

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження напружено-деформівного стану ОСП балки складеного  
перерізу

Виконав: студент 6 курсу, групи МБмн-61  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Іліх Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Чорномаз Н.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Данильченко С.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Заєць М.Т

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

---

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри будівельної  
механіки

\_\_\_\_\_  
(підпис)  
«    »

Ясній В.П.  
(прізвище та ініціали)  
2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня \_\_\_\_\_ **магістр**  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 «Будівництво і цивільна інженерія»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту \_\_\_\_\_ Іліху Роману Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження напружено-деформівного стану ОСП балки складеного перерізу

---

---

Керівник роботи Чорномаз Наталія Юріївна, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

---

---

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Огляд інформаційних джерел

2) Моделювання роботи складеної дерев'яної балки зі стінкою із OSB

3) Результати скінченно-елементного розрахунку

4) Нелінійна постановка задачі

5) Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6) Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Пояснювальна записка 60-80 аркушів формату А4, мультимедійна презентація 15-25 слайдів.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Чорномаз Н.Ю., к.т.н., ст. викл.		
Охорона праці	Каспрук В.Б., к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М. ст. викл.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд інформаційних джерел		
2	Моделювання роботи складеної дерев'яної балки зі стінкою із OSB		
3	Результати скінченно-елементного розрахунку.		
4	Нелінійна постановка задачі		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Висновки, рекомендації.		
7	Графічне оформлення		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Іліх Р.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Чорномаз Н.Ю.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ .....	8
1.1. Матеріали для складених балок .....	8
1.2. Теоретичні передумови розрахунку складених балок .....	16
1.3. Застосування складових елементів з використанням OSB в каркасних дерев'яних будинках.....	21
1.4. Висновки до розділу .....	27
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СКЛАДЕНОЇ ДЕРЕВ'ЯНОЇ БАЛКИ ЗІ СТІНКОЮ З OSB.....	28
2.1 Створення комп'ютерних моделей складених балок в ПК «Ліра» .....	28
2.2 Висновок по розділу .....	37
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО РОЗРАХУНКУ ....	38
3.1. Результати розрахунку моделі двотаврової балки висотою 250 мм .....	38
3.2. Результати розрахунку моделі коробчастої балки висотою 250 мм.....	41
3.3 Висновок по розділу .....	44
РОЗДІЛ 4. НЕЛІНІЙНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	45
4.2. Лінійна постановка задачі .....	48
4.3. Висновок по розділу .....	50
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	51
5.1 Охорона праці .....	51
5.1.1 Організація охорони праці працівників на підприємстві .....	51
5.1.2 Правила поведінки під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій .....	52
5.1.3 Висновки до підрозділу 5.1 .....	55
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	56
5.2.1 Оцінка стійкості об'єкту (цеху) до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості .....	56
5.2.2. Розробка заходів щодо підвищення стійкості промислового об'єкту ....	58

5.2.3 Висновки до підрозділу 5.2 .....	60
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	62

## ВСТУП

Балки є одним з найуживаніших будівельних елементів будь-яких будівель і споруд. За своєю статичної схемою балки представляють конструкцію що, як правило, працює на поперечний згин. По балках можуть бути виконані міжповерхові перекриття кам'яних будівель, балки використовуються в рамних каркасах висотних цивільних і громадських будівель, сталеві балки застосовуються в спортивних і видовищних спорудах, в промислових будівлях, в металевих мостах під автомобільні і залізничні дороги, в різних вежах і т . д.

Клеєні цільнодерев'яні конструкції або дерев'яні в поєднанні з фанерою застосовують в несучих і огорожувальних частинах будівель промислового, цивільного, сільськогосподарського призначення та в мостах.

Клеєні балки застосовують в несучих конструкціях покриттів, перекриттів холодних і опалювальних будівель; їх виготовляють прямокутного і двотаврового перерізів.

У міжповерхових і горищних перекриттях прольотом до 6,5 м рекомендується застосовувати дощаті балки двотаврового і рейкового перерізів з полками і стінками з цілісних дощок; для несучих конструкцій промислових будівель балки з паралельними поясами застосовують прямокутного і двотаврового перерізів прольотом від 6 до 12 м.

Клеєфанерні двосхилі або з паралельними поясами балки застосовують як несучі конструкції покриттів для прольотів 6-15м. У балках двотаврового перерізу стінки виконують з клеєної або бакелізованої фанери товщиною не менше 10 мм, а пояси - з двох шарів дощок або брусків з кожного боку стінки. Перший шар поясів, що прикріплюється до фанери, щоб уникнути розриву клейового шва при різній усушці дерева і фанери виконують з двох вузьких дощок шириною не більше 8-10 см, що розташовуються з горизонтальним зазором між ними не менше 1 -1,5 см.

Дерев'яні клеєні балки з хвилястою фанерною стінкою мають двотаврову форму, полки виконують з дерев'яних прямокутних брусків з хвилеподібною

фанерною стінкою з водостійкої фанери. Бруски поясів рекомендується застосовувати цільного перетину, при необхідності стики виконувати зубчастим шипом, що виготовляється спеціальною фрезою. Фанерну хвилясту стінку на клею закладають в пази, що виконані в поясах балок. Односхилі і двосхилі балки прольотом від 6 до 9 м застосовують в якості несучих конструкцій одноповерхових промислових і особливо сільськогосподарських будівель. По торцях балок влаштовують ребра жорсткості, які слід встановлювати після запресовування фанерної стінки. Балки антисептують обмазкою або обприскуванням з фарбопульту. Дерев'яні бруски не повинні мати вологість вище 15%. Товщину, висоту фанерною стінки,

Двотаврова балка зі стінкою з плити OSB.

Виняткові параметри таких балок є результатом властивостей характерних для двотаврового перетину, а також високої якості складових матеріалів - шарів з клеєного дерева і полотна з плити OSB 3. Складові елементи балки піддаються пресуванню в спеціальних пресах з використанням водостійких клеїв, завдяки чому вони досягають високу жорсткість і гарантовану стабільність розмірів. Завдяки точній розробці продукту зникла проблема скрипу і скручування дерев'яних балок. Перекриття, виготовлені з таких двотаврових балок, відрізняються більш високою термічною ізоляційною характеристикою в порівнянні з традиційними бетонними перекриттями. Двотаврова балка ідеально підходить для каркасу дахів, перекриттів і стін. Вантажопідйомність балок дозволяє витримувати більш високі навантаження при великих прольотах.

**Мета роботи:** визначення теоретичного значення несучої здатності балок з OSB плит на основі скінченно-елементного розрахунку.

**Об'єкт дослідження** – балки з OSB плит двотаврового та коробчастого перерізів.

**Предмет дослідження** – несуча здатність балок з OSB плит двотаврового та коробчастого перерізів.

**Завдання дослідження:**

- виявити основні особливості розрахунку дерев'яних балок;

- з'ясувати основні технологічні аспекти виготовлення OSB плит;
- виявити основні особливості розрахунку складених балок з OSB плит;
- визначити основні особливості конструювання каркасів на основі OSB плит;
- розробити комп'ютерні моделі складених балок з OSB плит двотаврового та коробчастого перерізів;
- на основі МСЕ із застосуванням ПК «ЛПРА» провести чисельний експеримент з визначення напружено-деформованого стану елементів балок;
- виконати порівняльний аналіз результатів чисельних досліджень;
- розробити заходи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Методи дослідження** – аналіз літературних джерел, експериментальні на основі методу скінченних елементів.

**Наукова новизна отриманих результатів**-отримала подальший розвиток методика моделювання складених балок з OSB плит.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати можуть бути використані для проектування нових та реконструкції існуючих будівель та споруд різноманітного функціонального призначення, а також в лекційних і практичних курсах.

Апробація. Основні положення та окремі результати даного дослідження доповідались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» м. Тернопіль, ТНТУ 25-26.11.2020.



## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

### 1.1. Матеріали для складених балок

Метал - перший штучний матеріал в будівництві та архітектурі.

Перші конструкції з металу з'явилися ще до нашої ери. Так, в IV столітті до н.е. були знайдені колони в Індії, в 125 м до н.е. в Римі був виявлений Пантеон з куполом діаметром 43 м.

У XVII столітті ковані бруски зварювалися ковальським зварюванням або з'єднувалися на клинах. У цей період з'являються теоретичні дослідження в області опору матеріалів, формулюється закон Гука (1678 г.), закон механіки Ньютона (1687 г.).

У XVIII столітті найбільше застосовуються конструкції з чавуну. У 1720 році Варіньон формує теорію 3-х моментів, в 1749 р Ейлер розробляє теорію позовжнього вигину.

В кінці XVIII ст. створюється метод пудлінгового отримання заліза, цей період можна вважати початком застосування металевих (залізних) конструкцій в будівлях і спорудах.

Спочатку XIX століття в Англії були застосовані зетові профілі, пізніше здійснили прокат двотаврових: балок. У 2-й половині XIX століття чавунні конструкції досягли досконалості: створено таке велике спорудження, як арковий міст з чавунних двотаврових балок через річку Неву в Петербурзі (автор С.В. Кербедз), який експлуатувався до 40-х років XX століття. Найважливішою подією цього періоду стало зведення Бруклінського моста прольотом 488 м. У 1856 р відкрито бесемерівський, в 1864 р - мартенівський і в 1878 р томасовський способи виробництва сталі. Чавун поступається місцем новому матеріалу більш технологічного і надійному в експлуатації. Настає переломний етап у розвитку металоконструкцій.

Поява нового матеріалу - сталі стимулювало розвиток методів розрахунку конструкцій. Роботи Л. Нав'є, Е. Вінклера, О.Мора, Д.І. Журавського,

Ф.С.Ясінського, Н.А. Белелюбського, В.Г.Шухова, Н.С.Стрелецького і багатьох інших дозволили створити надійну методику розрахунку.

У 20-му столітті побудовані унікальні споруди: мости в Японії прольотом 2500 м, висотні будівлі висотою 620 м в Канаді та ін.

Матеріалами для металевих конструкцій служать прокатна сталь, сталеве лиття і алюмінієві сплави. Сталь - сплав заліза з вуглецем і незначною кількістю домішки і легуючих добавок. Сталі, підрозділяються на сталі вуглецеві і леговані. Найбільше застосування отримала маловуглецева сталь. За способом виплавки сталі, поділяють на мартенівські і конверторні, при поставці їх не розрізняють за способом виготовлення. Залежно від ступеня розкислення розрізняють спокійну, полуспокойную і киплячу сталі.

Залежно від механічних властивостей ( $\sigma_u$ ,  $\sigma_y$ ) Сталі умовно ділять на три групи - зі звичайною, підвищеною і високою міцністю. До сталей зі звичайною міцністю відносять маловуглецеві сталі, з підвищеною міцністю - низьколеговані, і високої міцності - середньолеговані сталі.

Деревина - природний найстаріший будівельний матеріал. Перші конструкції і споруди були виконані з дерева: будинки, мости, оборонні споруди, кораблі і т.д. Але як про твори інженерного мистецтва можна починати з давньоримських мостів. Прольоти досягали 40 м. Проекти мостів були виконані і випереджали свій час. У ХІХ столітті зведено: арочний міст прольотом 298 м через Неву І. П. Кулібіна (1776) балочний міст прольотом 100 м через Рейн (1756-1758). Шпиль дзвіниці церкви Св. Петра в Ризі висотою 130 м був зведений в 1666 р Р . Бінденшу.

Всі споруди виконані без попередніх розрахунків, тобто інтуїтивно, і можна дивуватися майстерності «самоучок». До середини минулого століття дерево було практично єдиним універсальним матеріалом масового застосування для перекриттів великих прольотів. Однак дерево поступово стало поступатися чільну роль залізу (чавуну і сталі) і до початку ХХ століття була майже повністю витіснена зі сфери інженерних конструкцій.

"Друге народження" дерев'яних конструкцій довелося на 20-ті роки минулого століття, в зв'язку з гострим дефіцитом металу. У цей період були побудовані 100 метрові тонкостінні і ребристі склепіння-оболонки і градірні на цвяхових з'єднаннях (склепіння Шухова-Брода, гіперболічні шуховські вежі, куполи цирків, залізничні мости прольотів до 43 м. та інші). У повоєнні роки деревина як будівельний матеріал вдруге за свою історію було витіснена залізобетоном і сталлю.

Сучасні засоби захисту деревини від гниття (антисептики), і загоряння (антипірени) дозволяють гарантувати збереження деревини від гниття до 30 років. Застосування клеєних пакетів дозволяє деревині набути нові якості. У ряді випадків клеєні дерев'яні конструкції виявляються більш економічними, ніж залізобетонні або сталеві.

Деревина- це створений природою матеріал з яскраво вираженою анізотропією будови. Її міцність при дія навантаження уздовж волокон (розтягуванні) на порядок вище, ніж при поперек (сколюванні). Так, наприклад, якщо межа міцності ( $R_{вр}$ ) при випробуванні на розтяг чистої деревини (без вад) становить 100 МПа, то при сколюванні вздовж волокон всього лише 7 МПа. Тому повністю реалізувати гідність деревини, тобто міцність при розтягуванні, практично неможливо, тому що дерев'яним конструкціям зазвичай властиво складний напружений стан. Модуль пружності деревини при розрахунку за граничними станами другої групи приймають рівним: уздовж волокон  $E = 10\,000$  МПа ( $100\,000$  кгс/см<sup>2</sup>); поперек волокон  $E_{90} = 400$  МПа ( $4000$  кгс/см<sup>2</sup>). Модуль зсуву деревини щодо осей, спрямованих уздовж і поперек волокон, приймають рівним  $G_{90} = 500$  МПа ( $5000$  кгс/см<sup>2</sup>). Коефіцієнт Пуассона деревини поперек волокон при напружених, спрямованих уздовж волокон, приймають рівним  $\nu_{90,0} = 0,5$ , а вздовж волокон при напружених, спрямованих поперек волокон,  $\nu_{0,90} = 0,02$ .

Фанера. Для клеєних фанерних конструкцій застосовують фанеру марки ФСФ по ГОСТ 3916-69, а також фанеру бакелізовану марки ФБС по ГОСТ 11539-73 \*.

Плита OSB. Орієнтовано-стружкові плити з плоскої деревної тріски - OSB або Oriented Strand Board - виготовляється при високому тиску і температурі шляхом пресування плоскої деревної тріски. В якості сполучних матеріалів для OSB використовуються синтетичні смоли. Таким чином, OSB має поліпшені водостійкі характеристики. Плита виготовляється методом пресування плоскої деревної тріски при високому тиску і температурі з використанням в якості сполучних матеріалів водостійких синтетичних смол.

Технологія виготовлення. Плита OSB відрізняється стабільністю форми, стійкістю до постійно змінюваних кліматичних умов, до механічних ударів, високим звукопоглинанням, хорошою оброблюваністю. Мікроструктура зчепленої тріски оберігає краї плити від обламування при з'єднанні їх цвяхами, додає жорсткість і стійкість до вигину, що дуже важливо при каркасному будівництві.

Плита OSB містить понад 90% деревини хвойних порід і виготовляється зі стовбурів дерев невеликого діаметру, одержуваних з санітарної прорубки лісів, розпилювані і луцені на плоску тріску довжиною 150 мм, товщиною 0,4-0,7 мм і шириною 5 50 мм. Унікальні фізико-механічні параметри плити пояснюються розмірами і характером укладання тріски - довгі тонкі тріски (довжина - до 140 мм, товщина - до 0,6 мм) укладаються в килимі трьома шарами. Зовнішні шари утворюються тріскою, орієнтованою паралельно довжині готової плити. У внутрішньому шарі тріска укладається перпендикулярно довжині готової плити. Завдяки такій орієнтації плоскої тріски ми отримуємо конструкційний матеріал з ізотропним властивостями - підвищеною міцністю на згин і підвищеною пружністю вздовж головної осі плити. По суті, OSB - це "поліпшена деревина".



Рис. 1.1. Початок переробки деревини перед розпилюванням на щепу

Сполучна і спеціальна обробка поверхні (ContiFinish) забезпечують водо і вогнестійкість плит, що значно перевищують подібні характеристики масиву деревини. Плити OSB стійкі до зміни погодних умов (вологість, температура), легко пиляються і обробляються будь-яким інструментом, призначеним для роботи з деревиною.



Рис. 1.2. Укладання тріски перед подачею в прес

Істотною відмінністю плит OSB від інших плитних матеріалів є те, що міцнісні властивості і здатність утримувати кріплення забезпечуються не в'язучим, а характером укладання тріски - при навантаженні в процесі експлуатації довгі тріски передають навантаження одна через одну, створюючи єдиний конструкційний елемент, вільний від концентраторів напружень, і

поєднує в собі високу міцність з високою еластичністю. Кріплення (шурупи, кільцеві цвяхи, будівельні скоби і ін.) утримуються не щільністю в'язучого, а численними тонкими щепами, орієнтованими в площині, перпендикулярній до осі кріпильних елементів.



Рис. 1.3. Укладання тріски перед подачею в прес

Основним матеріалом для виробництва OSB плит є сосна (головним чином тонкомір від санітарних прорубок). Плити OSB містять до 95% деревини - це одна з найбільш екологічно чистих деревних плит - як щодо виробництва, так і по відношенню до готової продукції. Низька частка в'язучого дає не тільки екологічну безпеку, але і всі інші корисні експлуатаційні та виробничі властивості деревини - легкість (щільність плити - близько 650 кг/м<sup>3</sup>), низьку теплопровідність, гарне звукопоглинання, гарну оброблюваність і естетичний зовнішній вигляд.

Переваги орієнтованої стружкової плити OSB:

- однорідність структури - OSB позбавлена недоліків натуральної деревини і навіть фанери, таких як розшарування, покоробленість, гігроскопічність;
- екологічно нешкідливий матеріал - OSB відповідає класу гігієни E1;
- легкість в обробці - досить легко ріжеться, внаслідок чого менше зношуються інструменти, а завдяки своїй великій зносостійкості не викликає проблем при кріпленні гвинтів і будівельних скоб, стругається, шліфується і свердлиться звичайними інструментами. Склеюється і фарбується будь-якими

фарбами по дереву; покривається смолами, глазур'ю і захисними засобами (біоцидами, фунгіцидами);

- волокниста структура фанери має менший опір висмикуванню шурупів або покрівельних цвяхів в порівнянні з OSB, три шари якої утворює тріска, що має хрестоподібну орієнтацію. Цей факт збільшує надійність кріплення. Питомий опір висмикування шурупів в пласті одно 112,5 Н/мм, для порівняння за вимогами ГОСТ ця величина повинна складати не менше 60 Н/мм;

- вологостійкість - вологостійкі властивості OSB-3 дозволяють плиті виконувати роль водонепроникного бар'єра, перешкоджаючи проникненню вологи. Тому OSB можна використовувати для зведення опалубки. Стіни з ОСП (OSB) витримують великі навантаження у вологих умовах, не схильні до дії грибка і комах;

- у більшості випадків OSB перевершує фізико-механічні характеристики фанери. Тріска для OSB виготовляється шляхом стругання високоякісної деревини, що не руйнує структуру деревного волокна тріски на відміну від луцення для фанерного шпону, тобто нарізування шпону по діаметру колоди. Процес луцення необоротно призводить до зламів шпону і утворення мікротріщин, що впливають на міцність всього листа фанери. Для додання вологостійкості фанеру просочують фенолоформальдегідних смол, що змінює зовнішній вигляд плити і її екологічність. Така фанера набуває темний, місцями бурий колір і стає придатною тільки для зовнішнього застосування;

- заводське з'єднання шпунт-гребінь - міцне з'єднання плит для всіх типів підлог, виключає можливий скрип;

- OSB легко пиляється, полегшуючи підгонку розмірів на об'єкті, що значно спрощує монтаж складних покрівель. Як суцільний настил ОСП має кращу геометрію листа, жорсткість, однорідність і довговічність, що підтверджено нормативними будівельними організаціями провідних країн світу;

- дизайн OSB займає окреме місце в сучасному Європейському дизайні, залучаючи теплотою і вишуканістю фактури. Нова мода на ламіновані підлоги з OSB тому підтвердження. може використовуватися ті тільки як

конструктивний матеріал, прихований від очей під декоративною обробкою. Світла, злегка золотиста поверхня і бездоганна якість відкривають нові можливості і породжують творчі ідеї у дизайнерів і архітекторів. Інтер'єр з обробкою з OSB створює відчуття залитого сонцем простору десь на віллі Середземномор'я. Чиста шліфувана поверхня, покрита лаком або воском, віддалено нагадує коркове дерево;

– висока міцність при невеликій товщині плити - землетрусу в Каліфорнії і Японії показали, що нові конструкції будинків каркасного типу з ОСП виявилися міцнішими і витримали коливання, на відміну від будинків, стіни яких були побудовані з цегли і бетону;

– довговічність - при правильному проектуванні, будівництві і експлуатації термін служби конструкції з OSB не обмежений.

Таблиця 1.1. Механічні властивості OSB плит

Механічні властивості OSB 3					
Тип характеристики	норма	Одиниця виміру	Товщина (номінальна товщина в мм)		
			6-10	> 10 і <18	18-25
Згин головна вісь	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	22	20	18
Згин мала вісь	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	11	10	9
Модуль пружності головна вісь	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	3500	3500	3500
Модуль пружності головна вісь	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	1400	1400	1400
Міцність на розклеювання	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0.34	0.32	0.30
Набухання після 24 годин	EN 317	N/mm <sup>2</sup>	15	15	15

Властивості: Щільність (kg/m<sup>3</sup>) 580-640 (в залежності від товщини)

Вміст вологи (%) 3, ± 2

Міцність на згин (сухий)

поздовжня вісь (N /mm<sup>2</sup>) 30-16; поперечна вісь (N/mm<sup>2</sup>) -16-8



## 1.2. Теоретичні передумови розрахунку складених балок

### Теоретичні та графоаналітичні розрахунки балок

У другій половині XIX ст. в різних країнах уточнювалися розрахунки балок. Так, в 1844-1848 рр. Д. І. Журавський, займаючись будівництвом дерев'яних мостів, зауважив, що в прямокутних балках по нейтральній осі з'являються дотичні напруження, і дав формулу для їх обчислення, яка застосовується і в наш час. У складених дерев'яних балках він вказав метод розрахунку сполучних шпонок і обчислення відстані між шпонками. Для залізних складових балок Журавський дав розрахунок кроку сполучних заклепок.

Один з найбільш цікавих випадків розробки теорії балок був отриманий інженером Н. А. Беспаловим в 1855 р. Він запропонував простий спосіб вирішення деяких завдань опору матеріалів. Спосіб цей полягав у заміні сил опору частинок матеріалу пропорційними об'ємами тіла конструкції. Наприклад, момент згинальних сил замінювався моментом об'ємів тіла, що чинить опір.

Н. А. Беспалов цим способом розраховував консольну балку, балку на двох опорах, балку защемленим кінцями при різних навантаженнях і при різних поперечних перерізах балок (круглу, двотаврову і т. п.). Результати при цьому були отримані ті ж, що і при звичайному розрахунку.

Робота Н. А. Беспалова цікава в тому відношенні, що закон розподілу нормальних напружень в поперечному перерізі балки і закон подовження її волокон при вигині він представляв у вигляді трикутних епюр. Так як подовження будь-якого волокна балки при вигині можна виразити через напруження, то Н. А. Беспалов поєднав отримані епюри в одну, відклавши по осі абсцис подовження, а по осі ординат їм відповідні напруження. Результуюча епюра виявилася окреслена по параболі. Н. А. Беспалов звернув увагу на те, що кожна з трикутних епюр представляє роботу внутрішніх сил, і встановив, що площа параболічної епюри висловлює повну роботу всієї балки при згині. Прирівнявши роботу зовнішніх і внутрішніх сил один до одного, він, наприклад,

для консольної балки знайшов її прогин, користуючись площею параболічної епюри як навантаженням.

Дослідження Н. А. Беспалова чудові тим, що він набагато раніше за інших застосував до аналізу балок епюри напружень і тим самим вніс в теорію балок графоаналітичний метод розрахунку. На жаль, це залишилося непоміченим його сучасниками.

Розподіл нормальних і дотичних напружень в балках, що згинаються протягом усієї другої половини XIX ст. було предметом пильного вивчення. Нормальні напруження тоді обчислювалися за наближеною формулою, підтвердженою в 1856 р дослідженнями Сен-Венана, який показав, що формула добре узгоджується з методами теорії пружності за умови, якщо навантаження віддалені від досліджуваного перерізу хоча б на висоту балки. Якщо ж вантаж розташований поблизу досліджуваного перерізу балки, то розподіл нормальних напружень тут вже не є простим. У 1893 р А. Фламан дав точне рішення цього завдання. Дослідженням нормальних напружень в балках при згині було встановлено, що для точного рішення задачі з розподілу нормальних напружень при згині балок необхідно застосування методів теорії пружності.

Ф. Е. Максименко в 1886 р досліджував величину похибки, яка виникає при заміні точного розрахунку вигину балок наближеним розрахунком. Він зайнявся цим питанням тому, що, як він зауважив, в курсах і книгах з опору матеріалів це питання не було досліджено. Шляхом інтегрування точного і наближеного диференціальних рівнянь вигину Ф. Е. Максименко встановив межі похибок, які підвищуються зі зменшенням висоти балки. Взагалі похибки мають незначну величину і наближений розрахунок балок на згин цілком задовольняє практику.

У 1887 р Ф. Е. Максименко досліджував вплив дотичних напружень на викривлення поперечних перерізів балок і їх вплив на згин балки. Спираючись на роботи Б. Сен-Венана, який довів, що при вигині балок їх поперечний переріз не залишаються плоскими і повертається на деякий кут і що дотичні напруження при згині балок викликають додаткові деформації балок, Максименко вивів рівняння поперечної поверхні балки, викривленою дотичними напруженнями.

Він показав, що дотична, проведена з будь-якої точки викривленої поверхні, становить з віссю балки кут, тангенс якого дорівнює відносному зрушенню в даній точці. Ф. Е. Максименко показав, що ніхто ще не встановив величину впливу дотичних напружень на вигин балки. Він довів, що дотичні напруження збільшують прогин балки на 3-8%.

Дослідження дотичних напружень в балках після відкриття їх Д.І. Журавським мало на меті уточнити їх розподіл за поперечним перерізом. Тому в другій половині XIX ст. вивчалися балки еліптичного, круглого, квадратного, прямокутного і фасонного профілів.

Дослідження дотичних напружень в балках, що згинаються точними методами показало, що якщо товщина балки мала порівняно з її висотою і довжиною, то вигин викликає більш складні змін форми поперечного перерізу балки, ніж просте викривлення. При цьому було доведено, що помилка у визначенні нормальних напружень по теорії Бернуллі - Ейлера порівняно з точними рішеннями не перевищує 0,1-0,2%.

У другій половині XIX ст. теорія нерозрізних балок отримала значний розвиток. Майже всі видатні автори займалися цією проблемою.

У 1860 р Е. Колліньон дав розрахунки нерозрізних мостів. Спираючись на роботу Бресса, він перетворив рівняння Б. Клапейрона для розрахунку балок з опорами, що зміщаються. Е. Колліньон зазначив, що рівняння Бресса дають можливість отримувати розрахункові моменти без обчислення опорних реакцій нерозрізних балок.

У 1868 р І. А. Євневич вивів формули реакцій нерозрізних балок від суцільного розподіленого навантаження.

У 1899 р І. А. Ласкін повідомив про роботу А. Холодецького по нерозрізним балках. Він отримував конструкції зі змінним моментом інерції. І. А. Ласкін ще в 1894 р привів формули згинальних моментів, придатні для розрахунку таких балок при будь-яких навантаженнях.

## Робота складених балок

Роботу складених балок проілюструємо на простому прикладі тришарової балки прямокутного поперечного перерізу. Якщо шари між собою не пов'язані і сили тертя між ними відсутні, то кожен з них деформується як окрема балка, що має свій нейтральний шар (рис.1.4а). Навантаження між цими балками розподіляється пропорційно їх жорсткості при вигині (в даному прикладі порівну). Це означає, що моменти інерції і моменти опору трьох незалежно один від одного балок, що деформуються повинні бути підсумовані:

$$J_x = 3 \frac{bh^3}{12} = \frac{bh^3}{4}, \quad W_x = 3 \frac{bh^2}{6} = \frac{bh^2}{2}.$$

Якщо скріпити балки зварюванням, болтами або іншим способом (рис. 1.4б), то з точністю до нехтування податливістю накладених зв'язків переріз балки буде працювати як монолітний з моментом інерції і моментом опору, рівним:

$$J_x = \frac{b(3h)^3}{12} = 2,25bh^3, \quad W_x = \frac{b(3h)^2}{6} = 1,5bh^2.$$

Як видно, при переході до монолітного перерізу жорсткість балки зростає в дев'ять разів, а міцність - в три рази. В інженерній практиці найбільш поширені складені двотаврові балки.

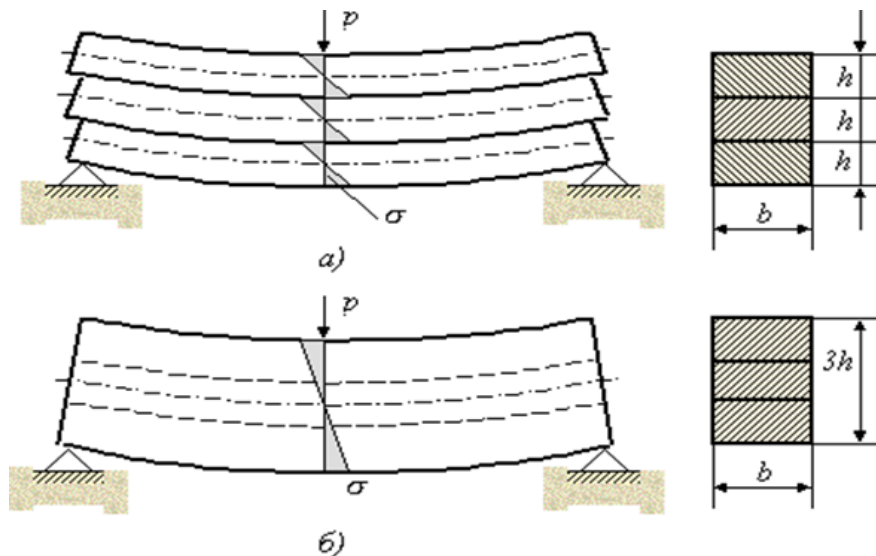


Рис.1.4 Розрахункові схеми балки

Особливості розрахунку клеєних елементів з фанери з деревиною

Розрахунок за першою групою граничних станів. Розрахунок клеєних елементів з фанери з деревиною слід виконувати за методом приведеного поперечного перерізу.

Розрахунок на міцність поясів зігнутих елементів двотаврового і коробчастого перерізів з фанерними стінками слід проводити за наведеною нижче формулою, приймаючи  $W_{роз} = W_{пр}$ , при цьому напруження в розтягнутому поясі не повинні перевищувати  $R_p$ , а в стислому –  $jR_z$  ( $j$  коефіцієнт поздовжнього згину з площини згину).

Розрахунок елементів, що згинаються, забезпечених від втрати стійкості плоскої форми деформування, на міцність за нормальними напруженням виконуємо за формулою:

$$\frac{M}{W_{расч}} \leq R_u,$$

де  $M$  - розрахунковий згинальний момент;

$R_i$  - розрахунковий опір згину;

$W_{розр}$  - розрахунковий момент опору поперечного перерізу елемента.

Розрахунок елементів, що згинаються на міцність по сколюванню слід виконувати за формулою:

$$\frac{QS'_{бр}}{I_{бр} b_{расч}} \leq R_{ск},$$

де  $Q$  - розрахункова поперечна сила;

$S'_{бр}$  - статичний момент бруто зрушуваної частини поперечного перерізу елемента відносно нейтральної осі;

$I_{бр}$  - момент інерції бруто поперечного перерізу елемента відносно нейтральної осі;

$b_{розр}$  - розрахункова ширина перерізу елемента;

$R_{ск}$  - розрахунковий опір деформуючих при вигині.

При перевірці стінки на зріз по нейтральній осі у формулі значення  $R_{ск}$  приймається рівним  $R_{ф.ср}$ , а розрахункова ширина  $b_{розр}$

$$b_{\text{розр}} = \dot{a}_{\text{дет}},$$

де  $\dot{a}_{\text{дет}}$  - сумарна товщина стінок.

При перевірці сколювання по швах між поясами і стінкою в формулі  $R_{\text{ск}} = R_{\text{ф.ск}}$ , а розрахункову ширину перерізу необхідно приймати рівною

$$b_{\text{розр}} = nh_{\text{п}},$$

де  $h_{\text{п}}$  - висота поясів;

$n$  - число вертикальних швів.

**Розрахунок за другою групою граничних станів.** Прогини і переміщення елементів конструкцій не повинні перевищувати граничних, встановлених нормами.

### **1.3. Застосування складових елементів з використанням OSB в каркасних дерев'яних будинках**

Дерев'яний каркасний будинок є одним з кращих винаходів архітектурної думки людини. Дерев'яні і фахверкові будинки були широко поширені в середньовічній Західній Європі. Саме вони створюють неповторний колорит маленьких містечок Швейцарії, Німеччини, Бельгії, Нідерландів.

Найстарші будинки столиці Франції, експлуатовані більше 700 років і до наших днів, можуть розповісти не тільки про багату історію Парижа, але і як такого будівництва. Бурхливий історичний розвиток, результатом якого стала зміна дерев'яних стін на цегляні, залишив незмінним матеріал перекриттів. Не дивно, що, не дивлячись на дві світові війни, що пройшли по Європі, такі котеджі стоять і зараз.

Перші переселенці з Європи привезли в Новий Світ кращі технології і задуми, які допомогли їм вижити в жорстких умовах. У їх числі була і технологія каркасного домобудівництва. Суворий клімат Канади, часті землетруси, виснажлива спека Каліфорнії перетворили європейську фахверкового конструкцію в сучасний північноамериканський дерев'яний каркасний будинок: надійний, теплий, міцний.



Рис.1.5. Каркасний дерев'яний будинок в розрізі

Сьогодні дерев'яний каркасний будинок повністю відповідає потребам людини, яка прагне знайти будинок для себе і майбутніх поколінь. Більше 80% жителів Канади, Америки, Північної Європи живуть саме в таких будинках.

Для обігріву будинків використовується повітряна система опалення та кондиціонування, яка проводиться всередині стінових панелей і підлоги. Обігрів будинку відбувається за рахунок циркуляції теплого повітря в повітроводі. Котли можуть бути встановлені як електричні, так і газові.

Температура регулюється і в лічені хвилини досягає необхідного рівня.

**Конструкція підлоги.** Плити з прямими краями потрібно з'єднувати на лагах дотримуючись зазору мінімум 3 мм навколо плити. При монтажі плит між стінами або в разі "плаваючих підлог" слід залишити зазор 12 мм між плитою і стіною. Плити слід укладати головною віссю перпендикулярно до лаг. З'єднання коротких країв плити завжди має перебувати на лагах. Довгі краї, неоперті на лаги, повинні мати профіль "гребінь-паз", допоміжну опору або з'єднання типу Н-подібної скоби. Якщо перекриття не має даху, то під час атмосферних опадів слід зробити дренажні отвори для водовідведення. При дерев'яному перекритті

першого поверху будівлі, прилеглого до ґрунту, слід створити захист від вітру, з нижньої сторони конструкції перекриття, плюс додатково гідроізоляцію безпосередньо на ґрунті.

Таблиця 1.2. Таблиця попередньої оцінки залежності відстаней між лагами і товщиною застосовуваної плити в житловому будівництві:

Відстані між лагами [мм]	400	500	600
Рекомендована товщина плити OSB-3 [мм]	15-18	18-22	22

Для кріплення плит слід використовувати цвяхи довжиною 51 мм (2") спіральні, або від 45 мм (1 3/4") до 75 мм кільцеві. Цвяхи вбиваємо кожні 30 см на проміжних опорах і кожні 15 см на з'єднаннях плит. З метою підвищення жорсткості можна приклеювати плиту по лагам застосовуючи синтетичний монтажний клей (клеї на водній основі не зможуть забезпечити надійного з'єднання через восковання поверхні ContiFinish). З'єднання "гребінь-паз" слід склеювати (наприклад клеєм типу D3).

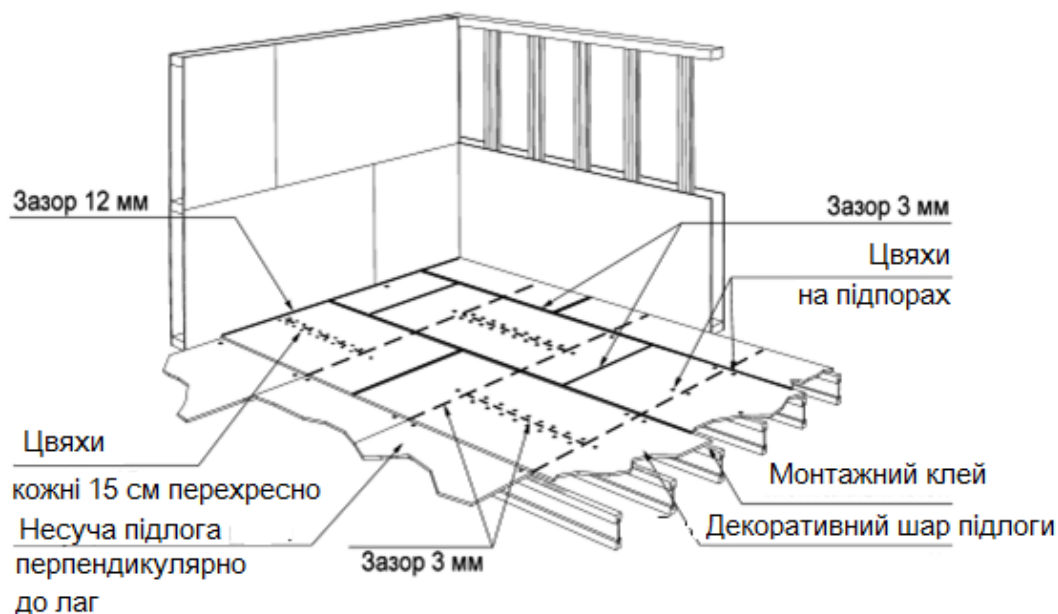


Рис.1.6. Влаштування стіни і перекриття поверху каркасного дерев'яного будинку



**Конструкція стіни.** Плити OSB на стінах можуть бути монтовані в горизонтальному і вертикальному положенні. Між плитами і навколо дверних і віконних прорізів обов'язково потрібно залишити зазор мінімум 3 мм. Рекомендована товщина плити для обшивки стін 12 мм при відстані між стіновими опорами 400 мм і 600 мм. Для додаткової теплоізоляції стін рекомендується застосування мінеральної вати з облицюванням у вигляді мінеральної штукатурки.

Для кріплення стінових плит слід застосовувати цвяхи завдовжки 51 мм (2") спіральні або від 45 мм (1 3/4") до 75 мм кільцеві. Цвяхи вбиваємо кожні 30 см на проміжних опорах і кожні 15 см на з'єднаннях плит. На зовнішніх краях стін цвяхи забиваємо кожні 10 см. Відстань від цвяха до краю плити не повинна бути менше, ніж 1 см.

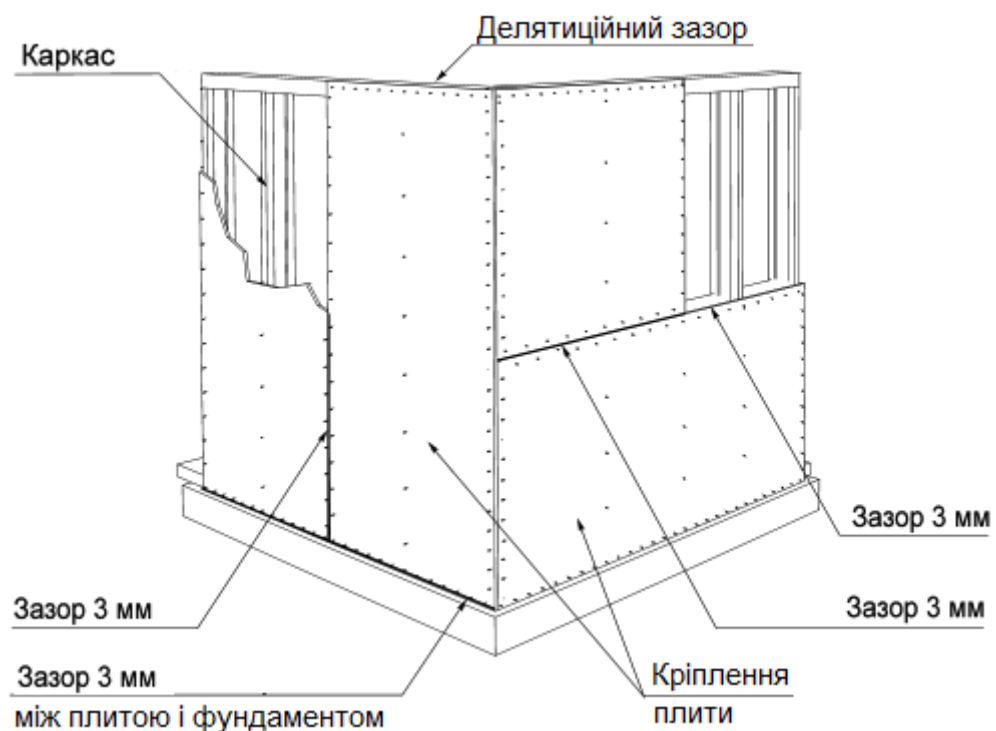


Рис.1.7. Влаштування стіни каркасного дерев'яного будинку

**Конструкція даху.** Перед монтажем обшивки слід переконатися, що кроквяні ноги або решетування утворюють рівну поверхню. Викривлені або нерівні кроквяні ноги вплинуть на остаточний вигляд даху і ускладнять монтаж

(наприклад, при великій нерівності може не вийти зістикувати з'єднання "гребінь-паз" по всій довжині плити). Плити, які промокли під дощем слід залишити до повного висихання і оберегти від біологічної корозії перед тим, як буде покладена черепиця, покрівельні листи, терморубероїд або гонт. Неопалюваний простір під підлогою або горище повинні бути добре вентилявані. Вентиляційні отвори повинні становити не менше 1/150 всієї горизонтальної поверхні.

Найбільше експлуатаційне навантаження має припадати на довгу головну вісь плити. З'єднання коротких країв плити завжди має бути на опорах даху (стін або підлоги). Довгі краї повинні доводитися на допоміжні опори, мати з'єднання "гребінь-паз" або з'єднання Н-подібними скобами. Між плитами з прямими краями слід залишити зазор мінімум 3 мм, щоб дати плиті можливість змінювати розміри при зміні температурних умов. Плита повинна бути покладена на не менше, ніж двох опорах, при цьому з'єднання плит також повинні доводитися на опори.

Таблиця 1.3. Таблиця попередньої оцінки залежності відстаней між кроквяними ногами або решетуваннями і товщиною застосовуваної плити для дахів з нахилом більше 14 градусів:

Відстань між кроквяними ногами або решетуваннями [мм]	600	800	1000
Рекомендована товщина плити OSB [мм]	12	15	18

Якщо в конструкції даху є отвори для димоходів, то обшивку даху необхідно відсунути від димоходу на відстань відповідно до прийнятих будівельних норм. Для кріплення плит OSB на даху слід використовувати цвяхи довжиною 51 мм спіральні або від 45 мм до 75 мм кільцеві. Цвяхи вбиваємо кожні 30 см на кроквяних ногах або обрешітку і кожні 15 см на з'єднаннях плит. Відстань від цвяха до краю плити не повинно бути менше, ніж 1 см.

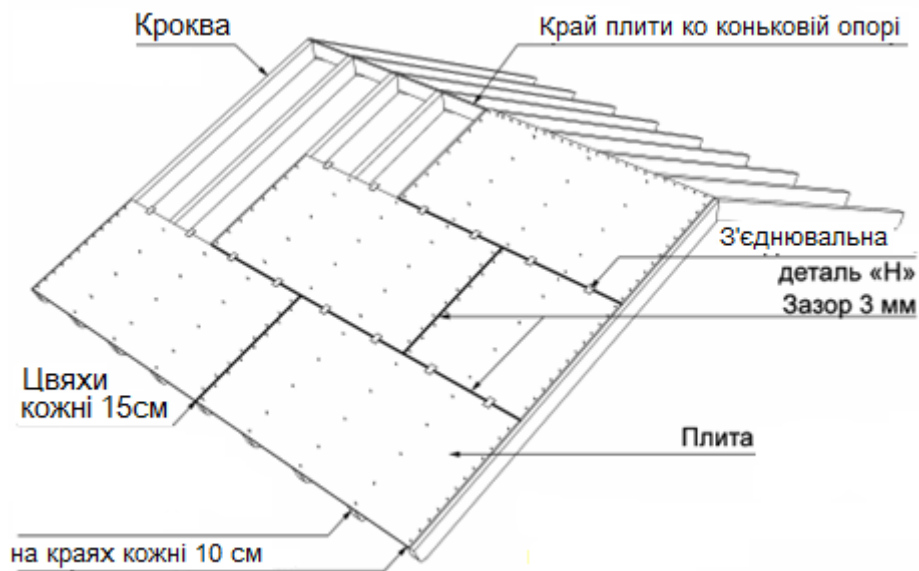


Рис.1.8. Влаштування даху каркасного дерев'яного будинку

Як видно з наведеної вище інформації по каркасних дерев'яних будинках, складові елементи з дерева і OSB знайшли широке застосування при будівництві таких будинків.

Новаторським рішенням в сучасному каркасному будівництві є двотаврова балка Kronopol I-Beam.



Рис. 1.9. Двотаврова балка Kronopol I-BEAM

Завдяки точній розробці продукту зникла проблема скрипу і скручування дерев'яних балок. Перекриття, виготовлені з двотаврових балок Kronopol, відрізняються більш високою термічною ізоляційною характеристикою в порівнянні з традиційними бетонними переkritтями.

Ширина полиці двотаврової балки полегшує монтаж, а можливість виконання отворів в полотні балки полегшує провідку різних систем постачання.

Двотаврова балка Kronopol I-Beam, плита Kronopol OSB і дифузійно-відкрита плита MDF- є основними конструктивними матеріалами системи KRONOPOL- системи сучасного каркасного будівництва.

#### **1.4. Висновки до розділу**

Аналіз конструктивних форм складових балок і розташування їх в каркасі малоповерхових будівель і існуючих методик розрахунку складових дерев'яних балок виявив наступне:

– простежується стійка тенденція зростання використання складових балок з елементами з листа OSB в каркасах малоповерхових будівель, а також для елементів покриттів і перекриттів в кам'яних будівлях;

– найбільш поширеною конструктивною формою балки з елементами з листа OSB є двотаврова балка з суцільними поясами з дерева, у якій стінка з листа OSB вклеєна в паз, влаштований в поясі балки;

– у літературі на даний момент відсутні дані про механічні характеристики листів OSB при розтягуванні і стисненні, які необхідні при розрахунку складової балки з елементами з листа OSB;

– беручи до уваги вищевикладені висновки, встановлено актуальність мети кваліфікаційної магістерської роботи.

## **РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СКЛАДЕНОЇ ДЕРЕВ'ЯНОЇ БАЛКИ ЗІ СТІНКОЮ З OSB**

### **2.1 Створення комп'ютерних моделей складених балок в ПК «Ліра»**

Програмний комплекс ЛІРА (ПК ЛІРА) - це багатофункціональний програмний комплекс для розрахунку, дослідження і проектування конструкцій різного призначення.

ПК ЛІРА з успіхом застосовується в розрахунках об'єктів будівництва, машинобудування, мостобудування, атомної енергетики, нафтовидобувної промисловості і в багатьох інших сферах, де актуальні методи будівельної механіки.

Програмні комплекси сімейства ЛІРА мають більш ніж 40-річну історію створення, розвитку та застосування в наукових дослідженнях і практиці проектування конструкцій. Програмні комплекси сімейства ЛІРА безперервно удосконалюються і пристосовуються до нових операційних систем і графічним середовищах. Новітнім представником сімейства ЛІРА є ПК ЛІРА версії 9.4.

Крім загального розрахунку моделі об'єкта на всі можливі види статичних навантажень, температурних, деформаційних і динамічних дій (вітер з урахуванням пульсації, сейсмічні впливи тощо) ПК ЛІРА автоматизує ряд процесів проектування: визначення розрахункових сполучень навантажень і зусиль, призначення конструктивних елементів, підбір і перевірка перерізів сталевих та залізобетонних конструкцій з формуванням ескізів робочих креслень колон і балок.

ПК ЛІРА дозволяє досліджувати загальну стійкість розраховується моделі, перевірити міцність перерізів елементів з різних теорій руйнувань. ПК ЛІРА надає можливість проводити розрахунки об'єктів з урахуванням фізичної та геометричної нелінійностей, моделювати процес зведення споруди з урахуванням монтажу і демонтажу елементів.

ПК ЛІРА складається з декількох взаємопов'язаних інформаційних систем:

- система ЛІР-Візор;

- система ЛПР-КС (Конструктор перерізів);
- розрахунковий процесор;
- бібліотека скінченних елементів;
- система СТІЙКІСТЬ;
- система ЛПТЕРА;
- система ФРАГМЕНТ;
- система ЛПР-АРМ (Залізобетонні конструкції);
- система ЛПР-СТК (Сталеві конструкції);
- система ЛПР-РС (редагується сортамент);
- система Документатор.

Система ЛПР-Візор- це єдине графічне середовище, яке володіє великим набором можливостей і функцій для формування адекватних скінченно-елементних і супер-елементних моделей та об'єктів, їх докладного візуального спостереження і коригування. Для завдання фізико-механічних властивостей матеріалів, зв'язків, різноманітних навантажень, характеристик різних динамічних дій, а також взаємозв'язків між завантаженими для визначення їх найбільш небезпечних поєднань.

Можливості, що надаються за результатами розрахунку при відображенні напружено-деформованого стану об'єкта, дозволяють зробити детальний аналіз отриманих даних по полях переміщень і напружень, по епюрах зусиль і прогинів, по мозаїк руйнування елементів, по головним і еквівалентним напруженням і за багатьма іншими параметрами. ЛПР-Візор надає вичерпну інформацію по всьому об'єкту і по його елементах.

Розрахунковий процесор реалізує сучасні вдосконалені методи вирішення систем рівнянь, що володіють високою швидкістю і дозволяють вирішувати системи з дуже великим числом невідомих.

У розрахунковому процесорі міститься велика бібліотека скінченних елементів, яка дозволяє створювати адекватні розрахункові моделі практично без обмежень з описом реальних властивостей об'єктів розрахунку. При цьому

можливі завдання лінійних та нелінійних законів деформування матеріалів, врахування геометричної нелінійності, а також врахування конструктивної нелінійності. Реалізовано закони деформування різних класів залізобетону. При розрахунках нелінійних задач проводиться автоматичний вибір кроку навантаження з урахуванням його історії. Можливості процесора дозволяють змоделювати поведінку споруди в процесі зведення при багаторазовій зміні розрахункової схеми.

Система ЛПТЕРА реалізує обчислення головних і еквівалентних напружень по різним теоріям міцності.

Система ФРАГМЕНТ дозволяє визначити сили впливу одного фрагмента споруди на інший як навантаження. Зокрема, можуть бути визначені навантаження, що передаються наземною частиною розрахункової схеми на фундаменти.

Система «Документатор» призначена для формування звітів за результатами роботи з комплексом. При цьому вся інформація може бути представлена як в табличному, так і в графічному вигляді. Табличний і графічний розділи необхідної для звіту інформації можуть бути розміщені спільно на спеціально організованих для цієї мети листах і забезпечені коментарями і написами. Крім того, таблична інформація може бути передана в Microsoft Excel, а графічна - у Microsoft Word. Реалізовано висновок таблиць в форматі HTML.

### ***Створення розрахункової схеми***

Меню СХЕМА включає в себе операції, що дозволяють формувати геометрію розрахункової схеми, коригувати її, давати їй ім'я і ознаку схеми.

*Скасувати*- операція скасування результатів виконаних команд і дій. Для виведення списку виконаних команд і дій необхідно натиснути стрілку поруч із кнопкою Скасувати, потім клацнути дію, яке слід скасувати. Можливо, для пошуку необхідного дії знадобиться перегорнути список. При скасуванні дії скасовуються також всі дії, розташовані вище нього в списку.

*Повернути*- операція повернення результатів виконаних команд і дій. Для виведення списку скасованих команд і дій необхідно натиснути стрілку поруч із

кнопкою Повернути, потім клацнути дію, яке слід повернути. При поверненні дії повертаються також всі дії, розташовані вище нього в списку.

*Ознака схеми*- у діалоговому вікні вкажіть ознаку системи за ступенями свободи, а також задайте (для нового завдання) або змініть (для існуючої завдання) ім'я та шифр завдання, які використовуються розрахунковим процесором для формування імен файлів результатів. У відповідному полі введення можна дати опис завдання, який не повинен перевищувати 80 символів.

Увага! Залежно від вибраної ознаки схеми, ті чи інші операції по створенню схеми можуть бути недоступні.

Створення - Операції формування геометрії розрахункової схеми:

*Регулярні фрагменти мережі*- діалогове вікно містить п'ять закладок для завдання регулярних фрагментів - рам, ростверків, балок-стінок, плит та плоских оболонки, мереж. Вікно містить радіо-кнопку для встановлення площини розташування фрагмента мережі (ХОУ або YOZ), поля введення координат прив'язки в просторі першого вузла фрагмента і кута повороту його навколо осі Z і таблицю для введення значень і кількості кроків вздовж першої (горизонтальної, X) і другий (вертикальної, Y або Z) осей координат. При встановленому прапорці. Вказати курсором фрагмент буде прив'язаний до вузла, вказаного курсором на вже створеному фрагменті схеми.

*Зв'язки*- У діалоговому вікні вказуються напрямки, за якими потрібно заборонити переміщення вузлів - X, Y, Z, UX, UY, UZ. Наявність необхідних зв'язків фіксується за допомогою установки відповідних прапорців. Потім слід виконати команду Застосувати для зазначених вузлів схеми. Видалення зв'язків проводиться аналогічно.

Якщо в будь-якому вузлі задана локальна система координат вузла, то зв'язки будуть накладені за напрямками осей локальної системи координат.

*Об'єднання переміщень*- діалогове вікно містить поле списку для накопичення груп об'єднання переміщень і поле введення поточної групи. При роботі з полем списку задіяні такі команди:



- додати - виклик діалогового вікна, що містить перелік напрямків (X, Y, Z, UX, UY, UZ), за якими буде виконано об'єднання. Проти відповідного напрямку потрібно встановити прапорець і виконати команду «Застосувати». При цьому в полі списку буде занесено рядок з номером та характеристикою групи;

- змінити - виклик діалогового вікна з переліком напрямів для внесення змін до зазначеної в поле списку групи. Після виконання команди «Застосувати» в поле списку вносяться відкориговані характеристики групи;

- видалити - видалення групи зі списку.

Для встановлення необхідної групи як поточної необхідно вибрати цю групу в поле списку. Команда «Додати вузли в групу» виконує привласнення поточної групи зазначеним вузлів.

Команда «Видалити вузли» з групи робить видалення зазначених вузлів з групи.

Встановлений прапорець «Показувати» забарвлює в сірий колір вузли, які увійшли в поточну групу об'єднання.

*Шарніри*- діалогове вікно призначене для завдання шарнірів на початку (1-й вузол) і / або в кінці (2-ий вузол) стрижня. Під шарніром мається на увазі зняття зв'язку на початку і / або в кінці стержня з якої-небудь міри свободи в місцевій системі координат цього стрижня. Початок і кінець стержня визначаються напрямком місцевої осі X1. Допускається вводити як кутові (навколо осей X1, Y1, Z1), так і лінійні (уздовж осей X1, Y1, Z1) шарніри.

У діалоговому вікні для кінців стрижня вказуються напрямки, за якими потрібно ввести шарніри. Введення необхідних шарнірів фіксується за допомогою установки відповідних прапорців. Потім слід виконати команду «Застосувати для зазначених елементів схеми». Видалення шарнірів проводиться аналогічно.

*Супервузли* - діалогове вікно призначене для призначення супервузлів схемою суперелементів і має три закладки:

- присвоєння статусу супервузлів зазначеним вузлів схеми;
- зняття статусу супервузлів з зазначених вузлів схеми;

- призначення трьох базисних супервузлів при встановленому прапорці Вказати вузли курсором. Базисні супервузли позначаються в наступному порядку: рожевий (1), жовтий (2), зелений (3).

Увага! Передбачена можливість роботи зі схемою безпосередньо в процесі виконання поточної операції. Якщо прапорець «Вказати вузли курсором» не встановлено, то є можливість позначки вузлів і елементів. При встановленому прапорці за допомогою курсору миші на схемі відзначаються лише базові точки, необхідні для виконання поточної операції.

Меню «Жорсткості» включає в себе операції, що дозволяють виконувати різні дії на вибір і призначенням характеристик жорсткості для елементів конструкції.

Меню «Навантаження» містить операції, що дозволяють задавати різні навантаження на вузли і елементи конструкції і формувати розрахункові сполучення зусиль і динамічні дії.

При створенні комп'ютерних моделей були використані скінченні елементи(СЕ) - КЕ 41 - «Елемент оболонки» при розрахунку в лінійній постановці завантаження.

КЕ 41-являє собою універсальний прямокутний СЕ оболонки. Даний СЕ призначений для міцнісного розрахунку тонких пологих оболонок (плит, балок-стінок). На малюнку представлені схематичне зображення СЕ і послідовність нумерації його вузлів.

У кожному з вузлів СЕ є по шість ступенів свободи:

$U$  - горизонтальне переміщення, позитивний напрямок якого збігається з напрямком  $X_1$ ;

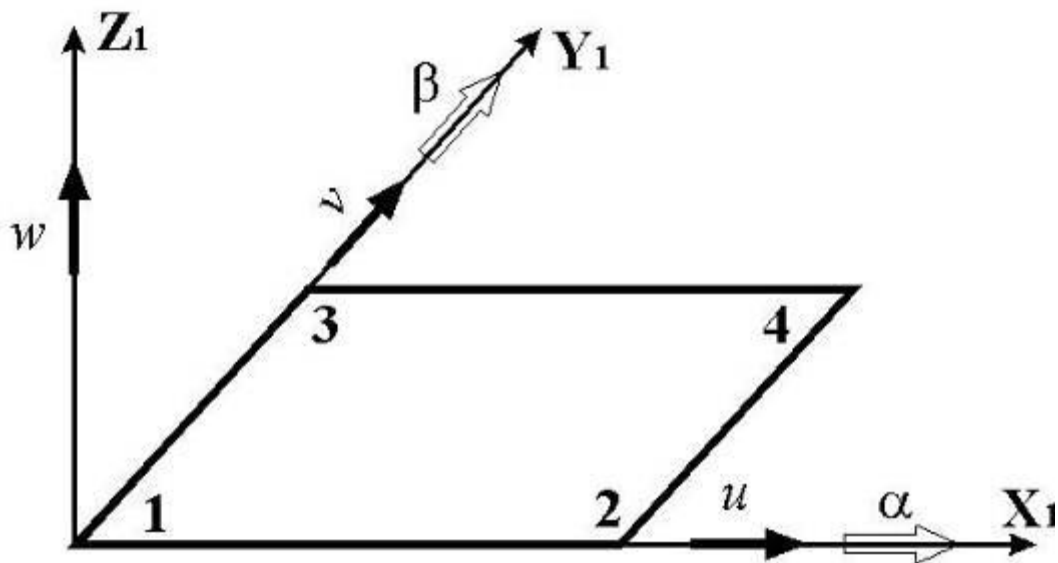


Рис. 2.1. Скінченний елемент - KE 41 - «Елемент оболонки».

$V$  - горизонтальне переміщення, позитивний напрямок якого збігається з напрямком  $Y_1$ ;

$W$  ( $w$ ) - вертикальне переміщення (прогин), позитивний напрямок якого збігається з напрямком осі  $Z_1$ ;

$UX$  - кут повороту щодо осі  $X_1$ , позитивний напрямок якого протилежно напрямку обертання годинникової стрілки, якщо дивитися з кінця осі  $X_1$ ;

$UY$  - кут повороту щодо осі  $Y_1$ , позитивний напрямок якого протилежно напрямку обертання годинникової стрілки, якщо дивитися з кінця осі  $Y_1$ ;

$UZ$  - кут повороту щодо осі  $Z$  загальної системи координат.

Ступені свободи  $U, V$  відповідають мембранним, а  $W, UX, UY$  – згинальним деформаціям. Кут повороту  $UZ$  не входить в число вузлових параметрів, що визначають деформації елемента і в місцевій системі координат дорівнює нулю. Цей ступінь свободи з'являється при стикуванні елементів, які не лежать в одній площині, і необхідна для обліку просторової роботи конструкції.

При розрахунку комп'ютерних моделей в нелінійній постановці завантаженні скінченні елементи були замінені на KE 241 – фізично-нелінійній універсальний прямокутний SE оболонки.

Скінченний елемент призначений для визначення напружено-деформованого стану тонких пологих оболонок. Оболонка розглядається як біматеріальна система з ізотропним фізично нелінійними матеріалами.

На рис 2.2. представлені схематичне зображення SE і послідовність нумерації його вузлів

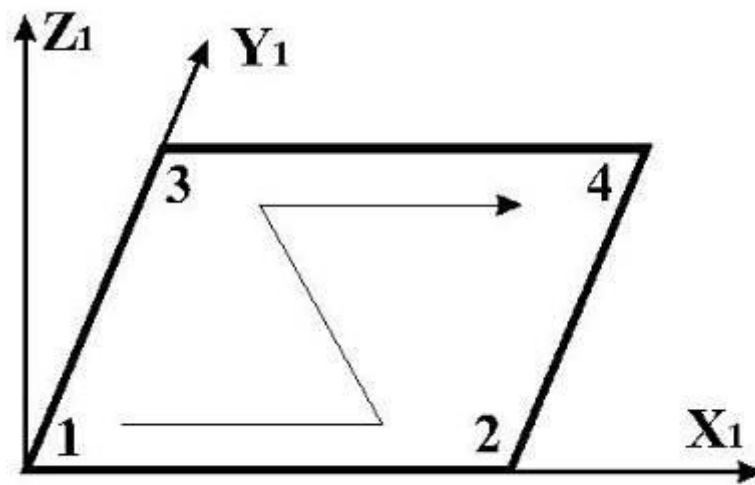


Рис. 2.2. Скінченний елемент KE 241 - - фізично-нелінійній універсальний прямокутний SE оболонки

Вузол скінченного елемента має шість ступенів свободи:

U - лінійне переміщення по осі X1;

V - лінійне переміщення по осі Y1;

W - лінійне переміщення по осі Z1;

UX - кут повороту щодо осі X1;

UY - кут повороту щодо осі Y1;

UZ - кут повороту щодо осі Z1.

Координати вузлів і навантаження описані в декартовій системі координат.

Розрахункова модель (рис 2.3) складеної балки з поясами з дерев'яних брусків з'єднаних зі стінкою з OSB на шурупах складалася з пластинчастих елементів з жорсткістними характеристиками відповідними для поясів - дереву

сосна 2-го сорту (рис.2.4), для стінки - плита OSB ( рис.2.5). Розміри елементів розрахункової моделі прийняті по осях конструктивних елементів.

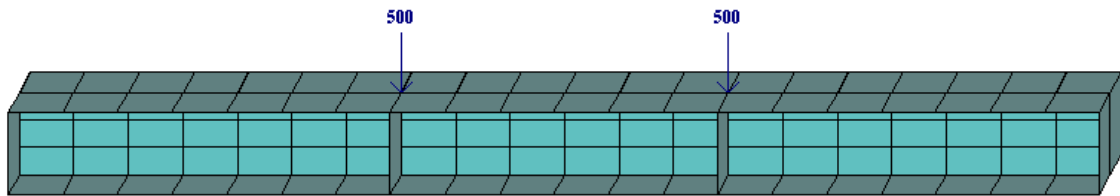


Рис. 2.3. Просторова розрахункова модель двотаврової балки висотою

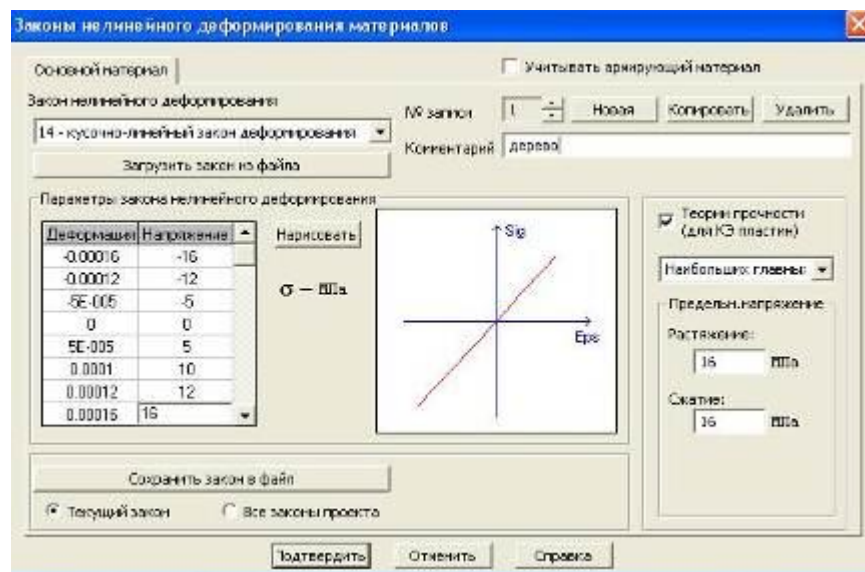


Рис. 2.4. Жорсткісні характеристики дерев'яних поясів балок

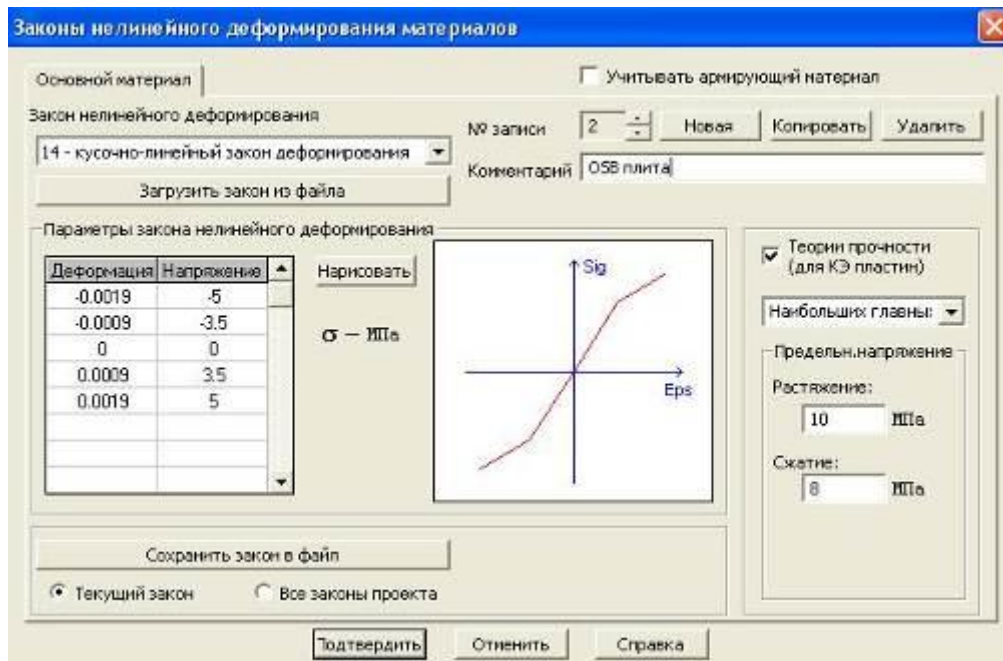


Рис. 2.5. Жорсткісні характеристики стінки з OSB

Всі навантаження прикладаються в глобальній системі координат розрахункової моделі.

В якості основних невідомих прийняті наступні переміщення вузлів:

X лінійне по осі X; Y лінійне по осі Y; Z лінійне по осі Z

UX кутове навколо осі X; UY кутове навколо осі Y; UZ кутове навколо осі Z.

## 2.2 Висновок по розділу

Розглянуто методику скінченно-елементного моделювання балок з OSB плити в середовищі ПК «ЛІРА». Представлено структуру та основні складові ПК «ЛІРА». Визначено тип СЕ елементів необхідних для моделювання з OSB плити.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО РОЗРАХУНКУ

### 3.1. Результати розрахунку моделі двотаврової балки висотою 250 мм

Результати чисельного експерименту представлені у вигляді ізополів розподілу напружень в елементах і переміщень вузлів розрахункової моделі балки представлені на рис.3.1 - 3.5.

З огляду на розподіл напружень в елементах балки можна сказати наступне:

- рівень поздовжніх напружень в елементах стінки має максимальне значення в 1/3 прольоту в районі поперечних ребер жорсткості і близький до розрахункового опору на розтяг -стисненої плити OSB товщиною 8 мм і далі знижується в середині прольоту балки, і незначно збільшується до опор;
- рівень поперечних напружень в елементах стінки в 4-5 разів нижче рівня поздовжніх напружень, і має максимальне значення на опорах і в місцях прикладання навантаження.

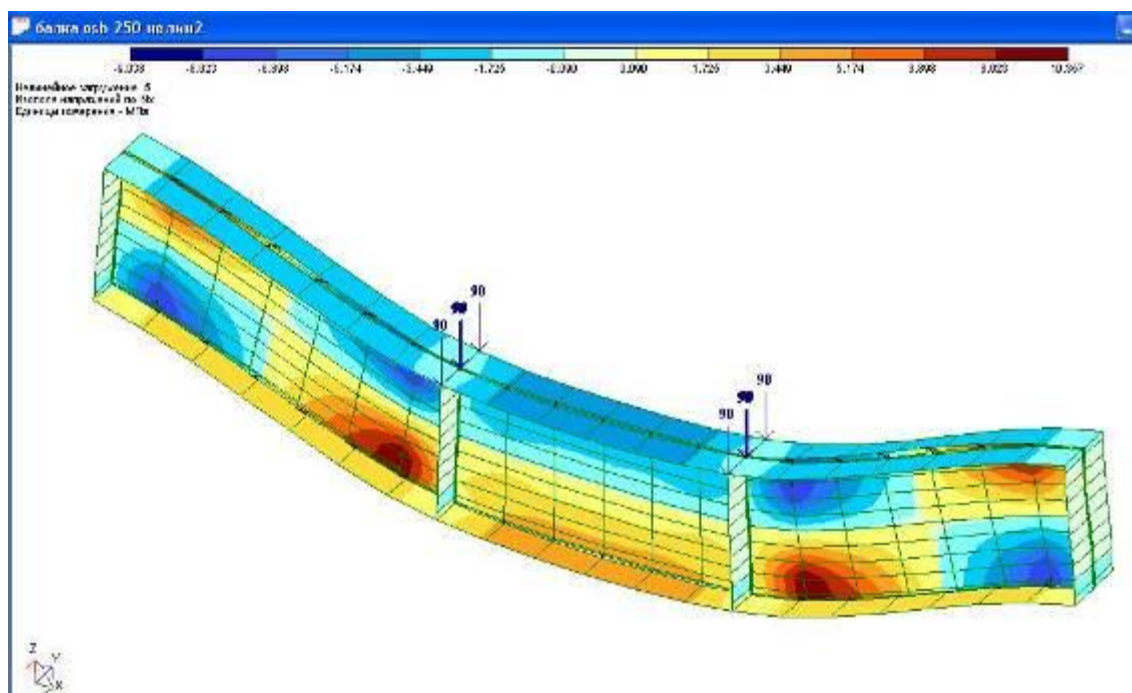


Рис. 3.1. Ізополя поздовжніх напружень в елементах моделі балки при навантаженні 1400 кг

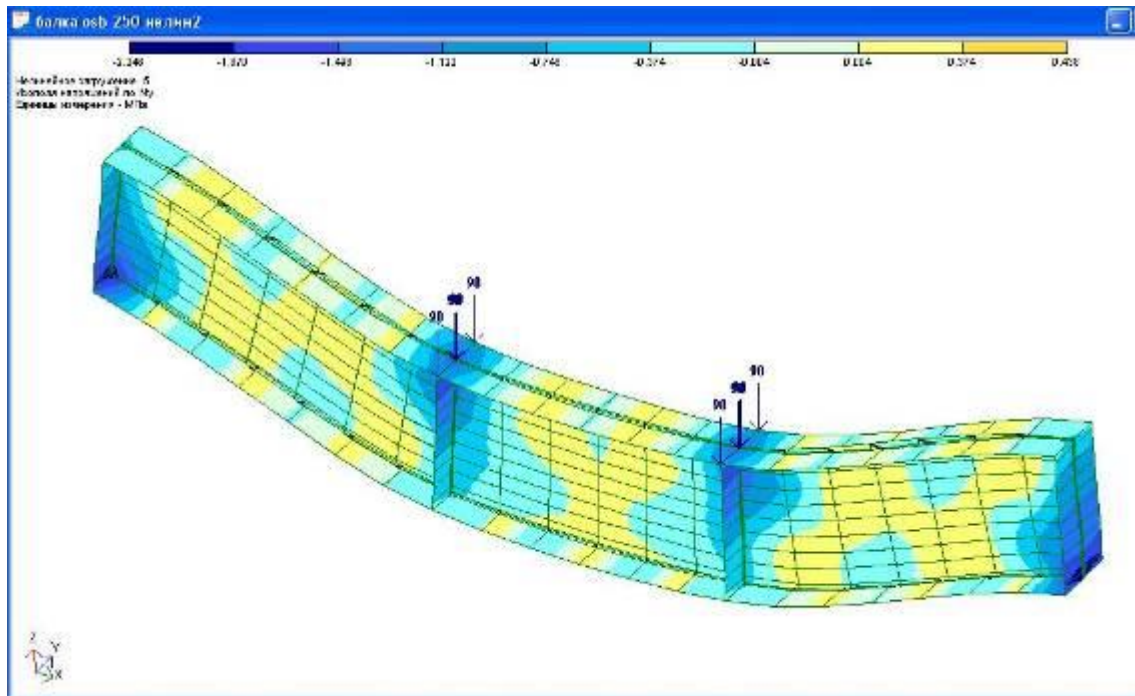


Рис. 3.2. Ізополі поперечних напружень в елементах моделі балки при навантаженні 1400 кг

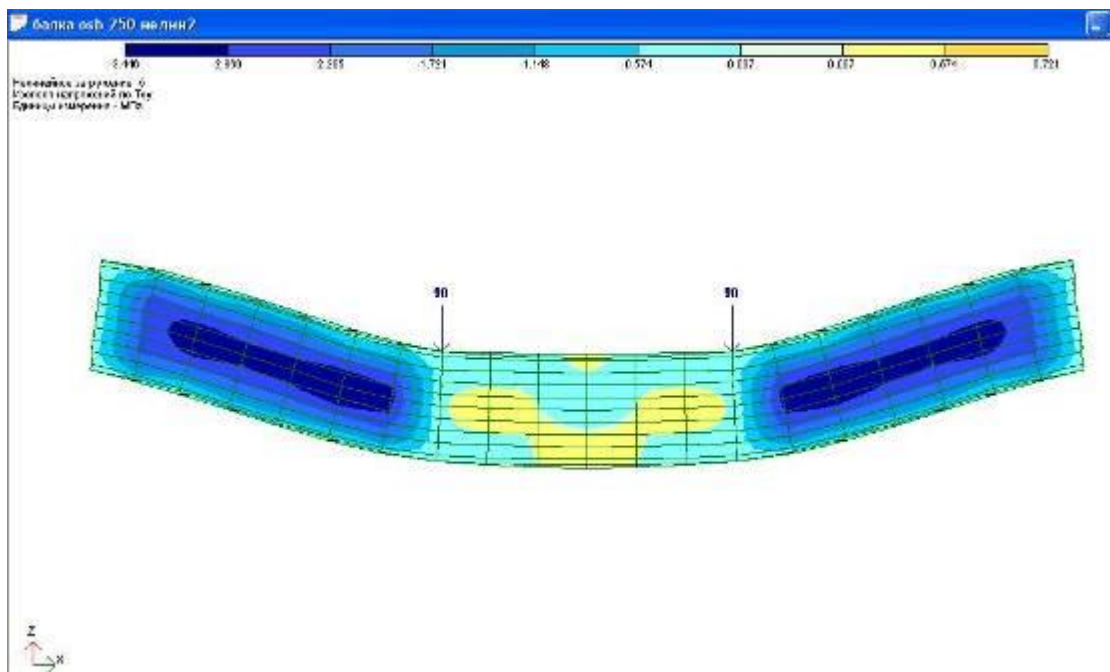


Рис.3.3. Ізополі дотичних напружень в елементах моделі балки при навантаженні 1400 кг



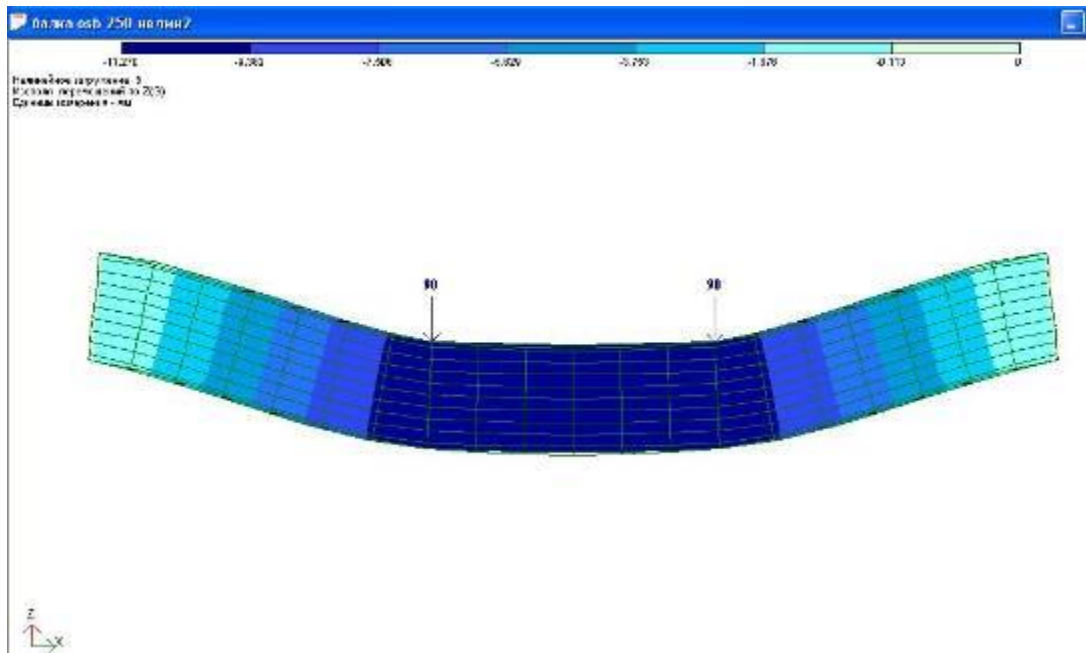


Рис. 3.4. Ізополя переміщень вузлів моделі балки при навантаженні 1400 кг

- рівень дотичних напружень в елементах стінки досягає максимального значення в опорних відсіках балок і нижче рівня поздовжніх напружень в елементах стінки в 3-4 рази і далі знижується в середньому відсіку балки;
- рівень переміщень досягає екстремуму в середині прольоту на ділянці чистого вигину.
- інформація, наведена на рис.3.5 показує, що руйнування балки можливо за елементами стінки. При цьому найбільша ймовірність руйнування від розтягуючих зусиль в 1/3 прольоту в районі нижнього пояса біля поперечних ребер і далі в цих же перетинах від стискаючих зусиль біля верхнього поясу.

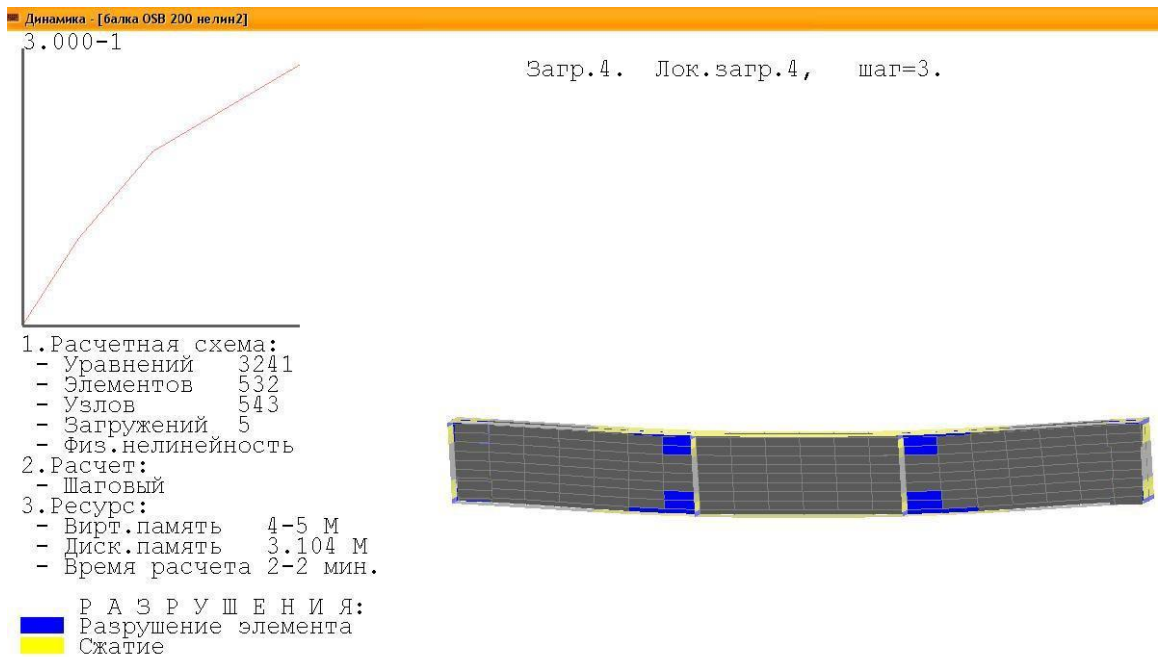


Рис. 3.5. Картина возможного руйнування моделі балки

### 3.2. Результати розрахунку моделі коробчастої балки висотою 250 мм

Результати чисельного експерименту представлені у вигляді у вигляді ізополів розподілу напружень в елементах і переміщень вузлів розрахункової моделі балки представлені на рис.3.6 - 3.8.

По виду розподілу напружень в елементах балки можна сказати наступне:

- рівень поздовжніх напружень в елементах стінки має максимальне значення в 1/3 прольоту в районі поперечних ребер жорсткості і далі знижується в середині прольоту балки, і незначно збільшується до опор;
- рівень поперечних напружень в елементах стінки на порядок нижче рівня поздовжніх напружень, і має максимальне значення в місцях прикладання навантаження за рівнем близьке до максимальних поздовжніх напруг;
- рівень дотичних напружень в елементах стінок досягає максимального значення в опорних відсіках балок і нижче рівня поздовжніх напружень в елементах стінки в 3-4 рази і далі знижується в середньому відсіку балки;

- рівень переміщень досягає екстремуму в середині прольоту на ділянці чистого вигину.

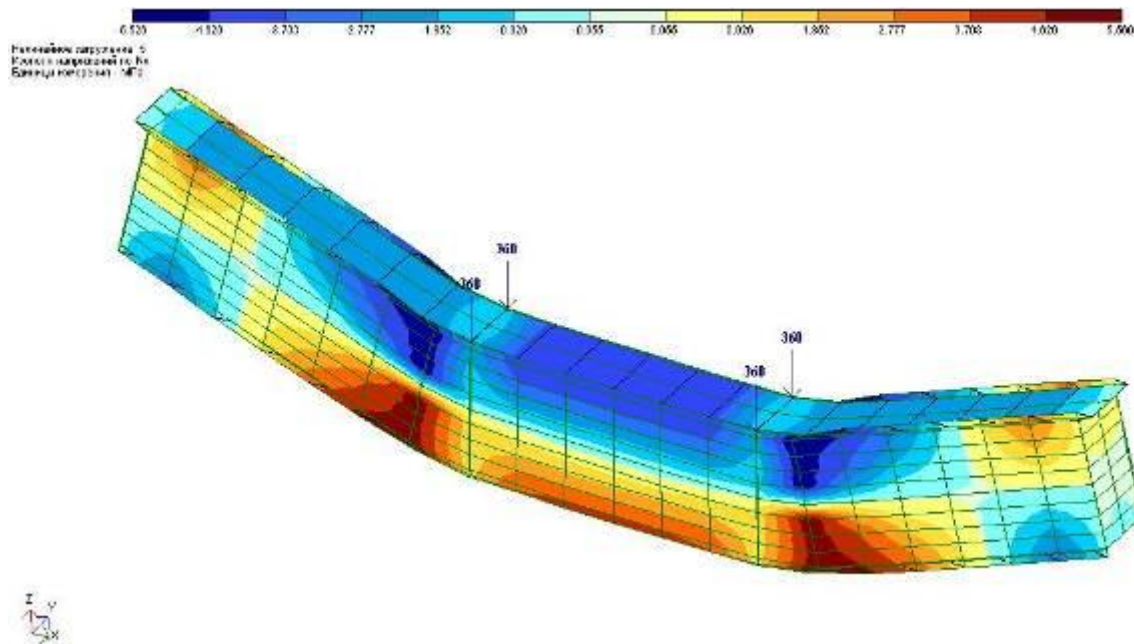


Рис. 3.6. Изополю продольных напряжений в элементах модели балки при навантаженні 1400 кг

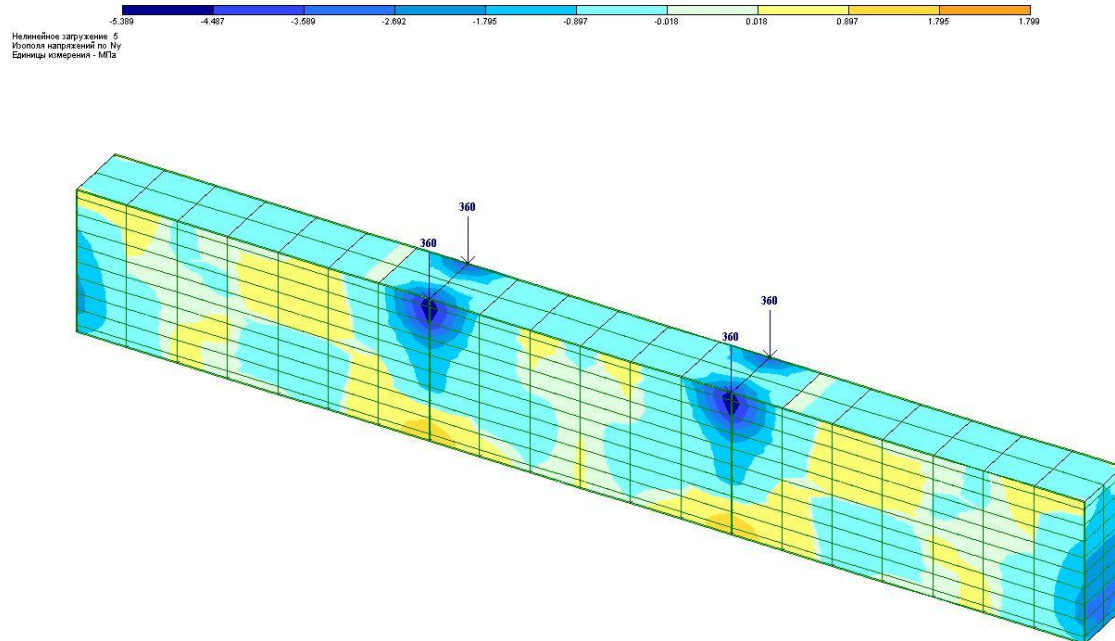


Рис. 3.7. Изополю поперечных напряжений в элементах модели балки при навантаженні 1400 кг

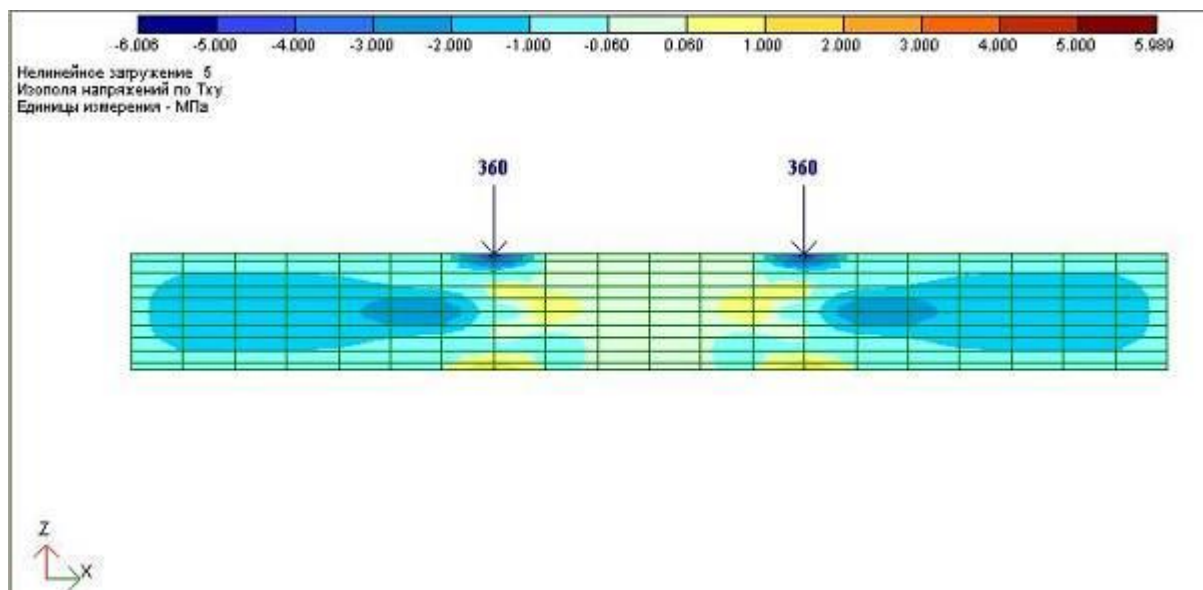


Рис. 3.8. Изополю дотичних напружень в елементах моделі балки при навантаженні 1400 кг

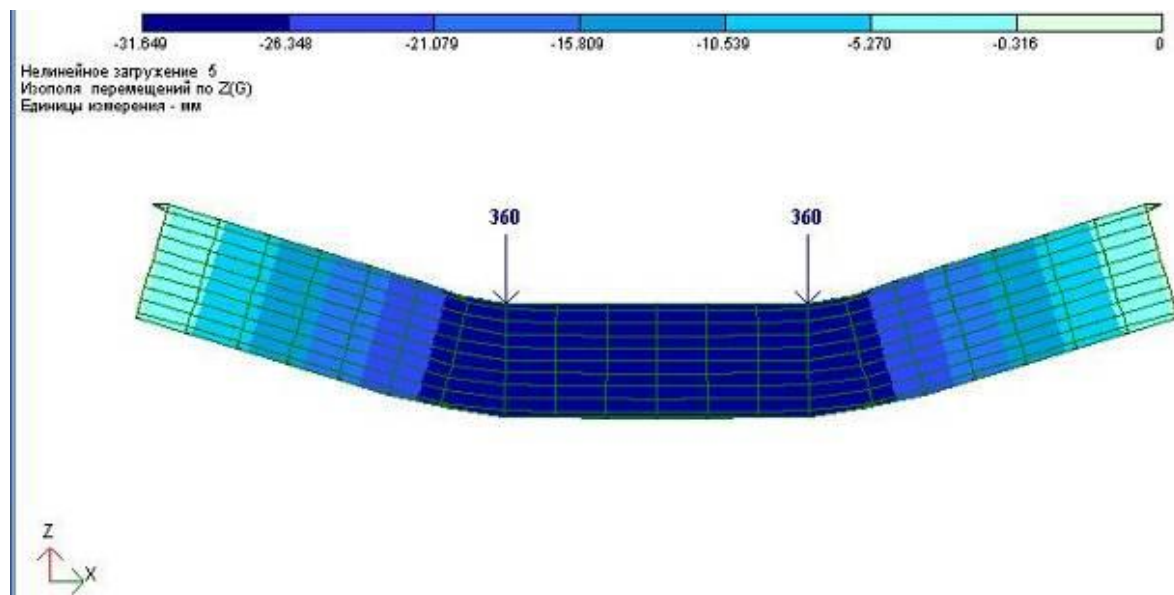


Рис. 3.9. Изополю переміщень вузлів моделі балки при навантаженні 1400 кг

- інформація, наведена на рис.3.10 показує, що руйнування балки можливо за елементами стінки. При цьому найбільша ймовірність руйнування від стискають зусиль у верхнього пояса в 1/3 прольоту в районі поперечних ребер.

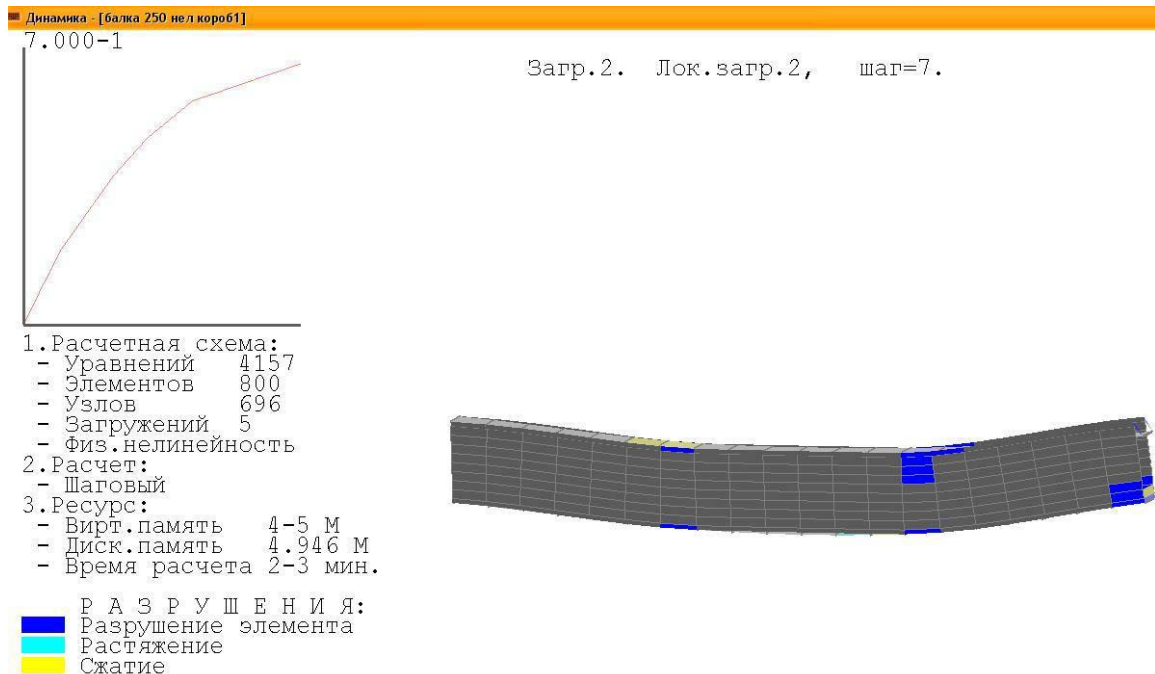


Рис. 3.10. Картина можливого руйнування моделі балки коробчатого перерізу

### 3.3 Висновок по розділу

Розроблено комп'ютерні моделі складових балок на основі МСЕ, що дозволяють отримувати просторовий розподіл напружень в елементах.

Отримано ізополя розподілу напружень в елементах балок, а також картини можливого руйнування балок.

## РОЗДІЛ 4. НЕЛІНІЙНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Результати чисельного експерименту представлені у вигляді ізополів розподілу напружень в елементах і переміщень вузлів розрахункової моделі балки представлені на рис.4.1- 4.5.

-5.496 -4.576 -3.661 -2.746 -1.831 -0.915 -0.055 0.055 0.915 1.831 2.746 3.661 4.576 5.497

Нелинейное нагружение: 4  
Изополя напряжений по Nx  
Единица измерения - МПа

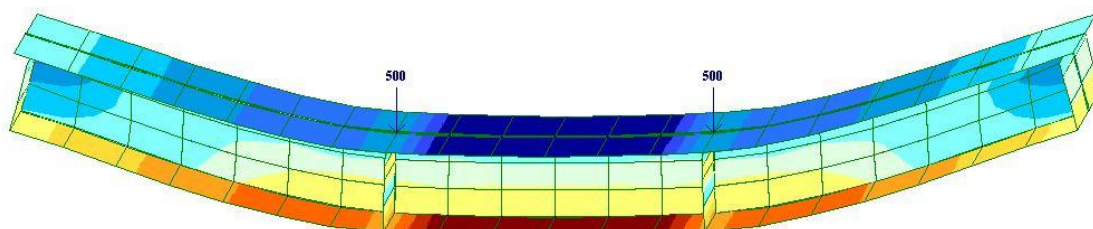


Рис. 4.1. Ізополя поздовжніх напружень в елементах моделі балки при навантаженні 1400 кг

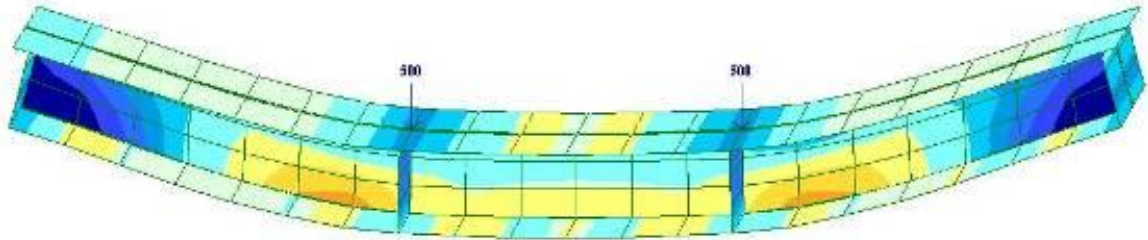


Рис. 4.2. Изополю поперечных напряжень в элементах моделі балки при навантаженні 1400 кг

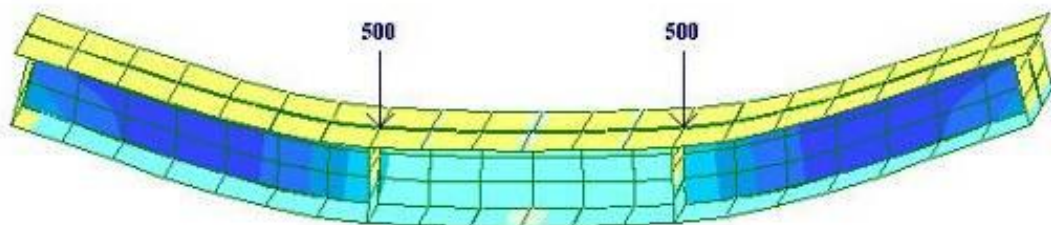


Рис. 4.3. Изополю дотичних напряжень в элементах моделі балки при навантаженні 1400 кг

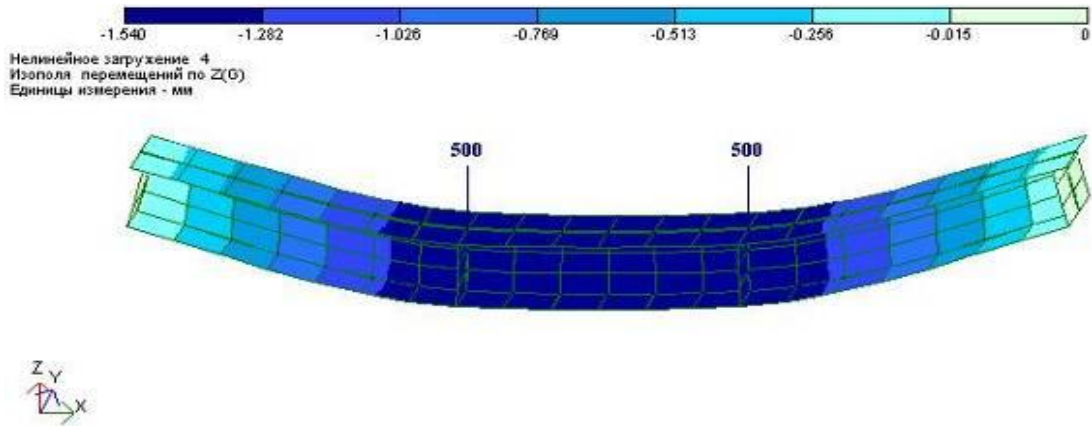


Рис. 4.4. Изополя перемещений узлов модели балки при навантаженні 1400 кг

З огляду на розподіл напружень в елементах балки можна сказати наступне:

- рівень поздовжніх напружень має максимальне значення в поясах балки в середньому відсіку і близький до розрахункового опору на розтяг - стиск плити OSB товщиною 8 мм і далі знижується в приопорних відсіках;
- рівень поперечних напружень в елементах балки на порядок нижче рівня поздовжніх напружень, і має максимальне значення на опорах і в місцях прикладання навантаження;
  - рівень дотичних напружень в елементах стінки досягає максимального значення в опорних відсіках балок і наближається до рівня поздовжніх напружень в елементах балки;
  - рівень переміщень досягає екстремуму в середині прольоту на ділянці чистого вигину;



■ інформація, наведена на рис.4.5 показує, що руйнування балки можливо за елементами стінки. При цьому найбільша ймовірність руйнування від розтягуючих зусиль в 1/3 прольоту в районі нижнього пояса у поперечних ребер і далі в цих же перетинах від стискають зусиль у верхнього пояса.

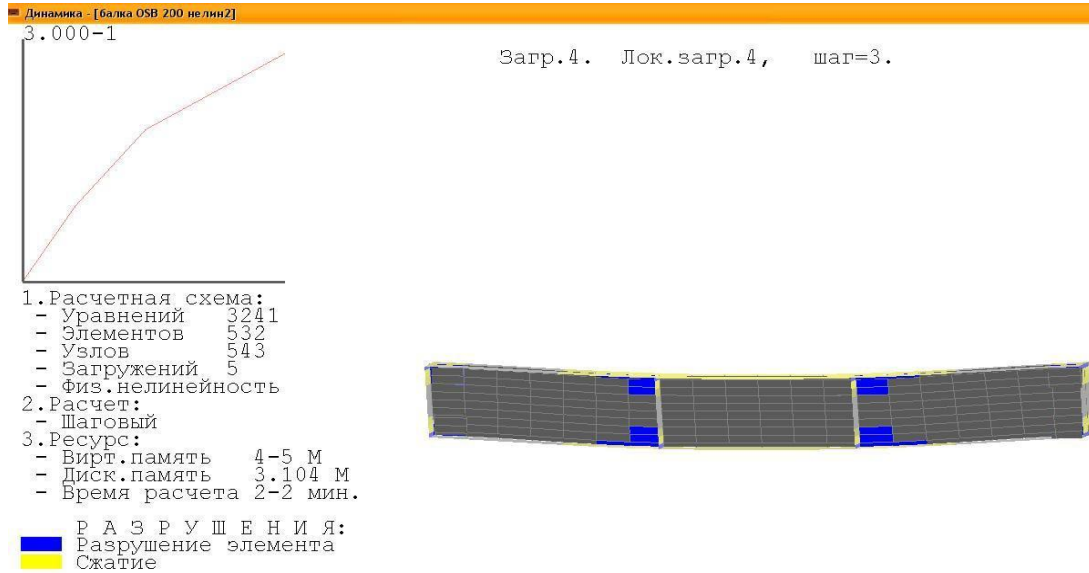


Рис. 4.5. Картина возможного руйнування моделі балки

## 4.2. Лінійна постановка задачі

Результати чисельного експерименту представлені у вигляді ізополів розподілу напружень в елементах і переміщень вузлів розрахункової моделі балки представлені на рис.4.1- 4.4.

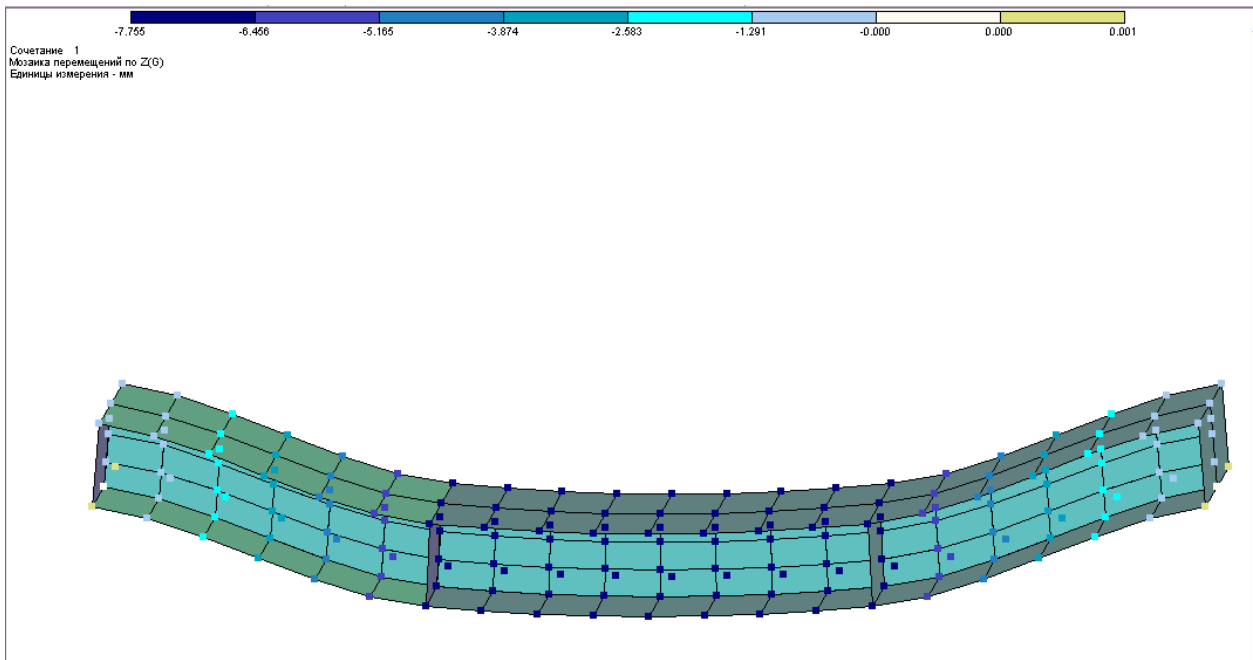


Рис. 4.6. Мозаїка переміщень вузлів по Z

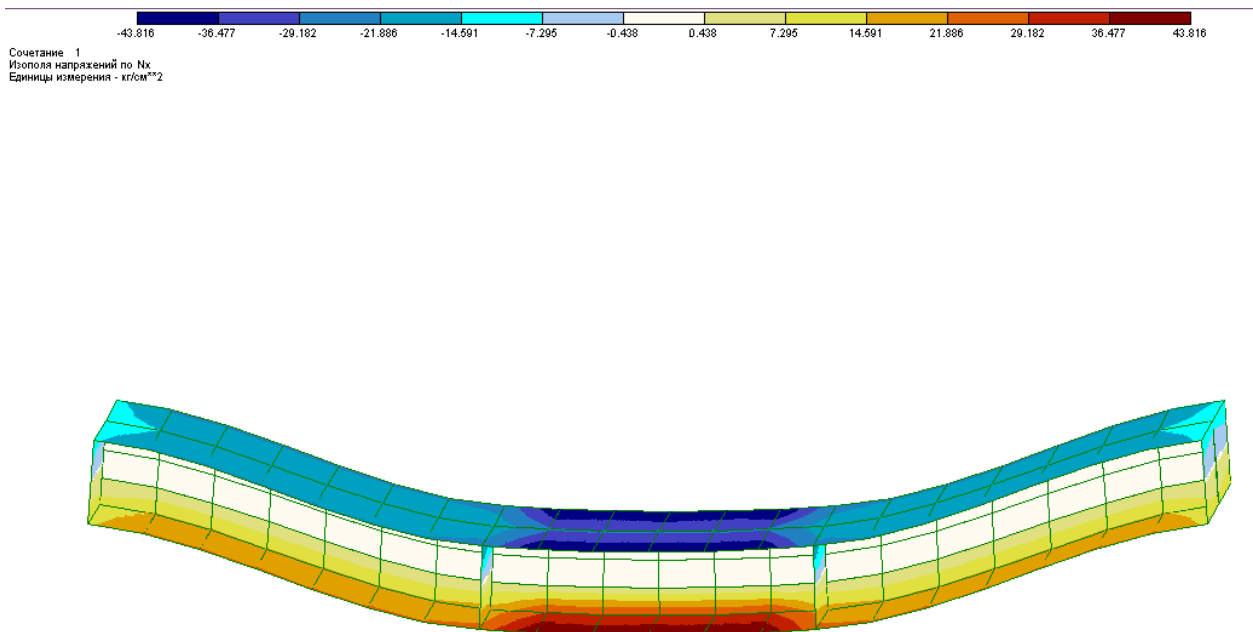


Рис. 4.7. Мозаїка поздовжніх напружень в елементах складеної балки зі стінкою з OSB

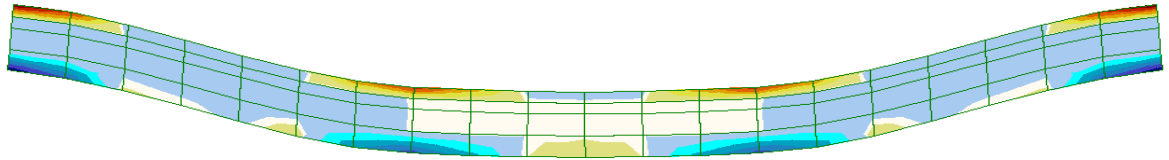
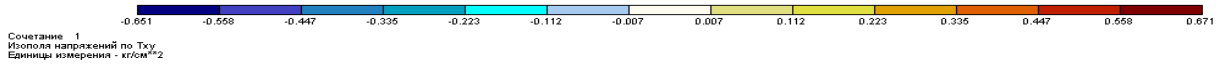


Рис 4.8. Мозаїка дотичних напружень в елементах стінки з OSB

### 4.3. Висновок по розділу

Проведено скінченно-елементе дослідження напружено-деформованого стану складеної балки.

Отримано ізополя розподілу напружень в елементах балок, а також картини можливого руйнування балок при нелінійній постановці завантаження моделей. По виду розподілу напружень в елементах балки можна сказати наступне:

- рівень поздовжніх напружень має максимальне значення в поясах балки в середньому відсіку і близький до розрахункового опору на розтяг плити OSB товщиною 8 мм при навантаженні 15 кН, і далі знижується в приопорних відсіках;
- рівень поперечних напружень в елементах балки на порядок нижче рівня поздовжніх напружень, і має максимальне значення на опорах і в місцях прикладання навантаження.

## **РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Охорона праці**

#### **5.1.1 Організація охорони праці працівників на підприємстві**

З метою забезпечення сприятливих для здоров'я умов праці, високого рівня працездатності, профілактики травматизму і професійних захворювань, отруєнь та відвернення іншої можливої шкоди для здоров'я на підприємствах, в установах і організаціях різних форм власності повинні встановлюватися єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів, пов'язаних з діяльністю людей, а також до якості машин, обладнання, будівель та інших об'єктів, які можуть мати шкідливий вплив на здоров'я. Всі державні стандарти, технічні умови і промислові зразки обов'язково погоджуються з органами охорони здоров'я в порядку, встановленому законодавством. Власники і керівники підприємств, установ та організацій зобов'язані забезпечити в їхній діяльності виконання правил техніки безпеки, виробничої санітарії та інших вимог щодо охорони здоров'я, передбачених законодавством, не допускати шкідливого впливу на здоров'я людей (ст. 28 Основ законодавства України про охорону здоров'я).

Власник зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі й на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити дотримання прав працівників, гарантованих чинним законодавством.

З цією метою власник забезпечує функціонування системи управління охороною здоров'я, для чого створює на підприємстві підрозділи, які традиційно іменуються службою охорони праці. Типове положення про службу охорони праці затверджене наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 р. № 255. Служба охорони праці створюється на підприємствах з кількістю працюючих 50 і більше осіб. На підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть

виконувати у порядку сумісництва (суміщення) особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають виробничий стаж роботи не менше трьох років і пройшли навчання з охорони праці. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю. Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.[80]

На службу охорони праці покладено виконання таких завдань. У разі відсутності впровадженої системи якості відповідно до ISO 9001, опрацювання ефективної системи управління охороною праці на підприємстві та сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожного працівника; забезпечення фахової підтримки рішень роботодавця з цих питань; організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників; вивчення та сприяння впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників; контроль за дотриманням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, положень (у разі наявності) галузевої угоди, розділу "Охорона праці", колективного договору та актів з охорони праці, що діють у межах підприємства; інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці.

### **5.1.2 Правила поведінки під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій**

Під час монтажу будівельних конструкцій, крім погодженого і затвердженого у встановленому порядку ПВР, необхідно виконувати вимоги

дійсного документа, ДБН "Техніка безпеки в будівництві", ДНАОП 0.00-1.03-93 "Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, а також інших державних і відомчих нормативних актів і документів з урахуванням змін, які публікуються у журналі "Охорона праці"

Під час монтажу будівельних конструкцій основними шкідливими виробничими факторами слід вважати:

- машини і механізми, що рухаються і працюють, включаючи вантажопідіймальні;
- переміщення при підйомі і установці в проектне положення конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також укрупнених блоків будинків і споруд;
- втрату стійкості монтуємих чи змонтованих будівельних майданчиків;
- розташування робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок;
- недостатню освітленість робочої зони;
- дію вітру на вантажопідіймальні крани, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції чи частини будинків і споруд;
- токсичний і дратівний вплив лакофарбових матеріалів, а також пари від них на дихальні шляхи людини при виконанні антикорозійних робіт;
- використання порохового монтажного інструмента.

Попередження чи зниження впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, повинно забезпечуватися при:

- пересуванні і роботі машин, механізмів і літальних апаратів - шляхом позначення знаками безпеки небезпечних зон, інженерної підготовки шляхів їх переміщення, а також дотримання правил безпечної їх експлуатації;
- переміщенні конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також при втраті стійкості монтуємих чи змонтованих будівельних конструкцій - шляхом дотримання технології виконання робіт, а також прийняття в

необхідних випадках інженерно-технічних рішень, що забезпечують несучу здатність цих конструктивних елементів;

- розташуванні робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень, використання прогресивних засобів підмашування: автомобільних гідравлічних підйомників (АГП), телескопічних підйомників, колісок, навішених на гак вантажопідіймальних кранів, і т.д., а також застосуванням страхувальних пристроїв і пристосувань;
- недостатній освітленості робочої зони - забезпеченням освітленості площадок складування, будмайданчиків, монтажних площадок і робочих місць за спеціально розробленим проектом відповідно до ГОСТ 12.1.046-85 "Норми освітлення будівельних майданчиків";
- дії вітру на вантажопідіймальні механізми, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції (ферми, колони і ін.), частини будинків і споруд - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень на підставі перевірочних розрахунків на вітрові навантаження: для вантажів, що піднімаються кранами, відповідно до вимог ГОСТ "Крани вантажопідіймальні. Навантаження "вітрове" і для окремо змонтованих конструкцій, частин будинків і споруд відповідно до розділу 6 ДБН "Навантаження і впливи", з урахуванням вітрової пульсаційної складової;
- фізичних перевантаженнях - шляхом максимальної механізації ручної праці і дотримання допустимих норм навантажень при підйомі і переміщенні одиночних вантажів вручну, які не повинні перевищувати для жінок 10 кг при сумісництві з іншою роботою і 7 кг постійно на протязі робочої зміни; для чоловіків - максимум 50 кг;
- підвищеній чи зниженій температурі повітря робочої зони - використанням спецодягу, а також дотриманням тривалості робочого дня і перерв у роботі відповідно до діючих нормативних документів;

- дії електричного струму (у всіх його проявах) на організм людини - дотриманням вимог ГОСТ 12.1.013-78 "Електробезпека. Загальні вимоги", ПУЕ, ПТЕ і ПТБ;
- впливі підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань, а також газів і аерозолів, що утворюються при виконанні зварювальних роботах і роботах, що їх супроводжують, - дотриманням вимог ГОСТ 12.3.003-86 "Роботи електрозварювальні. Вимоги безпеки", а також нормативних актів і документів, що діють в країні;
- токсичному і дратівному впливі лакофарбових матеріалів і пари від них - з урахуванням ГОСТ 12.3.016-87 "Роботи антикорозійні. Вимоги безпеки" і ГОСТ 12.1.005-76 "Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги";. [82...83]

### **5.1.3 Висновки до підрозділу 5.1**

Дотримання вимог, перелічених у даному розділі, забезпечить безпечні умови праці, позбавить травматизму, профзахворювань та виникнення небезпечних факторів, аварій. Покращаться умови праці та виробниче середовище.

У разі порушення норм і правил охорони праці, невиконання колективного договору, наказів роботодавця або розпоряджень органів нагляду за станом охорони праці, внаслідок чого трапилися нещасні випадки, виникли професійні захворювання або інші важкі наслідки настає кримінальна відповідальність.

При виконанні будівельних робіт порушення нормативних і правових актів, а також правил експлуатації будівельних механізмів, якщо це завдало шкоди здоров'ю людей або могло спричинити людські жертви та інші тяжкі наслідки карається позбавленням волі на строк до одного року або виправними роботами на той самий термін, або грошовим стягненням до 20 мінімальних неоподаткованих розмірів заробітної плати.



## **5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **5.2.1 Оцінка стійкості об'єкту (цеху) до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості**

Шляхи та методи підвищення стійкості функціонування об'єкту (цеху) в умовах надзвичайної ситуації в мирний та воєнний час, доволі різноманітні і визначаються конкретними специфічними особливостями кожного окремого підприємства.

Вибір найбільш ефективних (в тому числі і з економічної точки зору) шляхів і способів підвищення стійкості функціонування об'єкту, можливий тільки на основі всебічної ретельної оцінки кожного підприємства, як об'єкту громадянської оборони.

За критерій стійкості об'єктів до впливу ударної хвилі, беруть максимальне значення надлишкового тиску, при якому будинки, споруди й устаткування зберігаються, або одержують слабкі руйнування (ушкодження). При оцінці стійкості визначають наступне:

- максимальний можливий надлишковий тиск ударної хвилі  $\Delta P_{\Phi \max}$  очікуване на об'єкті;
- виділяють основні елементи на об'єкті, від яких залежить його працездатність;
- визначають надлишковий тиск, при яких будинки, споруди, устаткування одержують слабкі, середні, сильні і повні руйнування;
- визначають межі стійкості кожного виділеного елемента до ударної хвилі щодо надлишковому тиску  $\Delta P_{\Phi \lim}$ , при якому елементи одержують слабкі руйнування;
- визначають межі стійкості об'єкту в цілому до ударної хвилі по мінімальній межі стійкості його складових елементів.

Все це буде залежати від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції й розмірів елементів об'єкта, орієнтації відносно вибуху, розміщення будівель і споруд, рельєфу місцевості, характеру аварії, сили землетрусу чи бурі.

Врахувати їх разом для кожного об'єкта неможливо. Тому опір конструкцій дії вибухової хвилі прийнято характеризувати надмірним тиском у фронті ударної хвилі який призводить до слабких, середніх і сильних руйнувань.

Послідовність проведення оцінювання:

- визначення максимального надмірного тиску ударної хвилі, сейсмічної хвилі чи сили бурі, яка очікується на об'єкті;
- виділення основних елементів на об'єкті (тваринницькі ферми, склади, майстерні, комбикормовий цех, цехи переробки та ін.), від яких залежатиме функціонування об'єкта і виробництво продукції;
- оцінка стійкості кожного елемента об'єкта;
- порівняння розрахованої межі стійкості об'єкта з очікуваним максимальним надмірним тиском ударної хвилі сейсмічної хвилі чи сили бурі.
- визначення ступеня можливих руйнувань за таблицею результатів оцінки для елементів об'єкта при можливому і максимальному значенні надмірного тиску, тиску сейсмічної хвилі чи сили бурі і можливі при цьому втрати (відсотки).

На основі результатів оцінки стійкості об'єкта роблять висновки і пропозиції по кожному елементу і об'єкту в цілому: межа стійкості об'єкта, найбільш вразливі його елементи, характер і ступінь руйнувань при максимальному надмірному тиску, сильному землетрусі і урагані, можливі збитки; межа доцільного підвищення стійкості найбільш вразливих елементів об'єкта і пропозиції (заходи) для підвищення межі стійкості об'єкта.

Такими заходами можуть бути:

- укріплення несучих конструкцій та перекритть будівель установкою додаткових колон, ферм, контрфорсів або підкосів;
- розміщення обладнання на нижніх поверхах будівель або в підвалах, надійне закріплення на фундаменті;

## **5.2.2. Розробка заходів щодо підвищення стійкості промислового об'єкту**

Оцінювання стійкості роботи об'єкту – це всебічне вивчення підприємства з погляду здатності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, відновлення виробництва при одержанні середніх і слабких руйнувань.

Мета дослідження складається в тому, щоб виявити уразливі місця в роботі об'єкту у воєнний час і виробити найбільш ефективні пропозиції і рекомендації, спрямовані на підвищення його стійкості. Надалі ці рекомендації включаються в план заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкту, що і реалізується.

Дослідження стійкості підприємств проводиться силами інженерно-технічного персоналу із залученням фахівців науково-дослідних і проектних організацій, пов'язаних із даним підприємством. Організатором і керівником дослідження є керівник підприємства – начальник ЦО об'єкту.

Весь процес планування і проведення дослідження можна розділити на три етапи: перший – підготовчий, другий – оцінка стійкості роботи об'єкту в умовах воєнного часу, третій – розробка заходів, що підвищують стійкість роботи об'єкту.

На першому етапі розробляються керівні документи, визначається склад учасників дослідження й організується їхня підготовка.

Основними документами для організації дослідження стійкості роботи об'єкту є: наказ керівника підприємства; календарний план основних заходів щодо підготовки до проведення дослідження; план проведення дослідження.

Наказ директора підприємства (керівника дослідження) розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням особливостей і конкретних умов, пов'язаних із виробничою діяльністю об'єкту. У наказі вказуються: мета і задачі майбутнього дослідження, час проведення робіт, склад учасників і задачі дослідницьких груп, терміни готовності звітної документації.

Календарний план підготовки до проведення дослідження визначає основні заходи і терміни їхнього проведення, відповідальних виконавців, сили і засоби, які беруть участь у поставлених задачах.

План проведення дослідження стійкості роботи об'єкту є основним документом, що визначає зміст роботи керівника дослідження і дослідницьких груп головних фахівців. У плані вказуються: тема, мета і тривалість дослідження, склад слідчих груп і зміст їхньої роботи, порядок дослідження. Тривалість дослідження встановлюється в залежності від обсягу робіт і підготовленості учасників, залучених до виконання задач, і може складати два – три місяці.

Залежно від складу основних виробничо-технічних служб на об'єкті можуть створюватися такі дослідницькі групи:

- начальника відділу капітального будівництва;
- головного енергетика;
- головного технолога;
- головного механіка;
- відділу матеріально-технічного постачання та ін.

Крім того, створюється група штабу ЦО об'єкту, в яку входять начальники служб оповіщення і зв'язку, протирадіаційного і протихімічного захисту сховищ і ПРУ, медична, охорони суспільного порядку, матеріально-технічного постачання.

Для узагальнення отриманих результатів і подання загальних пропозицій створюється група керівника дослідження на чолі з головним інженером чи начальником виробничого відділу. Чисельність дослідницьких груп залежить від обсягу розв'язуваних задач, специфіки виробництва і може складати 5 – 10 чоловік. Притягнуті до досліджень представники зовнішніх організацій беруть участь у роботі відповідних груп.

Підвищення стійкості об'єкта досягається посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкту. Для цього на кожному ОНГ завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо

важливих елементів об'єкту. Заходи будуть економічно обґрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, бо у процесі проектування, як відзначалося раніше, у багатьох випадках можна домогтися логічного поєднання загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що знизить витрати на їх реалізацію.

### **5.2.3 Висновки до підрозділу 5.2**

Будівельна галузь як структурна ланка сучасної економіки України характеризується комплексом чинників, які зумовлюють колективну і індивідуальну безпеку людей як на етапі спорудження об'єктів будівництва, так і на етапі їх експлуатації. Визначальним чинником для дотримання необхідних умов безпеки є Державні будівельні норми, які охоплюють вимоги до конструкцій, матеріалів, технології спорудження будівельної продукції. Поряд з цим в країні існує мережа контролюючих інстанцій, які призначені для вчасного попередження і виявлення відхилень, які можуть негативно вплинути на експлуатаційні параметри будівель і споруд, стати причиною аварії, зумовити матеріальні витрати і людські жертви. Дотримання встановлених вимог з безпеки життєдіяльності є одним з вузлових питань будівельної галузі.

## ВИСНОВКИ

На основі аналізу літературних даних виявлено основні особливості розрахунку дерев'яних балок. Встановлено основні аспекти з виготовлення та експлуатації дерев'яних конструкцій.

Визначено основні технологічні аспекти виготовлення OSB плит та виявити основні особливості розрахунку складених балок з OSB плит.

Встановлено основні конструктивні особливості виготовлення каркасів малоповерхових житлових будівель із застосуванням плитна основі OSB.

Створено скінченно-елементі комп'ютерні моделі складених балок з OSB плит двотаврового та коробчастого перерізів.

З використанням МСЕ в середовищі ПК «ЛІРА» проведено чисельний експеримент з визначення напружено-деформованого стану елементів балок.

В результаті отриманих даних встановлено наступне:

- рівень поздовжніх напружень має максимальне значення в поясах балки в середньому відсіку і близький до розрахункового опору на розтяг плити OSB товщиною 8 мм при навантаженні 15 кН, і далі знижується в приопорних відсіках;

- рівень поперечних напружень в елементах балки на порядок нижче рівня поздовжніх напружень, і має максимальне значення на опорах і в місцях прикладання навантаження.

Розроблено заходи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.
2. ДСТУ Б А.2.4-39:2008. Креслення будівельні. Правила виконання креслень дерев'яних конструкцій. [Чинний від 2010.01.01]. Вид офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 10 с. (Інформація та документація).
3. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків та споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2018.02.01]. Видання офіц. Київ: ДП Укрархбудінформ, 2011. 102 с. (Нормативний документ Мінрегіонбуду України. Норми проектування.)
4. Конструкції з дерева і пластмас. Навчальний посібник для вузів / За редакцією проф. Іванова В.А. / -К: В. Школа, 1981-392 с.
5. ДБН В.1.2-2: 2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. / Мінбуд України.- ДО 2006.
6. Беленя Є.І., Балдін В.А., Веденіков Г.С. Металеві конструкції. - М.: Стройиздат, 1986. - 560 с.
7. Бондін В.Ф., Бойтеміров Ф.А. Розрахунок міцності на висмикування сталевих стрижнів, вклеєних в деревину // Изв. вузів. Сер. Буд-во і архітектура. - 1974. - №7. - С. 32-37.
8. Бондін В.Ф., Вилегжаніна Ю.Б. Про міцність на зрушення клейових з'єднань сталевих стрижнів з деревиною // Изв. вузів. Сер. Буд-во і архітектура. - 1976. - №11. - С. 20-24.
9. Воронович А.П. Стійкість обшивки з заповнювачем при стисненні і зсуві: Дис. канд. техн. наук: 01.02.03. - М., 1958. - 220 с.
10. EN 300. Плити орієнтовано-стружкові. Технічні умови.
11. ТУ УВ 2.7-22794685-001.2005. Двотаврові дерев'яні балки. Технічні умови. ТОВ «ПОЛ і К».

12. Стоянов В.В. «Експериментальні дослідження двотаврових дерев'яних балок». Зб. наукових праць «Сучасні будівельні конструкції з металу і деревини». Ч.1. - Одеса, 2005, стор. 208-213.
13. Балка склад. Заявка U 2008 15149 від 29.12.2008. Позитивне рішення №3751 / 1 від 12.04.2009.
14. ГОСТ 9622-87. Деревина шарувата клеєна. Методи визначення межі міцності і модуля пружності при розтягуванні. - М.: ІПК, 1988.
15. Пакет прикладних програм «Ліра W. 9.4». К., НІАС, 2004.
16. Лисенко Л.М. Дерево в архітектурі. М.: Стройиздат, 1984. 176 с.
17. Леденев В.В. Ярцев В.П., Однолько В.Г. Проектування конструкцій спеціальних інженерних споруд: Учеб. допомога. Тамбов: ТІХМ, 1991. 99 с.
18. Іванов В.А., Клименко В.З. Конструкції з дерева і пластмас: Підручник для вузів. Київ: Віща школа, 1983. 279 с.
19. Турківський СБ України., Погорельцев А.А. Особливості та перспективи розвитку великопрольотних клеєних дерев'яних конструкцій / Будівельні матеріали, обладнання, технології ХХІ століття: Матер, конф. М., 2004. № 6. С. 20-21.
20. Хрулев В.М., Мартинов К.Я., Лукач СВ., Шутов Г.М. Дерев'яні конструкції і деталі. М. Будівництво, 1995. 384 с.
21. Зуборев Г.Н. Конструкції з дерева і пластмас. М.: Стройиздат, 1990. 287 с.
22. Гринь І.М. Проектування і розрахунок дерев'яних конструкцій: Довідник / І.М. Гринь. Київ, 1988. 263 с.
23. Конструкції з дерева і пластмас / Под ред. Г.Г. Карлсена і Ю.В. Сліцкоухова. М.: Стройиздат, 1986. 543 с. .
24. Прокоф'єв А.С. Конструкції з дерева і пластмас: Підручник для вузів. М.: Стройиздат, 1996. 218 с.
25. Індустріальні дерев'яні конструкції. Приклади проектування: Учеб. посібник для вузів Ю.В. Сліцкоухов і ін. М.: Стройиздат, 1991. 256 с.



26. Лужина О.В. Обстеження і випробування споруд: Підручник для вузів / О.В. Лужина, А.Б. Злочевський, І.А. Горбунов, В.А. Волохов; Під ред. О.В. Лужина. М.: Стройиздат, 1987. 263 с.
27. Леденев В.В., Ярцев В.П. Випробування матеріалів і конструкцій будівель і споруд: Учеб. допомога. Тамбов: Вид-во Тамбо. держ. техн. ун-ту, 1994. 220 с.
28. Ярцев В.П. Будівельних дерев'яні конструкції: Учеб. допомога. М.: МІХМ, ТІХМ. 1988. 88 с.
29. Рекомендації щодо застосування дерев'яних клеєних куполів для покриттів залів громадських будівель. М.: ЦНПЕП ім. Б.С. Мезенцева, 1989. 132 с.
30. Ратнер СБ України., Ярцев В.П. Фізична механіка пластмас. Як прогнозують працездатність. М.: Хімія, 1992. 320 с.
31. Іванов Ю.М., Лобанов Ю.А. Про метод оцінки тривалої міцності деревини та фанери ІВУЗ: Будівництво. Новосибірськ. 1977. № 9. З 25 - 30.
32. Іванов Ю.М., Славін Ю.Ю. Тривала міцність деревини при розтягуванні поперек волокон // ІВУЗ: Будівництво. Новосибірськ. 1986. № 10.
33. Кисельова О.А. Прогнозування працездатності деревостружкових і деревоволокнистих композитів в будівельних виробках // Дис ... канд. техн. наук: 05.23.05. Воронеж, 2003. 205 с.
34. Керівництво з проектування клеєних дерев'яних конструкцій ЦНПІСЬК ім. Кучеренко Держбуду СРСР - М.: Стройиздат, 1977.
35. Керівництво по індустріальному виготовленню дерев'яних клеєних конструкцій для будівництва - М.: Стройиздат, 1975.
36. Рекомендації з проектування і розрахунку будівельних конструкцій із застосуванням пластмас - М.: Стройиздат, 1969.
37. Рекомендації по розрахунковим опорам і модулів пружності фанери з деревини ліственниці.- М.: Стройиздат, 1977.
38. Допомога з розрахункових характеристикам клеєних з'єднань для будівельних конструкцій.- М.: Стройиздат, 1977.

39. Іванов В. А. З'єднання з листовим шарніром на-нагелях. Збірник наукових праць КІСІ.- Київ: Гостехиздат УРСР, 1951.
40. Іванов А. М., Алгазіна Л. Д., Мартинець Д. В. Будівельні конструкції з полімерних матеріалів.- М.: Вища школа, 1978.
41. Землянський А.А. Обстеження і випробування будівель і споруд: Навчальний посібник М.: Вид-во АСВ.2004-240с.
42. Питлюк Д.А. Випробування будівельних конструкцій на моделях: Л.: Стройиздат, 1971.
43. Крилов Н.А., Глухівський К.А. Випробування конструкцій споруд: Л.: Стройиздат, 1971.
44. Yasniy, P.V., Mykhailyshyn, M.S., Pyndus, Y.I. et al. Numerical Analysis of Natural Vibrations of Cylindrical Shells Made of Aluminum Alloy. *Mater Sci* 55, 502–508 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00331-2>
45. Методичні вказівки до виконання курсової роботи на тему «Проектування одноповерхової виробничої будівлі» з навчальної дисципліни «Проектування конструкцій з дерева і пластмас» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» для денної та заочної форм навчання / укл. : Н. Ю. Чорномаз, М. І. Гудь. - Тернопіль : ТНТУ Імені Івана Пулюя, 2020. - 24 с.