожного боку з  $F_a = 4,91 \times 4 = 19,64 \text{ см}^2$ .

Відсоток армування:

$$\mu = 19,64 \times 100 / 654,5 = 3\%;$$

# НУБІП України

Зведена до деревини площа перерізу по формулі:

$$F_{sp} = bh(1 + n\mu),$$

де  $b, h$  – ширина і висота поперечного перерізу балки;

$n$  – відношення модулів пружності сталеві арматури і деревини;

$\mu$  – коефіцієнт армування перерізу.

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

$$F_{np} = 654,5 \cdot (1 + 21 \cdot 0,03) = 1066,83 \text{ см}^2.$$

Зведений момент інерції знайдемо за формулою:

$$I_x^{np} = \frac{bh^3}{12} (1 + 3n\mu)$$

$$I_x^{np} = \frac{17 \cdot 38,5^3}{12} (1 + 3 \cdot 21 \cdot 0,03) = 233640,3 \text{ см}^4;$$

$$W_x^{np} = \frac{233640,3 \cdot 2}{38,5} = 12137,2 \text{ см}^3.$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Гнучкість арки в площині згину при сніговому навантаженні на половині прольоту визначають за формулою:

$$\lambda_x = \frac{0,5 \cdot S}{\sqrt{I_x^{np} / F_{np}}}$$

$$\lambda_x = \frac{0,5 \cdot 1920}{\sqrt{233640,3 / 1066,83}} = 65.$$

Визначають коефіцієнт (дійсний в межах від 1 до 0), що враховує додатковий момент від поздовжньої сили при деформації елемента:

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 \cdot N_2}{3000 \cdot F_{np} \cdot R_c},$$

$$\xi = 1 - \frac{65^2 \cdot 158,28}{3000 \cdot 1066,83 \cdot 1,3} = 0,85.$$

Напруження знайдемо по формулі:

$$\sigma = \frac{N_2}{F_{np}} + \frac{M_2 R_c}{\xi \cdot W_x^{np} \cdot R_u},$$

$$\sigma = \frac{158,28}{1066,83} + \frac{16361 \cdot 1,3}{0,85 \cdot 12137,2 \cdot 1,5} = 1,23 \text{ кН/см}^2 < R_c = 1,3 \text{ кН/см}^2.$$

При цьому коефіцієнт  $m_{zn}$  для гнутих елементів дерев'яних конструкцій

не враховується оскільки:  $m_{zn} = 1$  при  $R/a = 3146/3,5 = 890 > 500$ .

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

Для забезпечення стійкості арки в площині, перпендикулярній площині арки, закріплюють до неї панелі шириною 150см і ставимо скатні зв'язки через 400см. У цих же вузлах ставимо вертикальні зв'язки.

Довжина дуги напіварки складас:  $S=16\text{м}$ , кількість зв'язків арки - 4.

$$L_0 = S/4 = 400\text{см.}$$

Необхідна перевірка стійкості плоскої форми згину. Снігове навантаження, розташоване з одного боку арки, викликає згинальний момент  $M_2$  того ж знаку, що і постійне навантаження, а з протилежного боку – протилежного знаку, але по величині менше, ніж від постійного навантаження.

Таким чином, стиснутий контур розташована по верху всієї арки.

За формулою визначають:

$$\frac{N_2}{F_{np} \cdot \varphi_y \cdot R_c} + \left( \frac{M_2}{W_x^{np} \cdot \varphi_{б.у.} \cdot R_u} \right) \leq 1,$$

де  $\varphi_y$  – коефіцієнт поздовжнього вигину поясу, який визначають по розрахунковій довжині з площини поясу:

$$I_y^{np} = \frac{b^3 h}{12} + 2F_{1a} \cdot \frac{E_y}{E_0} \cdot x^2 \cdot 2,$$

$$I_y^{np} = \frac{17^3 \cdot 38,5}{12} + 2 \cdot 9,82 \cdot 21 \cdot 4,8^2 \cdot 2 = 25265,12\text{см}^4,$$

$$r_y = \sqrt{\frac{25265,12}{1066,83}} = 4,9\text{см},$$

$$\lambda_y = \frac{400}{4,9} = 81,6;$$

$$\lambda_y > 70,$$

$$\varphi_y = \frac{3000}{(\lambda_y)^2} = \frac{3000}{81,6^2} = 0,45,$$

$\varphi_{б.у.}$  – коефіцієнт пружної стійкості:

$$\varphi_{б.у.} = \kappa \times b^2 / h \times l_0 = 140 \times 17^2 / (38,5 \times 400) = 2,6,$$

$$\kappa = 140.$$

Значення підставимо у формулу.

# НУБІП України

# НУБІП України

$$\frac{158,28}{1066,83 \cdot 0,45 \cdot 1,3} + \frac{163,61}{12137,2 \cdot 2,6 \cdot 1,5} = 0,3 \leq 1.$$

Перевіряємо переріз арки на опорі на сколювання по клейовому шву :

# НУБІП України

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I_{np} \cdot b_{расч}} \leq R_{ск};$$

де  $S = \frac{17 \cdot 38,5^2}{8} = 3149,8 \text{ см}^3$  - статичний момент;

$b_{расч} = k \times b$  – розрахункова ширина перерізу;

$k = 0,6$  при визначенні по клейовому шву;

$R_{ск}$  – розрахунковий опір сколюванню.

# НУБІП України

$$\tau = \frac{100,48 \cdot 3149,8}{233640,3 \cdot 0,85 \cdot 0,6 \cdot 17} = 0,14 \text{ кН / см}^2 \leq R_{ск} = 0,15 \text{ кН / см}^2;$$

Вузли опирання арок на кільця приймають із сталевими башмаками і

валиковими шарнірами.

# НУБІП України

Сталеві башмаки верхнього вузла арок кріпляться до сталевого кільця за допомогою зварних швів.

Висоту сталевого башмака приймаємо  $h_b = 8 \text{ см}$ . Сталеві башмаки

кріпляться до арки десятьма болтами  $d = 27 \text{ мм}$ .

Несуча здатність одного двозрізного болта:

# НУБІП України

$$T_u = 1,8 \cdot d^2 \cdot n_{ср} \cdot \sqrt{K_a},$$

$$T_u = 1,8 \cdot 2,7^2 \cdot 2 \cdot \sqrt{0,95} = 25,5 \text{ кН},$$

Сила зминання деревини

# НУБІП України

$$T_c = 0,5 \cdot c \cdot d \cdot k_a,$$

$$T_c = 0,5 \cdot 32,4 \cdot 2,7 \cdot 0,95 = 41,55 \text{ кН},$$

де  $k_a = 0,95$  – по інтерполяції з табл. 30 [9] при  $tg \alpha = 0,248$ .

Валик шарніра розраховуємо як двоконсольну балку:

# НУБІП України

$$M = \frac{N_0}{2} \cdot 1,5 = \frac{193,22}{2} \cdot 1,5 = 144,92 \text{ кНсм},$$

# НУБІП України

$$W = M/R = 144,92/21 = 6,9 \text{ см}^3$$

$$d = \sqrt[3]{6,9/0,1} = 4,1 \text{ см},$$

Приймають  $d = 4,5 \text{ см}$ .

# НУБІП України

З умови різьби валика:

$$T_{\text{сп}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot R_{\text{сп}} \cdot n_{\text{сп}} = \frac{3,14 \cdot 4,5^2}{4} \cdot 15 \cdot 2 = 500 \text{ кН} \geq N_0 = 193,22 \text{ кН},$$

З умови зім'яття башмака:

$$T_{\text{см}} = \delta \cdot R_{\text{см}} \cdot d \cdot n = 1,2 \cdot 4,5 \cdot 38 \cdot 2 = 410 \text{ кН} \geq N_0$$

# НУБІП України

Верхнє кільце виконують багатокутним.

$$D_{\text{в}} = 8,4 \text{ м}$$

Перевіряють сталеве кільце на стійкість за формулою:

$$N_{\text{кр}} = \left( \frac{4\pi}{m} \right)^2 \frac{E \cdot I_k}{a^2} \geq N = \frac{H}{2 \cos \alpha}$$

# НУБІП України

де  $m = 8$  — число сторін правильного багатокутника (рис. 4.6);

$a = 320 \text{ см}$  — довжина сторони багатокутника (рис. 4.6);

$I_k$  — момент інерції перетину кільця щодо вертикальної осі;

$H$  — розпір арки;

$\alpha$  — половина внутрішнього кута між сторонами багатокутника.

# НУБІП України

$$\alpha = (180 - \nu)/2$$

$\beta = 360/8 = 45^\circ$  — центральний кут сектора

$$\alpha = (180 - 45)/2 = 67^\circ, \cos \alpha = 0,38.$$

Підставивши значення у формулу знайдуть момент інерції кільця:

$$N_{\text{кр}} = \left( \frac{4 \cdot 3,14}{8} \right)^2 \frac{2,1 \cdot 10^4 \cdot I_k}{320^2} \geq \frac{154,58}{2 \cdot 0,38}$$

# НУБІП України

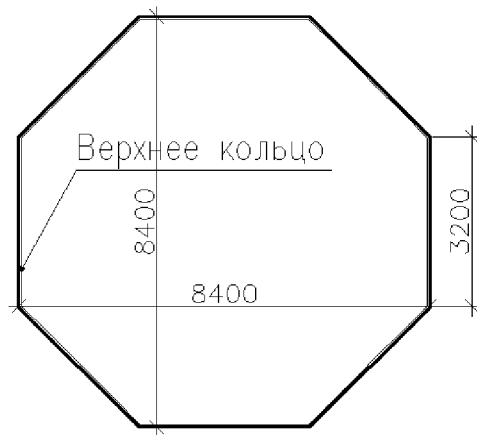
Звідси  $I_k = 126 \text{ см}^4$ .

# НУБІП України



НУБІП України

НУБ



ИИ

Рис. 4.4. Схема верхнього кільця конструкції покриття школи

НУБІП України

По сортаменту (ГОСТ 8240-72U) приймають швелер №22 з  $I_x = 151 \text{ см}^4$ .

Розраховуємо стик арки. Повна довжина напіварки складає (за вирахуванням радіусу верхнього кільця) біля 16м, а висота від верхньої грані до хорди, проведеної між виступаючими частинами башмаків, складає допустимий габарит конструкції, що перевозяться транспортом. У зв'язку з цим напіварки проектуємо з однієї частини без стику.

НУБІП України

#### 4.2. Розрахунок багатопустотної плити

##### Розрахунок за першою групою граничних станів

НУБІП України

Розрахунковий проліт плити складає  $l_0 = l_n - b - l = 2 \text{ см}$ ,  $l_0 = 5,6 \text{ м}$  (рис. 2.5). Підрахунок навантажень на  $1 \text{ м}^2$  перекриття приведений в таблиці 4.2.

Розрахункове навантаження на 1 п. м. плити при ширині плити 1,5 м:

$$\text{постійне } q = 3,98 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 6,6 \text{ кН/м};$$

$$\text{повне } p = 7,64 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 11,46 \text{ кН/м}.$$

Зусилля від розрахункових і нормативних навантажень:

$$M = \frac{q \cdot l_0^2}{8} = \frac{11,46 \cdot 5,6^2}{8} = 45 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$Q = \frac{q \cdot l_0}{2} = \frac{11,46 \cdot 5,6}{2} = 32 \text{ кН}.$$

НУБІП України

# НУБІП України

Розміри перерізу плити:

Висота перерізу багатопустотної попередньо напруженої плити  $h = 220$  мм

(прийнята до розрахунку плита по ГОСТ 9561—91); робоча висота перерізу —

$h_p = 0,9 \times d = 0,9 \times 160 = 144$  мм. Розміри:

# НУБІП України

— товщина верхньої і нижньої полиць  $h'_f = \frac{h - 0,9d}{2} = 38$  мм;

— ширина середніх ребер — 45 мм; крайніх — 38,5 мм;

— розрахункова ширина ребра  $b = 1460 - 1447 = 452$  мм.

# НУБІП України

Таблиця 4.2.  
Нормативні і розрахункові навантаження на  $1 \text{ м}^2$  перекриття

Навантаження	Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження кН/м <sup>2</sup>
Постійне: власна вага багатопустотної плити з круглими порожнинами (приведена товщина бетону $\delta = 16$ мм при $\gamma = 2500$ кг/м <sup>3</sup> ) $\delta\gamma$	3,0	1,1	3,3
цементно-піщане стягування $\delta = 50$ мм ( $\gamma = 1800$ кг/м <sup>3</sup> ) $\delta\gamma$	0,85	1,1	0,93
утеплювач - пенополістерол $\delta = 150$ мм ( $\gamma = 40$ кг/м <sup>3</sup> ) $\delta\gamma$	0,06	1,2	0,07
Пароізоляція – 2 шаруючи $\delta = 10$ мм ( $\gamma = 800$ кг/м <sup>3</sup> ) $\delta\gamma$	0,08	1,2	0,09
Разом:	4,0		4,4
Тимчасова, в т. ч.:			
тривала	2,7	1,2	3,24
короткочасна	1,8	1,2	2,16
	0,9	1,2	1,08
Повне навантаження:	6,7		7,64

# НУБІП України

Характеристики міцності бетону і арматури:

Робоче армування виконують з арматури класу А500 з електротермічним натягом на упори форм. Нормативний опір розтягуванню

# НУБІП України

$R_{sp} = 785$  Мпа, розрахунковий опір розтягуванню  $R_s = 680$  Мпа, розрахунковий

# НУБІП України

опір стисненню  $R_{sc} = 400 \text{ МПа}$ ,  
арматури —  $10.32 \text{ мм}$ .

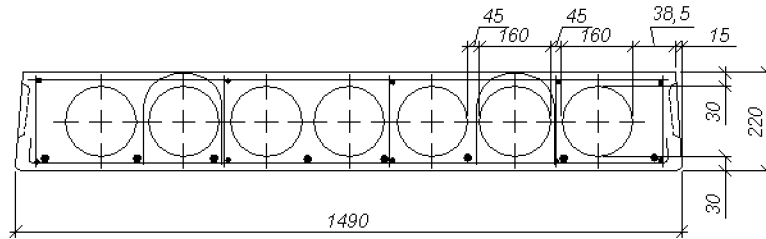
модуль пружності  $E_s = 190000 \text{ МПа}$ , діаметри

Бетон важкий класу В25, відповідний напружуваній арматурі.

Призматична міцність: нормативна —  $R_{bn} = 18,5 \text{ МПа}$ ; розрахункова —  
 $R_b = 14,5 \text{ МПа}$ ; коефіцієнт умов роботи бетону  $\gamma_{b2} = 0,9$ ; нормативний опір при  
розтягуванні —  $R_{bt} = 1,6 \text{ МПа}$ ; розрахункове —  $R_{bt} = 1,05 \text{ МПа}$ ; початковий  
модуль пружності бетону  $E_b = 30000 \text{ МПа}$ .

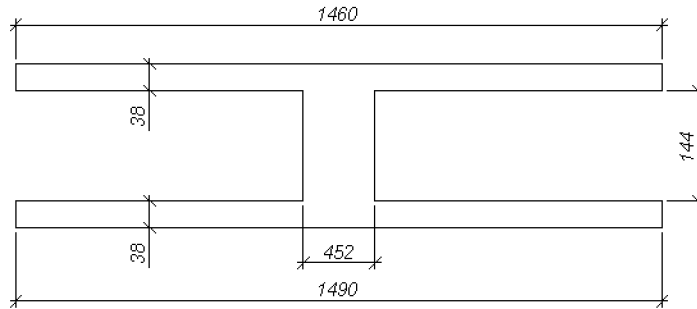
$$\gamma_{b2} = 0,9$$

Н



И

Н



И

Рис. 4.5. Поперечний переріз плити з круглими порожинами.

# НУБІП України

Попередньо напружена арматури рвна:

$$\sigma_{sp} = 0,75 \cdot R_{sn}$$

$$\sigma_{sp} = 0,75 \cdot 788 = 591 \text{ МПа}$$

При електротермічному способі натягу:

# НУБІП України

$$\sigma_{sp} + p \leq R_{sn}$$

$$p = 30 + 360/4 - 30 + 360/5,6 = 94,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{sp} + p = 591 + 94,3 = 685,3 < R_{sn} = 788$$

МПа — умова виконується. Обчислюють граничне відхилення попереднього напруження при числі напружуваних стержнів  $n_p = 6$ :

# НУБІП України

# НУБІП України

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{p}{\sigma_{sp}} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right)$$

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{94,3}{591} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{6}} \right) = 0,112.$$

# НУБІП України

Коефіцієнт точності натягу:  $\gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp} = 1 - 0,112 = 0,89$ . При перевірці трщин у верхній зоні плити при обтисканні приймають  $\gamma_{sp} = 1,112$ . Попередне

напруження з урахуванням точності натягіння:

$$\sigma_{sp} = \gamma_{sp} \cdot \sigma_{sp},$$

# НУБІП України

$$\sigma_{sp} = 0,89 \cdot 591 = 525 \text{ МПа.}$$

Розрахунок міцності плити по нормальних перерізах:

$$\text{Розрахунковий момент: } M = 45 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Розрахункова висота перерізу:

$$h_0 = h - a = 220 - 20 = 200 \text{ мм.}$$

# НУБІП України

Переріз тавровий з полицею в стиснутій зоні.

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b_f' \cdot h_0^2}$$

$$\alpha_m = \frac{40000 \cdot 10^3}{14,5 \cdot 0,9 \cdot 1460 \cdot 200^2} = 0,052,$$

# НУБІП України

$$\xi = 0,07, \quad \eta = 0,965.$$

Обчислюю момент, що сприймається поясом плити:

$$M = R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b_f' \cdot h_f (h_0 - 0,5h_f)$$

$$M = 14,5 \cdot 0,9 \cdot 1460 \cdot 38(200 - 0,5 \cdot 38) = 131,05 \geq 45 \text{ кНм,}$$

нейтральна вісь розташована в поясі.

# НУБІП України

Гранична висота стиснутої зони:

$$\xi_{SR} = \frac{0,8}{1 + \frac{R_s}{0,0035 \cdot E_s}}$$

# НУБІП України

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{680}{0,0035 \cdot 190000}} = 0,396$$

Коефіцієнт умов роботи, що враховує опір напруженої арматури вище за умовну межу текучості, визначають за формулою:

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \cdot \left( \frac{2 \cdot \xi}{\xi_R} - 1 \right) \leq \eta,$$

де  $\eta = 1,15$  — для арматури класу А500С

$$\gamma_{s6} = 1,15 - (1,15 - 1) \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,07}{0,396} - 1 \right) = 1,17 \leq \eta,$$

приймаємо  $\gamma_{s6} = 1,15$

Площа перерізу розтягнутої арматури:

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot \gamma_{s6} \cdot \eta \cdot h_0} = \frac{45000}{680 \cdot 10^6 \cdot 1,15 \cdot 0,965 \cdot 200 \cdot 10^{-3}} = 2,98 \text{ см}^2,$$

$$\mu = \frac{2,98}{45,2 \cdot 20} = 0,0033 \geq \mu_{\min} = 0,0005.$$

Згідно нормативної літератури відстань між осями стержнів повинна бути менше 400 мм. Виходячи з конструктивних умов приймаємо 4 стержня діаметром 12 мм з площею  $A_s = 4,52 \text{ см}^2$ .

### Розрахунок міцності плити за похилим перерізом

Відповідно до ДБН В.2.6-98:2009 признаємо клас арматури В 500. Нормативний опір  $R_s = 415 \text{ МПа}$ , розрахунковий опір стіканню  $R_{sc} = 415 \text{ МПа}$ ,  $R_{so} = 300 \text{ МПа}$ , модуль пружності  $E_s = 170000 \text{ МПа}$ , дані для дроту діаметром 3 мм.

Поперечна сила:  $Q = 32 \text{ кН}$ .

# НУБІП України

Розрахунок залізобетонних елементів на дію поперечної сили для забезпечення міцності по похилому перерізу між похилими тріщинами повинен проводитися з умови формули:

$$Q \leq 0,5 \cdot R_b \cdot b \cdot h_0$$

Підставивши всі значення у формулу, отримують:

$$Q = 0,5 \cdot 14500 \cdot 0,9 \cdot 45,2 \cdot 0,2 = 587,25 \text{ кН} > Q = 32 \text{ кН.}$$

Умова формули виконується.

Визначення кроків хомутив:

$$Q_b = 1,25 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0$$

Отримують:

$$Q_b = 1,25 \cdot 1,05 \cdot 0,45 \cdot 0,2 = 118,13 \text{ кН} \geq 32 \text{ кН}$$

Хомути не потрібні. Встановлюються по конструктивних вимогах.

$$S = 0,5h_0;$$

Вибираємо менше:  $S = 10 \text{ см}$ .

Забезпечують міцність по похилій тріщині з урахуванням найбільш небезпечного похилого перерізу:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} + Q_{inc},$$

де  $Q_b$  — поперечна сила яку сприймає бетон.

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} (1 + \varphi_1 + \varphi_n) \cdot \gamma_{b2} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{\epsilon}$$

де  $\varphi_{b2} = 2$  — коефіцієнт враховує вплив виду бетону.

$$\varphi_f = 0,75 \frac{(b_f' + b) h_f'}{b \cdot h_0} \leq 0,5 \quad \text{— коефіцієнт враховує вплив стиснутих полиць}$$

$$\varphi_f = 0,75 \frac{(1460 + 452) \cdot 38}{452 \cdot 200} = 0,32 < 0,5;$$

$$\varphi_n = 0,1 \frac{N}{R_{bt} \cdot b \cdot h_0} < 0,5 \quad \text{— коефіцієнт враховує вплив поздовжніх сил}$$

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

$$p = 30 + \frac{360}{l} = 30 + \frac{360}{5,6} = 94,3 \text{ МПа},$$

$$P = p \cdot A_s = 94,3 \cdot 10^3 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4} = 42,6 \text{ кН},$$

# НУБІП УКРАЇНИ

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{42,6}{1,05 \cdot 0,9 \cdot 452 \cdot 200} = 0,050,$$

Повинна дотримуватися умова:

$$(1 + \varphi_f + \varphi_n) < 1,5$$

$$(1 + 0,32 + 0,050) = 1,37.$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Величину  $z$  визначуваний з умови  $h_0 \leq c \leq c_{\max}$

де  $c_{\max} = 3,33 \cdot h_0$  (для важкого бетону);

$$c_{\max} = 3,33 \cdot 200 = 666 \text{ мм},$$

$$h_0 = 200 \leq c \leq 666 \text{ призначаємо } c = 300 \text{ мм}.$$

Підставивши значення у формулу отримують:

# НУБІП УКРАЇНИ

$$Q_b = \frac{2 \cdot 1,37 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 452 \cdot 200^2}{300} = 156,0 \text{ кН},$$

$$Q_{sw} = q_{sw} \cdot c_0,$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s} = \frac{270 \cdot 0,071}{10} = 19,2 \text{ кН/м},$$

# НУБІП УКРАЇНИ

$$c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{b2} (1 + \varphi_r + \varphi_f) R_{bt} \cdot b \cdot h_0^3}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,37 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 452 \cdot 200^2}{19,2}} = 156 \text{ см},$$

$$Q_{sw} = 19,2 \cdot 1,56 = 30,0 \text{ кН}.$$

$$Q_b + Q_{sw} = 154,9 + 30,0 = 184,9 \text{ кН} > Q = 32 \text{ кН}.$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Міцність по похилому перерізу забезпечена. Хомути встановлюємо конструктивно.

Розрахунок за другою групою граничних станів

$$A_{red} = b_f' \cdot h_f' + b_f \cdot h_f + b(h - h_f' - h_f) + \alpha \cdot A_s =$$

$$= 1460 \cdot 38 + 1490 \cdot 38 + 452 \cdot (220 - 38 - 38) + 6,3 \cdot 452 = 180036 \text{ мм}^2$$

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

Статичний момент зведеного перерізу щодо нижньої грані:

$$S_{red} = b_f \cdot h_f' (h - 0,5 \cdot h_f') + 0,5 \cdot b_f \cdot h_f^2 + 0,5 \cdot b (h - h_f' - h_f) \cdot (h - h_f' + h_f) + \\ + \alpha \cdot A_s \cdot a_s = 1460 \cdot 38 (220 - 0,5 \cdot 38) + 0,5 \cdot 1490 \cdot 38^2 + \\ + 0,5 \cdot 452 \cdot (220 - 38 - 38) (220 - 38 + 38) + 6,3 \cdot 452 \cdot 20 = 19500844 \text{ мм}^3,$$

# НУБІП України

Відстань від центру зведеного перерізу до нижньої грані:

$$y = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{19500844}{180036} = 108 \text{ мм}.$$

Момент інерції зведеного перерізу щодо центру тяжіння

$$I_{red} = \frac{b_f \cdot (h_f')^3}{12} + b_f \cdot h_f' (h - y - 0,5 \cdot h_f')^2 + \frac{b_f \cdot (h_f')^3}{12} + b_f \cdot h_f (y - 0,5 \cdot h_f)^2 + \\ + \frac{b (h - h_f - h_f)^3}{12} + b (h - h_f' - h_f) [0,5 \cdot (h - h_f' + h_f) - y]^2 +$$

$$+ \alpha \cdot A_s (y - a)^2 = \frac{1460 \cdot 38^3}{12} + 1460 \cdot 38 (220 - 108 - 0,5 \cdot 38)^2 + \frac{1490 \cdot 38^3}{12} +$$

$$\frac{1490 \cdot 38 (108 - 0,5 \cdot 38)^2}{12} + \frac{452 (220 - 38 - 38)^3}{12} + 452 \cdot 144 \cdot [0,5 \cdot 220 - 108]^2 + \\ + 6,3 \cdot 452 (108 - 20)^2 = 1076607137 \text{ мм}^4.$$

Момент опору зведеного перерізу щодо розтягнутої грані:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y} = \frac{1076607137}{108} = 9968585 \text{ мм}^3.$$

# НУБІП України

Величина попереднього напруження  $\sigma_{sp} = 525 \text{ МПа}$ .

Попереднє напруження поздовжньої розтягнутої арматури

призначають з умови :

$$\sigma_{sp} + p \leq R_{s,ser},$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot R_{s,ser},$$

$$p = 30 + \frac{360}{5,6} = 30 + \frac{360}{5,6} = 94,3 \text{ МПа},$$

$$525 + 94,3 = 619,3 \text{ Мпа} \leq 785 \text{ Мпа}$$

$$525 - 94,3 = 430,7 \text{ Мпа} \geq 235 \text{ Мпа}$$

Умова виконується.

# НУБІП України



# НУБІП України

Втрати напруги:

$$\sigma_1 = 0,03\sigma_{sp} = 0,03 \cdot 525 = 15,7 \text{ МПа},$$

Від повзучості:

# НУБІП України

$$\sigma_6 = 40 \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \text{ при } \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \leq \alpha$$
$$\sigma_6 = 34\alpha + 72\beta \left( \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} - \alpha \right) \text{ при } \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} > \alpha$$

$$R_{bp} > 0,5R_b = 0,5 \cdot 14,5 = 7,25 \text{ МПа} \leq 11 \text{ МПа}.$$

# НУБІП України

Приймають  $R_{bp} = 11 \text{ МПа}$ .

$$\alpha = 0,25 + 0,025R_{bp} = 0,25 + 0,025 \cdot 11 = 0,53 \leq 0,8,$$
$$1,1 \geq \beta = 5,25 - 0,185R_{bp} \leq 2,5,$$
$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot 11 = 3,21 > 2,5$$

Приймають  $\beta = 2,5$ .

# НУБІП України

$\sigma_{bp}$  — напруження від зусилля попереднього обтискання на рівні центру арматури:

$$\sigma_{bp} = \frac{P}{A_{red}} + \frac{Pe_0^2}{I_{red}};$$

# НУБІП України

$$P = A_s(\sigma_{sp} - \sigma_1) = 452(525 - 15,7) = 230,2 \text{ кН},$$
$$e_0 = y - \alpha_y = 108 - 20 = 88 \text{ мм}.$$

$e_0$  — відстань від центру тяжкості поперечного перетину плити до центру тяжіння перетину її робочої арматури;

# НУБІП України

$$\sigma_{bp} = \frac{230,2}{180036} + \frac{230,2 \cdot 88^2}{1076607137} = 2,93 \text{ МПа},$$
$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = \frac{2,93}{11} = 0,27 < \alpha = 0,53,$$
$$\sigma_6 = 40 \cdot 0,27 = 10,8 \text{ МПа}.$$

Від усадки бетону  $\sigma_8 = 35 \text{ МПа}$ .

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

Від повзучості бетону при  $\sigma_{bp} = 0,27 \leq 0,75 R_{bp}$ .

$$\sigma_9 = 150 \frac{\alpha \sigma_{bp}}{R_{bp}} = \frac{150 \cdot 0,53 \cdot 2,93}{11} = 21,2 \text{ МПа,}$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Повні втрати:

$$\sigma_n = \sigma_1 + \sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9 = 15,7 + 10,8 + 35 + 21,2 = 82,7 \text{ МПа.}$$

Приймають  $\sigma_n = 100,0 \text{ МПа}$ .

Зусилля обтискання з урахуванням повних втрат:

# НУБІП УКРАЇНИ

$$P_z = A_s (\sigma_{sp} - \sigma_n) = 452 (525 - 100) = 192,1 \text{ кН.}$$

**Розрахунок плити перекриття школи на розкриття нормальних тріщин**

# НУБІП УКРАЇНИ

Плита відноситься до 3 категорії тріщиностійкості

$\gamma_f = 1$  — коефіцієнт надійності по навантаженню.

Погонні навантаження на панель

Розрахункове навантаження на 1 п.м. плити при ширині плити 1,5 м:

$$q = 6,7 \cdot 1,5 = 10,05 \text{ кН/м.}$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Від повного нормативного навантаження:

$$M = 2,74 \cdot 5,62 / 8 = 10,6 \text{ кНм.}$$

Відстань від центру ваги перерізу до верхньої ядрової точки

визначають за формулою:

# НУБІП УКРАЇНИ

$$r_y = \frac{\varphi W_{red}}{A_{red}},$$

де  $0,7 \geq \varphi = 1,6 \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}} \leq 1,0$  — поправочний коефіцієнт для обліку

непружних властивостей бетону

Приймають  $\varphi = 0,7$ .

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

$$r_y = \frac{0,7 \cdot 9968585}{180036} = 39 \text{ мм.}$$

Необхідно виконати умову  $M \leq M_{rc}$

$M_{rc}$  — момент внутрішніх сил, який чинить опір утворенню тріщин;

# НУБІП України

$M_p$  — момент, який гасить попереднє обтіскання крайнього волокна бетону, тобто зменшує в ній стискаючі зусилля від  $\sigma_{sp}$  до 0;

$M_{bt}$  — момент, який підвищує в цьому ж волокні розтягуючі зусилля

від 0 до  $R_{bt,ser}$ ;

# НУБІП України

$$M_p = W_{red} \left( \frac{P}{A_{red}} + \frac{Pe_{op}}{W_{red}} \right) = P(r + e_{op}) = 192,1 \cdot 10^3 (39 + 88) = 24,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{bt} = W_{pl} \cdot R_{bt,ser}$$

$W_{pl}$  — момент пружнопластичності опору зведеного перерізу;

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{red} = 1,75 \cdot 9968585 = 17445024 \text{ мм}^3,$$

# НУБІП України

$$M_{bt} = 17445024 \cdot 1,6 = 27,9 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

$$M = 27,9 + 24,4 = 52,3 \text{ кНм} > M_{rc} = 10,6 \text{ кНм.}$$

Тріщини не утворюються.

## Визначення прогинів у залізобетонних панелях без тріщин

# НУБІП України

Розрахунок прогинів плити з урахуванням того, що тріщини в розтягнутій зоні не утворюються, ведеться за формулами:

$$f = \delta \left( \frac{1}{r} \right) l_0^2 \leq f_u,$$

# НУБІП України

де  $\delta = \frac{5}{48}$  — для вільно опертої балки при рівномірному розподіленому навантаженні

$\frac{1}{r}$  — повна кривизна

# НУБІП України

# НУБІП України

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4$$

$$\frac{1}{r_1} = \frac{M_{sh}^n}{0,85 \cdot E_b \cdot I_{red}} \text{ — від дії короткочасного навантаження;}$$

$$M = 0,9 \cdot 5,62/8 = 3,5 \text{ кНм.}$$

$$\frac{1}{r_2} = \frac{M_{sh}^n (1 + \varphi_{b,cr})}{E_b \cdot I_{red}} \text{ — від дії тривалих і постійних навантажень;}$$

$$M = 2,7 \cdot 5,62/8 = 10,6 \text{ кНм.}$$

# НУБІП України

$$\frac{1}{r_3} = \frac{R \cdot e_{op}}{0,85 \cdot E_b \cdot I_{red}} \text{ кривизна, обумовлена вигином елемента від короткочасної дії зусилля попереднього обтискання } R;$$

$$\frac{1}{r_4} = \frac{\varepsilon_b' - \varepsilon_b}{h_0} \text{ — від усадки і повзучості бетону від зусилля попереднього}$$

обтискання;

# НУБІП України

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b}; \quad \sigma_b = \sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9.$$

$$\varepsilon_b' = \frac{\sigma_b'}{E_s}; \quad \sigma_b' = 0.$$

$$\sigma_b = 10,8 + 35 + 21,2 = 67,0 \text{ МПа,}$$

# НУБІП України

$$\varepsilon_b = \frac{67,0}{190000} = 0,0004;$$

$$\frac{1}{r_4} = \frac{0,0004}{200} = 0,002 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1};$$

# НУБІП України

$$\frac{1}{r_1} = \frac{3500}{0,85 \cdot 30000 \cdot 1073728692} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_2} = \frac{10600 \cdot (1 + 2,5)}{30000 \cdot 1073728692} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_3} = \frac{2 \cdot 230200 \cdot 88}{0,85 \cdot 30000 \cdot 1073728692} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1};$$

# НУБІП України

НУБІП України

$$r = 0,15 \cdot 10^{-3} + 0,8 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3} - 0,002 \cdot 10^{-3} = -0,552 \cdot 10^{-3},$$

$$f = \frac{5}{48} \cdot (-0,552) \cdot 10^{-3} \cdot 5,6^2 = 0,0018 \text{ м} = 1,8 \text{ мм};$$

НУБІП України

$$f_u = \frac{l_0}{200} = \frac{5,6}{200} = 28 \text{ мм.}$$

Повний прогин не перевищує гранично допустимого.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 5. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

### 5.1. Вихідні дані щодо конструювання залізобетонного фундаменту під центрально стиснуту колону

Під етні будинку запроєктовано стрічковий збірний залізобетонний фундамент ГОСТ 13580-85. Вони складаються з підонви та фундаментних блоків з бетону класу В-15, арматура попередньо напружена класу А-300С. Довжина плит-подушок 2400, 1200, 800 мм. Запроєктовані збірні залізобетонні палії по серії 1.011.1-7 (С28-40К). Площа навантаження для фундаменту рівна  $A_0 = 51 \text{ м}^2$ .

Таблиця 1

#### Навантаження від покриття і перекриття

Навантаження	Нормативне навантаження, Н/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження Н/м <sup>2</sup>
<i>Від покриття:</i> постійна: власна вага плити	3000	1,1	3300
власна вага ригеля	1290	1,1	1419
цементно-піщана стяжка $\delta=30 \text{ мм}$ ( $\gamma=1600 \text{ кг/м}^3$ ) $\delta\gamma$	850	1,1	930
утеплювач – пінополістирол	60	1,2	70
пароізоляція	80	1,2	90
Разом постійна:	4000		4400
Тимчасова (снігова) повна	2700	1,2	3240
В т. ч. довготривала	1800	1,2	2160
короткочасна	900	1,2	1080
<b>РАЗОМ повна від покриття:</b>	<b>6700</b>		<b>7640</b>
<i>Від перекриття:</i> постійна: власна вага плити	3000	1,1	3300
власна вага ригеля	1290	1,1	1419
від лінолеуму $\delta = 5 \text{ мм}$ , ( $\gamma = 1600 \text{ кг/м}^3$ )	80	1,2	96
від мастики	145	1,2	174
цементно-піщана стяжка $\delta=40 \text{ мм}$ ( $\gamma=1600 \text{ кг/м}^3$ ) $\delta\gamma$	640	1,3	832
Разом постійна від перекриття:	5155		5821
Тимчасова повна:	2000	1,2	2400
в т. ч. тривала	700	1,2	840

короткочасна	1300	1,2	1560
РАЗОМ повна від перекриття	6655		6831
РАЗОМ від покриття і перекриття	13645		15404

Підрахунок розрахункового навантаження на верхній обріз фундаменту ФМ-3 зведений в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

### Розрахункові навантаження на верхній обріз фундаменту

Поверх	Власна вага колони, кН	Розрахункове навантаження від покриття і/або перекриття, кН	Сумарне навантаження, кН
2	8,17	437	445,2
1	17,45	786	803,45

Для розрахунків за другою групою граничних станів, величини, приведені в таблиці 5.1, необхідно розділити на усереднений коефіцієнт перевантаження, рівний 1,15:

$$F_{v2} = \frac{N}{1,15} = \frac{803,45}{1,15} = 698,65 \text{ кН}$$

Гранично допустимі величини деформацій основи будівлі визначають :

$$\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_u = 0,006, \quad s_u = 15 \text{ см.}$$

де  $(\Delta s/L)_u$  — відносна різниця осідань  
 $s_u$  — максимальне осідання.

### 5.2. Аналіз інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов майданчика будівництва

Будівельний майданчик знаходиться в м. Київ. Глибина промерзання ґрунтів в цьому районі 0,01-0,8 м.

# НУБІП України

Для визначення інженерно-геологічних умов будівництва на майданчику були пробурені 3 свердловини, глибинами до 8,0 м. При бурінні виявлені наступні ґрунти:

- 1) насипний ґрунт — потужність коливається від 0,2 до 0,3 м;
- 2) суглинок жовто-бурий — потужність шару від 2,0 до 2,5 м;
- 3) супісок зелено-бурий — потужність шару від 0,7 до 1,4 м;
- 4) пісок середньої крупності — потужність шару від 0,6 до 1,0 м;
- 5) глина бура — потужність шару від 0,1 до 0,3 м;
- 6) пісок середньої крупності — потужність шару від 0,1 до 0,6 м;
- 7) вапняк — потужність шару бурінням не встановлена

ґрунтові води виявлені в четвертому шарі, в піску. Відмітка ґрунтових вод 155,26 м. Геологічні дослідження проводилися в період найбільшого рівня ґрунтових вод.

Аналіз показує, що всі шари окрім першого (рослинний шар) є надійними. Тому їх міцнісні і деформаційні властивості дозволяють використовувати ці ґрунти як основу.

Виникнення нових геологічних процесів (карст) в період експлуатації споруди виключається.

Відмітка планування  $DL=159,00$  м.

По геологічних колонках будують геологічний розріз і наносять на нього вертикальні контури підземної і наземної частин будівлі.

Лабораторні випробування проводилися по 6 зразкам, відібраним з 3-х свердловин. По початкових характеристиках обчислюють необхідні фізичні характеристики. Як приклад розглядають розрахунок другого (зверху) шару

(зразок ґрунту № 1).

Розрахунок фізичних характеристик ґрунту

$$\gamma_{II} = \rho \cdot g = 1,92 \cdot 10 = 19,2 \text{ кН/м}^3,$$

$$\rho_a = \frac{\rho}{1+W} = \frac{1,92}{1+0,36} = 1,41 \text{ т/м}^3,$$

# НУБІП України



# НУБІП України

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{2,74 - 1,41}{1,41} = 0,94,$$

$$I_p = W_L - W_P = 0,45 - 0,30 = 0,15,$$

# НУБІП України

$$I_L = \frac{W - W_P}{I_p} = \frac{0,36 - 0,30}{0,27} = 0,22,$$

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = \frac{0,36 \cdot 2,74}{0,94 \cdot 1} = 1,05,$$

$$\gamma_{sb,II} = \frac{(\rho_s - \rho_w) \cdot g}{1 + e} = \frac{(2,74 - 1) \cdot 10}{1 + 0,94} = 9,0 \text{ кН/м}^3,$$

де  $\rho_w = 1,00 \text{ т/м}^3$  – щільність води.  
*Визначення найменування ґрунту*  
За ДБН В.2.1-10:2009 визначають найменування ґрунту:

# НУБІП України

по  $I_p = 0,15$  – суглинок

по  $I_L = 0,22$  – полутвердий..

Повне найменування – суглинок напівтвердий.

# НУБІП України

*Визначення механічних характеристик ґрунту*

Визначають механічні характеристики ґрунту:

— модуль деформації  $E = 11 \text{ Мпа}$ ;

— кут внутрішнього тертя  $\varphi = 19^\circ$ ;

і коефіцієнт зчеплення,  $c = 20 \text{ кПа}$ ;

— розрахунковий опір  $R_0 = 189,32 \text{ кПа}$ .

# НУБІП України

Аналіз міцнісних і деформаційних характеристик ґрунтів дозволяє зробити висновок, що основу можна приймати природною, несучим шаром може бути будь-якій, починаючи з 2-го. Найміцнішим шаром є 4-й.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

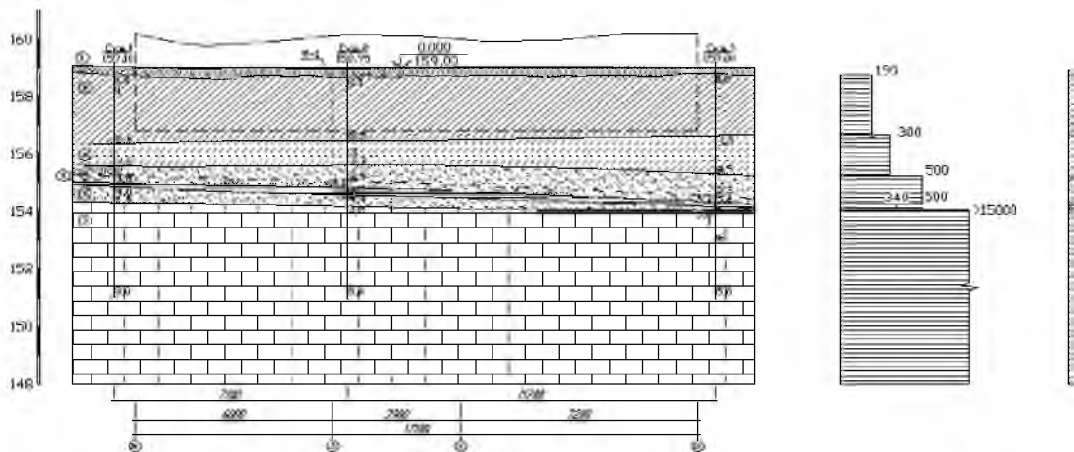


Рис. 5.1 Геологічний розріз ґрунту

## 5.3. Визначення глибини закладання фундаменту

Абсолютну відмітку підшови фундаменту визначають виходячи з таких умов:

1) За призначенням і конструктивними особливостям проектованої споруди.

У проекті для ФМ-3 прийнята залізобетонна колона прямокутного перерізу з розміром  $300 \times 300$  мм. Фундамент має ступінчасту форму.

Визначають глибину закладення залізобетонної колони в стакан фундаменту:

$$H_3 = (1 \div 1,5) \cdot h_k = (1 \div 1,5) \cdot 300 = 300 \div 450 \text{ мм},$$

де  $h_k$  — найбільший розмір колони в плані.

Верхній обріз фундаменту проектують на 150 мм нижче за відмітку підвалу. Вазор між підшовою колони і днищем стакана — 50 мм. Товщина дна стакана фундаменту — 500 мм.

Визначають абсолютну відмітку підшови фундаменту по першій умові:

$$FL = 159,0 - (0,3 + 0,15 + 0,05 + 0,5) = 158,0 \text{ м м}$$

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

2) По глибині залягання фундаментів примикаючих (що існують) споруд.

Існуючі будівлі розташовані на достатньому віддаленні від проєктованого і тому по умові 2 глибина закладання фундаменту не визначається, тобто немає ніяких обмежень.

# НУБІП України

3) По навантаженнях і діях на основу і інженерно-геологічних умовах будівельного майданчика.

Як несучий шар заздалегідь виберемо суглинок напівтвердий (2-й шар).

По геологічному розрізу визначають абсолютну відмітку верху несучого шару по осі ФМ-3 – 1,59 м. Величину заглиблення підшви фундаменту прийmemo – 0,7 м. Тоді відмітка підшви:

$$FL = 159,0 - 0,7 = 158,30 \text{ м.}$$

Визначають орієнтовну площу підшви фундаменту виходячи з величини вертикальних навантажень і значення умовного розрахункового опору суглинку, прийнятого як основу:

$$A = \frac{F_{\text{вн}}}{R_0} = \frac{698,65}{190} = 3,68 \text{ м}^2.$$

Приймають відмітку підшви фундаменту  $FL = 158,3 \text{ м.}$

4) По існуючому і проєктованому рельєфу забудованої території.

Існуючий рельєф будівельного майданчика спокійний, коливання абсолютних відміток невелике (0,07 м в межах плану будівлі). Тому, обмежень при виборі глибини закладання фундаменту немає.

5) По глибині сезонного промерзання ґрунтів.

Нормативну глибину сезонного промерзання для м. Луцьк визначають по схематичній карті, що складає 0,8 м.

Абсолютна відмітка фундаменту по ній умові

$$FL = DL - d_f = 159,0 - 0,8 = 158,2 \text{ м.}$$

6) За гідрогеологічними умовами в період будівництва і експлуатації споруди.

# НУБІП України

# НУБІП України

Рівень ґрунтових вод знаходиться в 4-му шарі. Таким чином під час будівництва майданчик не потребує водовідведення.

Порівнюють отримані відмітки FL за всіма умовами:

1 умова — 158,0 м;

2 умова — обмежень немає;

3 умова — 158,3 м;

4 умова — обмежень немає;

5 умова — 158,2 м;

6 умова — обмежень немає.

Як розрахункову приймають мінімальну відмітку 157,50 м. Тоді глибина залягання:

$$d = DL - FL = 159,0 - 157,5 = 1,5 \text{ м.}$$

## 5.4. Визначення попередніх розмірів підшови фундаментів

неглибокого залягання

Попередні розміри фундаменту повинні призначатися з

конструктивних міркувань і з умови, що середній тиск під підшовою фундаменту буде рівний умовному розрахунковому опору  $R_0$ .

Нормативні зусилля:

$$F_{v2} = 698,65 \text{ кН.}$$

1. Визначають площу підшови фундаменту в першому наближенні.

$$A = F_{v2} / (R_0 - 0,85 \gamma d) = 698,65 / (190 - 0,85 \cdot 18,7 \cdot 1,5) = 4,20 \text{ м}^2.$$

Приймають переріз фундаменту прямокутний в плані:

$$b_1 = \sqrt{4,20} = 2,05 \text{ м}$$

Приймають  $b_1 = 2,1 \text{ м}$ ,  $l_1 = 2,40 \text{ м}^2$ .

2. Визначають значення розрахункового опору ґрунту  $R$  за формулою:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}],$$

# НУБІП УКРАЇНИ

де  $\gamma_{c1} = 1,25$  и  $\gamma_{c2} = 1,19$  — відповідно коефіцієнт умов роботи ґрунтової основи і коефіцієнт умов роботи будівлі у взаємодії з основою, що приймаються по таблиці ;

$k = 1,1$  — при визначенні міцнісних характеристик по [14];

$M_\gamma = 0,43$ ,  $M_q = 2,73$ ,  $M_c = 5,31$  — безрозмірні коефіцієнти, що приймаються залежно від кута внутрішнього тертя ;

$$M_\gamma = 0,43, M_q = 2,73, M_c = 5,31$$

$b$  — ширина підшви фундаменту, м;

$\gamma_{II} = 23,16$  кН/м<sup>3</sup> — усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче за підшву фундаменту;

$\gamma_{II}' = 18,6$  кН/м<sup>3</sup> — усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають вище за підшву фундаменту;

$c_{II} = 19$  кПа — розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, що залягає під підшвою фундаменту;

$d_1$  — глибина залягання фундаментів безпідвальних і приміщень від рівня планування, визначають за формулою

$$d_1 = h_s + \frac{h_{sf}}{\gamma_{II}'} = 1,2 + 0,15 \cdot 3,75 / 18,6 = 1,23 \text{ м}$$

$$R = \frac{1,25 \cdot 1,19}{1,1} [0,43 \cdot 1 \cdot 2,1 \cdot 23,16 + 2,73 \cdot 1,23 \cdot 18,6 + (2,73 - 1) \cdot 0 + 5,31 \cdot 19] = 186,73$$

Визначають площу підшви в 2-м наближенні

$$A_1 = \frac{F_{V,II}}{R - 0,85 \gamma d} = \frac{698,65}{186,73 - 0,85 \cdot 18,7 \cdot 1,5} = 4,30 \text{ м}^2$$

Приймають  $l = 2,7$  м,  $b = 2,1$  м,  $A = 5,67$  м<sup>2</sup>.

Обчислюють середній тиск під підшвою фундаменту.

$$P = \frac{(F_{V,II} + G_\phi + G_{GP})}{A} = \frac{698,65 + 144,59 + 18,98}{5,67} = 152,07 \text{ кПа}$$

де  $G_\phi = 0,85 d A \gamma_{бет} = 0,85 \cdot 1,25 \cdot 6,725 = 144,59$  кН,

$G_{GP} = 0,15 d A \gamma_{gp} = 0,15 \cdot 1,25 \cdot 6,718,6 = 18,98$  кН.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

Перевіряють виконання умови: середній тиск під підшоною фундаменту не повинен перевищувати розрахункового опору ґрунту основи, тобто  $P \leq R \rightarrow 152,07 < 190$ :

Оскільки умова виконується, то прийняті розміри підшови фундаменту залишаємо для подальших розрахунків.

# НУБІП України

## 5.5. Розрахунок осідань методом пошарового підсумовування

При ширині (діаметрі) підшови фундаменту менше 10 м і для основи, в якій в межах товщі, що стискається, немає шару ґрунту з модулем деформації  $E_i \geq 100$  Мпа розрахунок осідань проводять методом пошарового підсумовування для лінійно-деформованого напівпростору з умовним обмеженням глибини товщі  $H_c$ , що стискається. Розрахунок осідання основи фундаменту дрібного залягання виконують в наступній послідовності.

- 1) Викреслюють розрахункову схему.
- 2) Обчислюють вертикальну нормальну напругу від власної ваги ґрунту:

$$\sigma_{zq} = \sum_{i=1}^n \gamma_{II,i} h_i ,$$

1. на підшві першого шару  
 $\sigma_{zq} = 0,2 \cdot 18,5 = 3,7$  кПа;
2. на підшві фундаменту

$$\sigma_{zq} = 3,7 + 1,3 \cdot 18,7 = 28,01 \text{ кПа};$$

3. на підшві другого шару

$$\sigma_{zq} = 3,7 + 2,2 \cdot 18,7 = 44,84 \text{ кПа};$$

4. на підшві третього шару

$$\sigma_{zq} = 44,84 + 0,8 \cdot 21,8 = 62,28 \text{ кПа};$$

5. на рівні ґрунтових вод в четвертому шарі

$$\sigma_{zq} = 62,28 + 0,3 \cdot 20,0 = 68,28 \text{ кПа};$$

# НУБІП України

# НУБІП України

6. на підшві четвертого шару

$$\sigma_{zq} = 68,28 + 0,3 \cdot (20,0 + 9,8) = 77,22 \text{ кПа};$$

7. на підшві п'ятого шару

$$\sigma_{zq} = 77,22 + 0,2 \cdot 20,0 = 81,22 \text{ кПа};$$

8. на підшві шостого шару

$$\sigma_{zq} = 81,22 + 0,6 \cdot 20,0 = 93,22 \text{ кПа};$$

9. на відстані 1 м від кривлі сьомого шару

$$\sigma_{zq} = 93,22 + 1 \cdot 47,20 = 140,42 \text{ кПа};$$

і будують епюри  $\sigma_{zq}$  і  $0,2\sigma_{zq}$ .

# НУБІП України

3) Визначають величину додаткового (осадкового) тиску на ґрунт під підшвою фундаменту:

$$p_0 = p - \sigma_{zq,0} = 152,07 - 18,7 \cdot 1,3 = 127,76 \text{ кПа}.$$

4) Розбивають товщину підстави на елементарні шари товщиною  $h_i$ ,

виходячи з умови  $h_i < 0,2b$ .

# НУБІП України

Визначають координату підшви елементарних шарів ( $z=0$  відповідає підшві фундаменту).

5) Обчислюють вертикальну нормальну напругу на межах шарів

ґрунту:

# НУБІП України

де  $\alpha$  — коефіцієнт, що враховує зменшення по глибині додаткового тиску.

Значення  $\sigma_{zp}$  заносять в таблицю 5.7.

Будують епюру  $\sigma_{zp}$ . Визначають нижню межу основи, що стискається,

# НУБІП України

якій відповідає точка перетину епюр  $\sigma_{zq}$  і  $0,2\sigma_{zq}$ .

6) Визначають величини середнього додаткового тиску в кожному з елементарних шарів:

$$\sigma_{zp,i}^{cp} = (\sigma_{zp,i-1} + \sigma_{zp,i}) / 2.$$

Значення  $\sigma_{zp,i}^{cp}$  заносять в таблицю 5.3.

# НУБІП України

# НУБІП України

7) Обчислюють величини осідань кожного елементарного шару:

$$S_i = \frac{\sigma_{zp,i}^{cp} \cdot h_i \cdot \beta}{E_i},$$

де  $\beta$  — коефіцієнт, що враховує відсутність поперечного розширення при деформації ґрунтів в умовах компресії.

Значення  $S_i$  заносять в таблицю 5.3.

8) Підраховують розрахункову величину осідання:

$$S = \sum S_i = 1,06 \text{ см} < s_u = 8 \text{ см}.$$

Розрахункова величина осідання менше допустимою, отже розміри і глибина заставління фундаменту залишаються без змін.

Таблиця 5.3.

## Результати розрахунку осідання фундаменту ФМ-3

### методом пошарового підсумовування

Номер точки	$z, \text{ м}$	$\zeta = 2z/b$	$\sigma_{zp} = \sigma_{po}, \text{ кПа}$	Номер шару	$\sigma_{zp,i}^{cp}, \text{ кПа}$	$h_i, \text{ м}$	$\beta$	$E_i, \text{ кПа}$	$S_i = \frac{\sigma_{zp,i}^{cp} \cdot h_i \cdot \beta}{E_i}, \text{ см}$
0	0	0	1,000		127,76				
1	0,35	0,333	0,972	1	125,97	0,35	0,8	11000	0,32
2	0,7	0,667	0,931	2	121,56	0,35	0,8	10000	0,31
3	0,9	0,857	0,824	3	112,11	0,2	0,8	20000	0,09
4	1,1	1,05	0,763	4	101,38	0,2	0,8	20000	0,08
5	1,3	1,24	0,667	5	91,35	0,2	0,8	20000	0,07
6	1,5	1,43	0,600	6	80,94	0,2	0,8	20000	0,065
7	1,8	1,71	0,494	7	69,89	0,3	0,8	50000	0,034
8	2,1	2,0	0,414	8	58,0	0,3	0,8	50000	0,028
9	2,3	2,19	0,370	9	50,08	0,2	0,8	24000	0,03
10	2,6	2,48	0,312	10	43,57	0,3	0,8	50000	0,02
11	2,9	2,76	0,231	11	34,69	0,3	0,8	50000	0,017
12	3,3	3,14	0,218	12	28,68	0,4	0,8	-	0
13	3,5	3,33	0,198	13	26,58	0,2	0,8	-	0
14	3,7	3,52	0,180	14	24,15	0,2	0,8	-	0
$\sum S_i =$									1,064



# НУБІП України

## 5.6. Розрахунок і конструювання монолітного залізобетонного фундаменту

Розрахункове зусилля  $N=803,75\text{кН}$ ; усереднене значення коефіцієнта надійності по навантаженню  $\gamma_f=1,15$ , нормативне зусилля.

$$N_n = 803,75 / 1,15 = 698,65 \text{ кН}$$

Ґрунт підстави – суглинок напівтвердий, розрахунковий опір ґрунту

$R_o=0,19\text{МПа}$  бетон важкий класу С12/15;  $R_{bt}=0,75\text{МПа}$ ;  $\gamma_{b2}=0,9$ ; арматура класу

А300С;  $R_s=280\text{Мпа}$ .

Висоту фундаменту заздалегідь приймають рівними  $H=85\text{ см}$ . Необхідна площа підстави фундаменту прийнята раніше:

$$l=2,7\text{ м}, b=2,1\text{ м}, A=5,67\text{ м}^2.$$

Тиск на ґрунт від розрахункового навантаження:

$$p = \frac{N}{A} = 698,65 / 5,67 = 123,22 \text{ кН/м}^2.$$

Найменша робоча висота фундаменту з умови продавлювання його колоною по поверхні піраміди при дії розрахункового навантаження:

$$H_o = -0,25(h_s + b_c) + 0,5\sqrt{N / (R_{bt} + p)} =$$

$$= -0,25(0,3 + 0,3) + 0,5\sqrt{698,65 / (0,75 \cdot 10^3 + 123,22)} = 0,30\text{ м}$$

Повна мінімальна висота фундаменту  $H = 30 - 4 = 34\text{ см}$ ; Висота фундаменту з умов закладення колони:

$$H = 1,5 \cdot h_c + 25\text{ см} = 1,5 \cdot 30 + 25 = 70\text{ см}.$$

Висота з конструктивних міркувань:

$$H_f \geq h_{gf} + 20\text{ см} = 30 \cdot 2,5 + 20 = 100\text{ см}.$$

Остаточна висота фундаменту приймають висотою  $H = 1,0\text{ м}$ ,  $h_o = 0,96$ .

Перевіряють, чи відповідає робоча висота нижньої сходинки фундаменту  $h_{o2} = 30 - 4 = 26\text{ см}$  умові міцності по поперечній силі без

# НУБІП України

поперечного армування в похилому перерізі, що починається в перерізі III – III. (Для одиниці ширини цього перетину ( $b = 100 \text{ см}$ )).

$$Q = 0,5(a - h_c - 2 \cdot h_o)p = 0,5(2,1 - 0,3 - 2 \cdot 0,96) \cdot 123,22 = -7,39 \text{ кН};$$

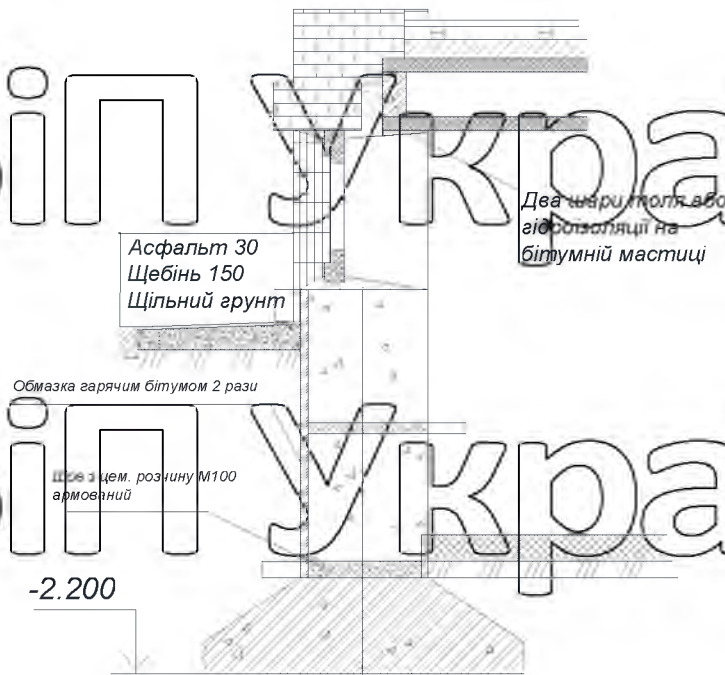
Мінімальне поперечне зусилля, що сприймається бетоном:

$$Q_{\text{н}} = \varphi_{\text{бз}}(1 + \varphi_{\text{г}} + \varphi_{\text{н}})\gamma_{\text{б2}}R_{\text{б}}bh_0 = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 100/100 \cdot 96 \cdot 3825/45 \text{ Н} = 383 \text{ кН} > -7,39 \text{ кН}.$$

Умова міцності задовольняється

# НУБІП України

# НУБІП України



# НУБІП України

# НУБІП України

Рис. 5.6. Збірний стрічковий фундамент

Розрахункові моменти згину в перерізах I – I і II – II обчислюють за формулами:

$$M_I = 0,125 p (a - h_c)^2 l = 0,125 \cdot 123,22 \cdot (2,1 - 1,55)^2 \cdot 2,7 = 12,58 \text{ кН} \cdot \text{м}^2;$$

$$M_{II} = 0,125 p (a - a_1)^2 l = 0,125 \cdot 123,22 \cdot (2,1 - 1,0)^2 \cdot 2,7 = 50,32 \text{ кН} \cdot \text{м}^2;$$

$$M_{III} = 0,125 p (a - a_2)^2 l = 0,125 \cdot 123,22 \cdot (2,1 - 0,3)^2 \cdot 2,7 = 131,74 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$$

Площа перерізу арматури:

$$A_{sI} = M_I / 0,9 \cdot h_o \cdot R_s = 12,58 \cdot 10^5 / 0,9 \cdot 96 \cdot 280 \cdot 100 = 0,52 \text{ см}^2;$$

$$A_{sII} = M_{II} / 0,9 \cdot h_o \cdot R_s = 50,32 \cdot 10^5 / 0,9 \cdot 61 \cdot 280 \cdot 100 = 3,27 \text{ см}^2$$

# НУБІП України

# НУБІП України

$$A_{sIII} = M_{III} / 0,9 \cdot h_{02} \cdot R_s = 134,74 \cdot 10^5 / 0,9 \cdot 26 \cdot 280 \cdot 100 = 20,56 \text{ см}^2.$$

Приймають нестандартну зварну сітку з однаковою в обох напрямках робочою арматурою із стержнів 14Ø10 А300С и 19Ø10 А300С з кроком  $s = 15$

# НУБІП України

$$A_s = 25,91 \text{ см}^2.$$

Відсоток армування розрахункових перерізів

$$\mu_I = A_s \cdot 100 / b_I \cdot h_0 = 25,91 \cdot 100 / 215 \cdot 96 = 0,13\%;$$

що більше  $\mu_{min} = 0,05\%$ .

Розрахунок по розкриття тріщин не проводять.

# НУБІП України

Верхню сходинку армують конструктивно горизонтальними сітками

С-2 з арматури Ø8 А240С, що встановлюються через 150 мм за висотою, росташування по висоті фіксується вертикальними стержнями.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А.М. Павліков Залізобетонні конструкції:будівлі та споруди та їх частини: монографія / Бабич Є.М., Колчунов В.І., Павліков А.М. – М. : АСВ, 2016. – 231-241 с.

2. Баширов Х. З. Железобетонные составные конструкции зданий и сооружений : монография / Х.З. Баширов, Вл. И Колчунов, В.С. Федоров, И.А. Яковенко. – М. : Издательство АСВ, 2017. – 248 с.

3. Бондаренко В. М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона : монография / В. М. Бондаренко, В. И. Колчунов. – М. : АСВ, 2004. – 472 с.

4. Верюжский Ю. В. Методы механики железобетона / Ю. В. Верюжский, В. И. Колчунов – К. : Кн. изд-во НАУ, 2005. – 653 с.

5. Гвоздев А. А. Расчет несущей способности по методу предельного равновесия. Сущность метода и его обоснование / А.А. Гвоздев. – М., 1949. – 280 с.

6. Голышев А. Б. Сопротивление железобетона / А. Б. Голышев, В. И. Колчунов. – К.: Основа, 2009. – 432 с.

7. Клюева Н. В. Прочность железобетонных составных конструкций и новые критерии разрушения в зоне наклонных трещин / Н. В. Клюева, К. М. Чернов, В. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №11. – С. 36–40.

8. Колчунов В. И. Методика расчета прогибов составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций / В. И. Колчунов, В. С. Федоров, Д. В. Казаков, И. А. Яковенко // Строительная механика и расчет сооружений. – 2011. – № 5. – С. 21 – 25.

9. Колчунов В. И. Методика экспериментальных исследований железобетонных составных конструкций по наклонным сечениям / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко, Н. В. Усенко, А. А. Приймак // Будівельні конструкції. – К. ДІПНДБК, 2013. – Вип. 78: В 2-х кн.. : Книга 1. – С. 422–433.

# НУБІП України

10. Колчунов Вл. И. Напряженно-деформированное состояние железобетонных конструкций составного сечения до появления трещин / Вл. И. Колчунов, С. И. Горностаев. // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел: ОрелГТУ, 2008. – 1/17 (542) – С. 15–21.

# НУБІП України

11. Колчунов В. И. Об использовании гипотезы плоских сечений в железобетоне / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Строительство и реконструкция. – 2011. – №6(38). – С. 16–23.

# НУБІП України

12. Колчунов В. И. Основные результаты экспериментальных исследований трещиностойкости наклонных сечений в составных железобетонных конструкциях при деформационном воздействии / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко, Н. В. Усенко, А. О. Приймак // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2014. – Вип. 28. – С. 212–220.

# НУБІП України

13. Мурашев В. И. Трещиностойкость, жесткость и прочность железобетона / В. И. Мурашев. – М.: Машиностроиздат, 1950. – 268 с.

# НУБІП України

14. Немировский Я. М. Пересмотр некоторых положений теории раскрытия трещин в железобетоне / Я. М. Немировский // Бетон и железобетон. – 1970. – № 3. – С. 13–16.

# НУБІП України

15. Ржаницын А. Р. Составные стержни и пластинки / Алексей Руфович Ржаницын. – М.: Строиздат, 1986. – 316 с.

# НУБІП України

16. Стороженко Л. І. Залізобетонні конструкції в незйомній опалубці : монографія / Л. І. Стороженко, О. І. Лапенко. – Полтава : АСМН, 2008. – 312 с.

# НУБІП України

17. Шмуклер В. С. Каркасные системы облегченного типа : монография / В. С. Шмуклер, Ю. А. Климов, Н. П. Буряк. – Харьков : Золотые страницы, 2008. – 336 с.

# НУБІП України

18. Яковенко И. А. Анализ результатов экспериментальных исследований ширины раскрытия трещины составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций / И. А. Яковенко // Будівництво України. – К., 2009. – Вип. 6. – С. 20–23.

# НУБІП України

# НУБІП України

19. Iakovenko I., Kolchunov V. (2017). The development of fracture mechanics hypotheses applicable to the calculation of reinforced concrete structures for the second group of limit states. Journal of Applied Engineering Science, vol. 15(2017)3, article 455, pp. 366–375. (In English), doi:10.5937/jaes15-14662

# НУБІП України

20. Барабаш М. С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства : монография / Мария Сергеевна Барабаш. – К. : Изд-во «Сталь», 2014. – 301 с.

# НУБІП України

21. Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплекса САПФИР. Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2012. – 485 с.

22. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. . – [Введені в дію з 2012-07-01]. – К. : Держбуд України, 2012. – 161 с. – (Державні будівельні норми України).

# НУБІП України

23. Природне і штучне освітлення. Зміна №2 : ДБН В.2.5-28-2006. [Введені в дію з 2012-09-01]. – К. : Держбуд України, 2012. – 68 с. – (Державні будівельні норми України).

24. Системи протипожежного захисту : ДБН В.25-56:2014. . – [Введені в дію з 2015-07-01]. – К. : Держбуд України, 2014. – 127 с. – (Державні будівельні норми України).

# НУБІП України

25. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” – К.: Україна. – 1991. за станом на 12.10.2018р. / Верховна Рада України. Офіц. вид. -[Електронний ресурс]. -Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

# НУБІП України

26. Закон України “Про екологічну експертизу” за станом на 23.05.2017 р. / Верховна Рада України. Офіц. вид. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/45/95-вр>

27. Закон України “Про регулювання містобудівної діяльності”: Редакція від 01.12.2019, підстава-199-XI / Верховна Рада України. Офіц. вид. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>

# НУБІП України

# НУБІП України

28. ДБН А.2.2 - 1 - 2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. — Чинний від 01.04.2004. — К.: Держбуд України, 2004. — 22 с.

# НУБІП України

29. “Наказ про Правила прийому виробничих стічних вод у системи каналізації населених пунктів України” №316 від 01.12.2017 / Кабінет Міністрів України Офіц. вид.- [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0403-02>

# НУБІП України

30. “Наказ про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами” №748 30.10.2013 / Кабінет Міністрів України Офіц. вид.- [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-п>

# НУБІП України

31. “Положення про охорону підземних вод” №1066 від 23.10.2016 / Кабінет Міністрів України Офіц. вид.- [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=58514](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58514)

# НУБІП України

32. “Наказ про затвердження Правил користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України” №190 від 27.06.2008 / Кабінет Міністрів України Офіц. вид.- [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0936-08>

# НУБІП України

33. Закон України “Про збереження ґрунтів та охорону їх родючості” — К.: Україна. — 01.10.2013 / Верховна Рада України. Офіц. вид. Режим доступу: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=53638](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=53638)

# НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП **ДОДАТКИ** України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України