

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

АЛЕКСЄЄНКО МАКСИМ ЮРІЙОВИЧ

УДК 683.3.04

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЕРЕВ'ЯНИХ
ЄВРОВІКОН

205 «Лісове господарство»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
кваліфікаційна робота містить результати власних наукових досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

_____ М. Ю. Алексєєнко

Керівник роботи
Кульман Сергій Миколайович
кандидат техн. наук, доцент

Житомир – 2021

Висновок кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій за результатами попереднього захисту:

Протокол засідання кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій № ____ від « ____ » _____ 2020 р.

Завідувач кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій

д. б. н., доцент _____ Кратюк Олександр
Леонідович

« ____ » _____ 2021 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти Алексеєнко Максим Юрійович захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

_____ Білецька Наталія Миколаївна

АНОТАЦІЯ

М. Алексєєнко Розробка та дослідження нових конструкцій дерев'яних євровікон. - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 205 – лісове господарство. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

У роботі проаналізовано сучасний стан конструкторсько-технологічних рішень при виготовленні дерев'яних євровікон. Визначено, що існуючі нині конструкції євровікон досить добре справляються із запитами будівельного ринку. Однак аналіз матеріалів і фурнітури, що застосовуються при їх виготовленні, не дозволити в найближчому майбутньому випускати конкурентноздатну продукцію.

Для удосконалення конструкції та технології виготовлення дерев'яних євровікон пропонується ряд нових конструкторсько-технологічних рішень. Шляхом застосування методу порівняльного аналізу проаналізовані різні види дерев'яних вікон із трьох шарового євробрусу. На підставі проведеного аналізу надано рекомендації щодо нових конкурентноздатних дерев'яних євровікон за використання в конструкціях нових видів фурнітури. Це дозволить випускати конструкції вікон ринкової новизни.

Ключові слова: дерев'яні євровікна, шипове з'єднання, міцність кутових з'єднань, випробування євро вікон

ANNOTATION

M. Alekseenko Development and research of new designs of wooden euro windows. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 205 - forestry. - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

The paper analyzes the current state of design and technological solutions in the manufacture of wooden windows. It is determined that the existing constructions of Eurowindows cope quite well with the demands of the construction market.

However, the analysis of materials and accessories used in their manufacture will not allow in the near future to produce competitive products.

A number of new design and technological solutions are proposed to improve the design and manufacturing technology of wooden eurowindows. By applying the method of comparative analysis, different types of wooden windows from three-layer Eurobar are analyzed. Based on the analysis, recommendations for new competitive wooden windows for use in the construction of new types of fittings. This will allow to produce window constructions of market novelty.

Keywords: wooden eurowindows, stud connection, strength of corner joints, testing of eurowindows

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1.1. Аналіз конструктивних особливостей сучасних конструкцій євровікон	9
1.1.1. Сучасні конструкції металопластикових євровікон	9
1.1.2. Сучасні конструкції дерев'яних євровікон	9
1.2. Висновки по розділу	9
РОЗДІЛ 2. ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ	9
2.1. Стан питання ціль та завдання	10
2.2. Матеріали і методи	11
2.3. Результати і обговорення	12
2.4. Висновки по розділу	14
РОЗДІЛ 3. НАТУРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ	14
3.1. Стан питання	14
3.2. Матеріали, методи та обладнання	15
3.2.1. Матеріали	15
3.2.2. Методи	16
3.2.3. Обладнання	16
3.3. Результати і обговорення	17
3.3.1. Характер деформування усового на з'єднання клею	17
3.3.2. Характер деформування усового з'єднання на клею із вставним шипом впоперек	21
3.3.3. Характер деформування усового з'єднання на клею із вставним шипом вздовж	24
3.4. Висновки по розділу	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28
ДОДАТКИ	32

ВСТУП

Актуальність теми. Деревина – це традиційний матеріал для виготовлення вікон. Завдяки своїм природним властивостям саме з неї виходять міцні, довговічні та теплі вікна. Конструкції дерев'яних вікон постійно вдосконалюються для того, щоб підвищити їх споживчі якості, такі як надійність та тепловий опір. При цьому їх конструкції та технології стають дедалі складнішими і тому дорогими. В даний час найпрогресивнішими вважаються конструкції не з масивної цільної деревини, а вікна з так званого євробруса, тобто бруса, склеєного найчастіше з трьох ламелей. При цьому з'єднання горизонтального та вертикального брусків вікон виконується за допомогою нероз'ємного шипового з'єднання. Виходить досить складна, але надійна і міцна конструкція євровікна, тому складна і дорога технологія його виготовлення, що призводить до підвищення його вартості.

Для зниження вартості постійні зміни конструкції кутових з'єднань євровікон. Одна з таких конструкцій – це кутове з'єднання «на вус», при якому деталі зарізають під сорок п'ять градусів і потім склеюють. При цьому вусове з'єднання додатково встановлюють спеціальну фурнітуру. Однак досліджень щодо міцності такої сполуки залежно від виду сполучних елементів не проводилося.

Виходячи з аналізу останніх досліджень міцності кутових віконних з'єднань метою цього дослідження було перевірка міцності існуючих з'єднань на вус і вироблення рекомендацій щодо їх підвищення.

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є кутові з'єднання дерев'яних євровікон.

Предмет дослідження – міцність кутових з'єднань дерев'яних євровікон при усовому з'єднанні.

Мета роботи – обґрунтувати пропозиції щодо удосконалення конструкції дерев'яних євровікон та технології їх виготовлення. .

Відповідно до встановленої мети слід вирішити наступні завдання:

1. Виконати аналіз конструктивних особливостей дерев'яних євроокон та їх з'єднань.

2. Здійснити аналіз діючої технології виробництва дерев'яних євровікон під час їх виробництва на київській фабриці «Квін-Свіг».

3. Провести експериментальні дослідження міцності кутового з'єднання дерев'яних євровікон при з'єднанні на ус.

Методи досліджень. Дослідження виконувались на основі наступних методів: аналізу та синтезу – для визначення стану ринку дерев'яних євровікон; дослідного експерименту для забезпечення можливості належного проектування; натурного експерименту задля забезпечення верифікації проектних рішень.

Публікації по темі досліджень:

1. С.М. Кульман, Алексеенко М.Ю. Исследование преимуществ гибрида paulownia energy при изготовлении деревянных евроокон. Четверта Міжнародна науково-практична конференція “Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку” : збірник матеріалів (21–22 жовтня 2021, м. Херсон, Україна). – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 476 с.

2. Алексеенко М.Ю. Сравнительный силовой анализ прочности угловых соединений деревянных евроокон. Ліс, наука, молодь: матеріали ІХ Всеукр. наук.-практ. конф. (24 листопада 2021 р.). – Житомир: Поліський національний університет, 2021. – 257 с.

3. Алексеенко М.Ю., Кульман С.М., Бойко Л.М. Дослідження можливості промислового застосування гібрида paulownia energy при виготовленні дерев'яних євровікон. Сучасні проблеми лісового господарства та екології: шляхи вирішення (Факультету лісового господарства та екології – 20 років) Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (7-8 жовтня 2021 року, м. Житомир). – Житомир: Поліський національний університет, 2021 – 276 с.

Практичне значення отриманих результатів. Виявлено характер опору кутового з'єднання дерев'яних євровікон при з'єднанні на вус. Надано практичні рекомендації щодо посилення цього виду з'єднання. Проаналізовано технологію виробництва дерев'яних євровікон на підприємстві Квін-Свіг. Дано практичні рекомендації щодо покращення технології склеювання.

Структура та обсяг роботи. Робота містить 30 сторінок основного тексту, 5 малюнків, 6 таблиць та 8 додатків.

Ключові слова: дерев'яні євровікна, шипове з'єднання, міцність кутових з'єднань, випробування євро вікон, усоеое соединение

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз конструктивних особливостей сучасних конструкцій євровікон

1.1.1. Сучасні конструкції металопластикових євровікон

Існуючі конструкції металопластикових євровікон зазвичай містять усові кутові з'єднання. Міцність таких з'єднань забезпечується за рахунок зварювання пластику та спеціальних кутових металевих з'єднувачів. Усове кутове з'єднання дозволяє значно спростити технологію виготовлення металопластикових вікон і успішно конкурувати на будівельному ринку (Додаток А).

1.1.2. Сучасні конструкції дерев'яних євровікон

У той же час дерев'яні вікна мають досить складні шипові кутові з'єднання. В останні роки стали з'являтися конструкції дерев'яних євровікон з вусовими кутовими з'єднаннями. Вони набагато простіше і технологічніше, проте їх широке застосування стримується недовірам до міцності кутових з'єднань, тому метою цього дослідження і став силовий аналіз міцності кутових з'єднань дерев'яних євровікон (Додаток Б).

1.2. Висновки по розділу

Виходячи з порівняльного аналізу існуючих конструктивно-технологічних особливостей сучасних євровікон можна зробити висновок, що найбільш простою технологією має євровікно, яке має кутове з'єднання на вус. Тому виробник таких вікон матиме кокурентні переваги, тому що їх вартість буде нижчою за вікна традиційного складання на шипове з'єднання.

Однак для того, щоб довести, що якість таких вікон не поступатиметься якості вікон традиційного складання на шипах необхідно провести в тому числі і випробування міцності кутових з'єднань збираються на вус.

Крім того, для аналізу конструктивних особливостей усових з'єднань необхідно також з'ясувати, який конструктивний елемент робить найбільший внесок у міцність з'єднання.

Проведення таких випробувань є досить витратним заходом, оскільки він вимагає виготовлення натурних зразків. Тому набагато дешевше провести якісний обчислювальний експеримент. Таким чином, виникає також завдання верифікації обчислювального експерименту шляхом порівняння його результатів з результатами натурного експерименту.

РОЗДІЛ 2. ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

2.1. Стан питання та ціль

Існуючі конструкції металопластикових євровікон зазвичай містять усові кутові з'єднання. Міцність таких з'єднань забезпечується за рахунок зварювання пластику та спеціальних кутових металевих з'єднувачів. Усове кутове з'єднання дозволяє значно спростити технологію виготовлення металопластикових вікон і успішно конкурувати на будівельному ринку. У той же час дерев'яні вікна мають досить складні шипові кутові з'єднання. В останні роки стали з'являтися конструкції дерев'яних євровікон з вусовими кутовими з'єднаннями. Вони набагато простіше і технологічніше, проте їх широке застосування стримується недовірам до міцності кутових з'єднань, тому метою цього дослідження і став силовий аналіз міцності кутових з'єднань дерев'яних євровікон.

Усове з'єднання дерев'яних євровікон, що застосовується в даний час, містить крім вертикального і горизонтального дерев'яних брусків три основних конструктивних елементи. Це клейовий шов, вставний шип Хофмана (двусторонній ласточкин хвіст) розположений вдоль клеєвого шва и шип Хофмана, розположений поперек.

Мета обчислювального експерименту – оцінити вплив кожного конструктивного елемента усового конвеєра на загальну міцність.

Виходячи із завдань дослідження, як досліджувані матеріали прийняті три різні конструкції усових кутових з'єднань євровікон з тришарового соснового

віконного бруса. Обчислювальний експеримент проводили серед Solidworks Simulation відповідно до ГОСТ 23166-99.

Завданнями обчислювального експерименту були:

- Створення збірок твердотільних моделей, які включають два бруски зарізані під кутом 45 градусів і один із сполучних конструктивних елементів;
- дослідження міцності кожної зі збірок на статичний вигин;
- Визначення величин переміщення на лінії стику вертикального та горизонтального брусків при максимально допустимому навантаженні, що дорівнює 750 Н на відстані 250 мм від площини жорсткого закладення.

2.2. Матеріали та методи

Матеріали моделей було обрано з бази матеріалів Soliworks. Бруски - сосна, вставні елементи пластик АВС, клей - поліуретановий пластик. Фізико – механічні властивості матеріалів представлені у звітах випробувань у Додатку В.

Обчислювальний експеримент проводили згідно з вимогами методики міждержавного стандарту ГОСТ 22186-99 Блоки віконні. Загальні технічні умови Windows. General specification (Додаток Г). При цьому визначалася здатність кутового з'єднання витримувати навантаження, що допускаються згідно з п. 5.3.3. ГОСТ 24700-99 Блоки віконні із склопакетами. Технічні умови. (Додаток Д). Відповідно до п. 5.3.3. кутові з'єднання стулок шириною до 1000 мм повинні витримувати дію навантаження, що дорівнює 750 Н, прикладеної за схемою, представленою на Рис.2.1.

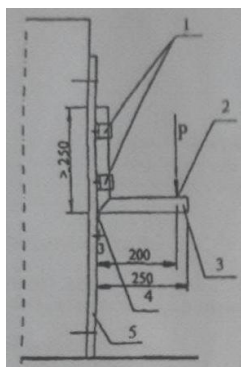


Рис. 2.1.Схема застосування навантаження при випробуванні кутового з'єднання на міцність

2.3. Результати та обговорення

Створені моделі 3Д представлені на Рис. 2.2.

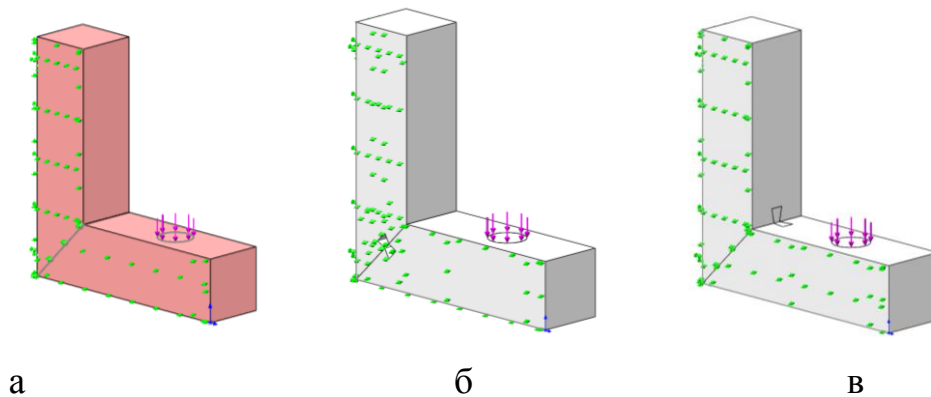


Рис. 2.2. Створені твердотільні 3Д моделі досліджуваних складання кутових з'єднань, а – на клею, б – шип Хофмана впоперек, в – шип Хофмана вздовж

Результати обчислювальних експериментів, що включають епюри внутрішніх еквівалентних напруг (за Мізесом), деформацій та переміщень представлені в Додатку

Найбільш інформативним показником, що визначає ступінь працездатності того чи іншого конструктивного елемента виявилася величина переміщення горизонтального бруска щодо вертикального, яка визначала величину зазору в поєднанні брусків і могла говорити про здатність елемента витримувати зовнішнє навантаження.

У той же час такий показник як величина максимальної внутрішньої напруги не давав повну інформацію, так як ці величини для всіх елементів були набагато нижчими за допустимі межі. міцності застосовуваних матеріалів.

Результати обчислювальних експериментів переміщень при з'єднанні клею представлені на Рис. 2.3.

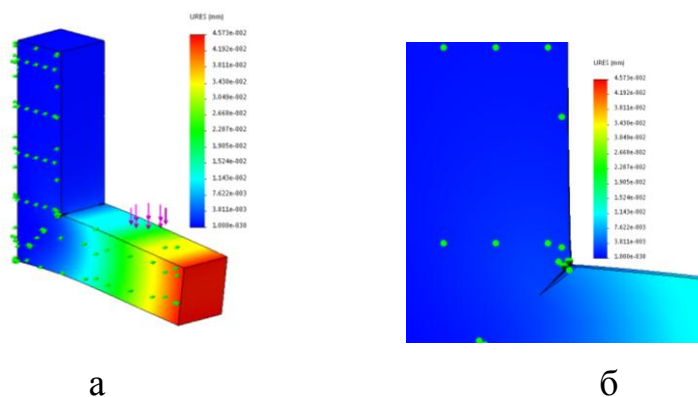


Рис. 2.3. Епюра переміщень з'єднання на клею: а – загальний вигляд; б – збільшений масштаб у місці максимального зазору рівного 13 мкм.

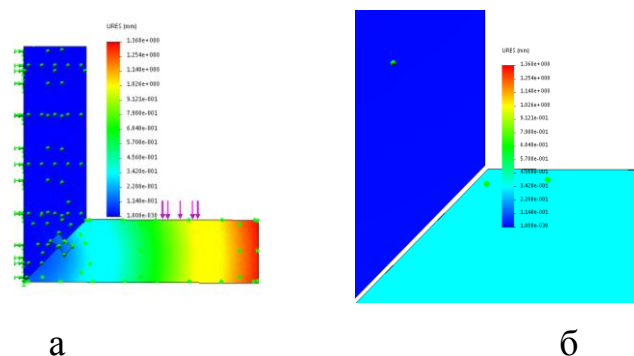


Рис. 2.4. Епюра переміщень з'єднання на шип Хофмана упоперек: а – загальний вигляд, б – збільшений масштаб у місці максимального зазору, що дорівнює 97 мкм

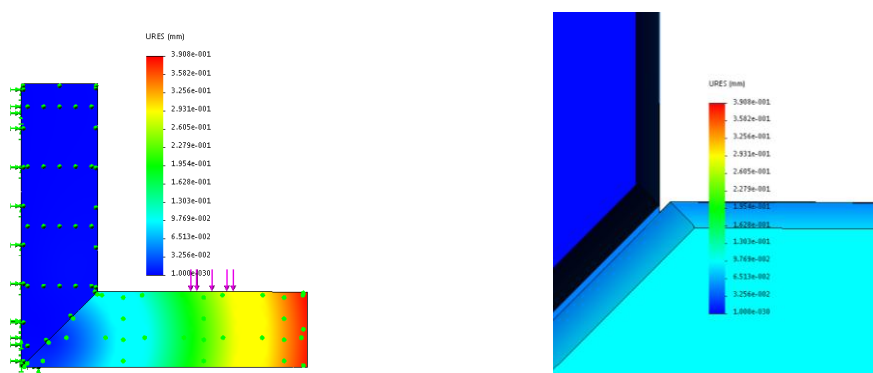


Рис. 2.5. Епюра переміщень з'єднання на шип Хофмана упоперек: а – загальний вигляд, б – збільшений масштаб у місці максимального зазору 340 мкм

2.4. Висновки по розділу

1. Розроблено методику проведення обчислювального експерименту з оцінки властивостей міцності кутових віконних з'єднань. Особливість методики в тому, що як оцінний критерій якості приймається допустима величина переміщення вертикального і горизонтального русків, що з'єднуються між собою, в місці їх контакту в точці максимально можливих переміщень.

2. Застосування розробленої методики дозволило визначити, що при додатку максимально допустимо нормованого навантаження 750 Н на відстані 250 мм від площини жорсткого закладення, що виникає максимальний зазор у поєднанні брусків при з'єднанні тільки на клею склав 13 мкм, тільки на шип Хофмана поперек 9 на шип Хофмана вздовж 340 мкм.

РОЗДІЛ 3. НАТУРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

3.1. Стан питання

В даний час найпрогресивнішими вважаються конструкції не з масивної цільної деревини, а вікна з так званого євробруса, тобто бруса, склеєного найчастіше з трьох ламелей. При цьому з'єднання горизонтального та вертикального брусків вікон виконується за допомогою нероз'ємного шипового з'єднання. Виходить досить складна, але надійна і міцна конструкція євровікна, тому складна і дорога технологія його виготовлення, що призводить до підвищення його вартості.

Для зниження вартості постійні зміни конструкції кутових з'єднань євровікон. Одна з таких конструкцій – це кутове з'єднання «на вус», при якому деталі зарізають під сорок п'ять градусів і потім склеюють. При цьому вусове з'єднання додатково встановлюють спеціальну фурнітуру. Проте досліджень із міцності такого з'єднання залежно від виду сполучних елементів не проводилося.

Виходячи з аналізу останніх досліджень міцності кутових віконних з'єднань метою цього дослідження було перевірка міцності існуючих з'єднань на вус і вироблення рекомендацій щодо їх підвищення.

3.2. Матеріали, методи та обладнання

3.2.1. Матеріали

Як досліджувані матеріали були використані виготовлені київською фірмою Квін-Свіг зразки для проведення випробувань із соснового євробрусу розміром 78 x 82 мм. Було виготовлено три види зразків: 1) зібрані лише на клею (Рис. 3.1а); 2) зібрані на клею за допомогою подвійного ластівчиного хвоста фірми Хофман (Hoffmann) розташованого в поперечному напрямку (Рис. 3.1б); 3) зібрані на клею за допомогою подвійного ластівчиного хвоста фірми Хофман (Hoffmann) розташованого в поздовжньому напрямку (Рис. 3.1в);

З'єднання на поліуретановому клеї ПУ-501 фірми Клейберіт.

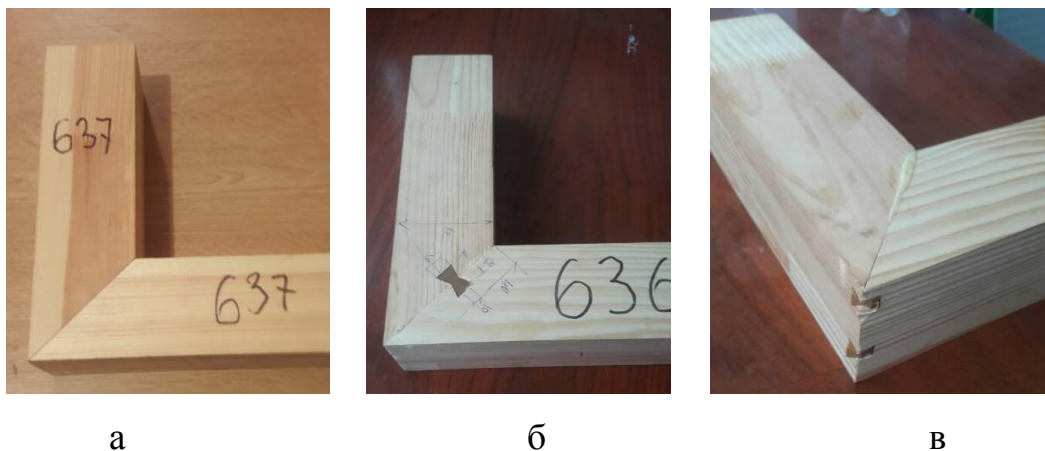


Рис. 3.1. Зразки кутових з'єднань: а – на клею, б – на клею за допомогою шипа Хофман упоперек, в – на клею за допомогою шипа Хофман вздовж



Рис. 3.2. Конструктивні сполучні елементи

3.2.2. Методи

Випробування проводили згідно з міждержавним стандартом ГОСТ 22186-99 Блоки віконні. Загальні технічні умови Windows. General specification (Додаток Е). При цьому визначалася здатність кутового з'єднання витримувати навантаження, що допускаються згідно з п. 5.3.3. ГОСТ 24700-99 Блоки віконні із склопакетами. Технічні умови. (Додаток Ж). Відповідно до п. 5.3.3. кутові з'єднання стулок шириною до 1000 мм повинні витримувати дію навантаження, що дорівнює 750 Н, прикладеної за схемою, представленою на Рис.

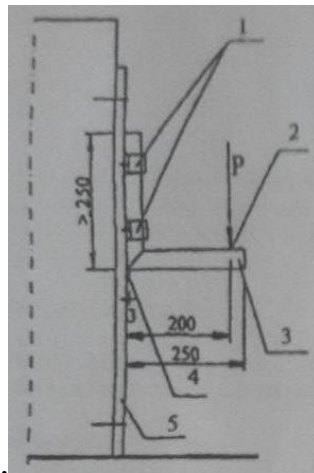


Рис. 3.3. Схема застосування навантаження при випробуванні кутового з'єднання на міцність

3.2.3. Обладнання

Випробування проводили на розривній машині Р5-М2 з максимальним зусиллям 50 кН, при швидкості зростання навантаження 2 мм/хв. Допустиме навантаження фіксували шляхом визначення величини розкриття стику в усовому з'єднанні за допомогою цифрового мікроскопа. При додатку зростаючого навантаження за допомогою цифрового мікроскопа фіксували шляхом запису на відео стан клейового шва в місці максимальної внутрішньої напруги. При цьому програмно-апаратний комплекс на базі розривної машини Р5-М2 фіксував зміну навантаження в часі та будував графік у координатах «навантаження (Н) – переміщення (мм)» Детальний опис програмно-апаратного комплексу в Додатку

Приклад налагодження одного з випробувань наведено на Рис. 3.4.



Рис. 3.4. Налагоджує програмно-апаратний комплекс. Видна рухома траверса розривної машини, цифровий мікроскоп в місці максимальної внутрішньої напруги клейового шва і зразок, що випробовується.

3.3. Результати та обговорення

3.3.1. Характер деформування та руйнування усового з'єднання тільки за допомогою поліуретанового клею ПУ-501

Відео проведених випробувань доступне за посиланням https://www.youtube.com/watch?v=m_5mQBOEKJU

На Рис. 3.5 показано вихідний стан клейового шва у місці установки мікроскопа.



Рис. 3. 5. Вихідний стан клейового шва в області максимальної еквівалентної напруги (за Мізесом)

На Рис. 3.6 показано стан клейового шва в момент застосування навантаження 700 Н.

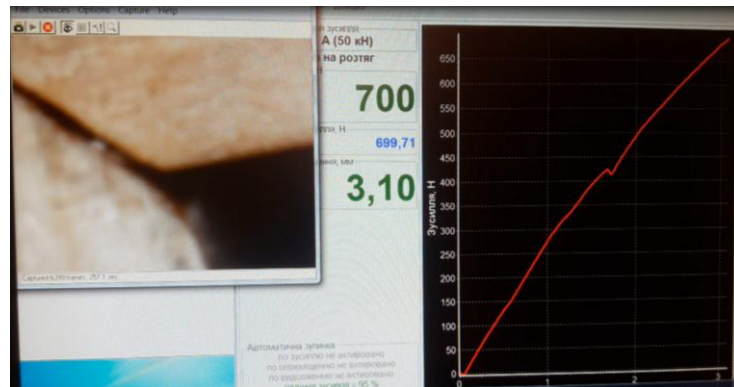


Рис. 3.6. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при навантаженні 700 Н.

Як впливає з Рис. 3.6 вид клейового шва дещо змінився, при цьому графік почав змінювати свою форму з прямої на параболічну.

На Рис. 3.7 показано стан цього місця в момент деформування-руйнування при максимально витриманому навантаженні 1071 Н. Перехід в режим з загостренням.

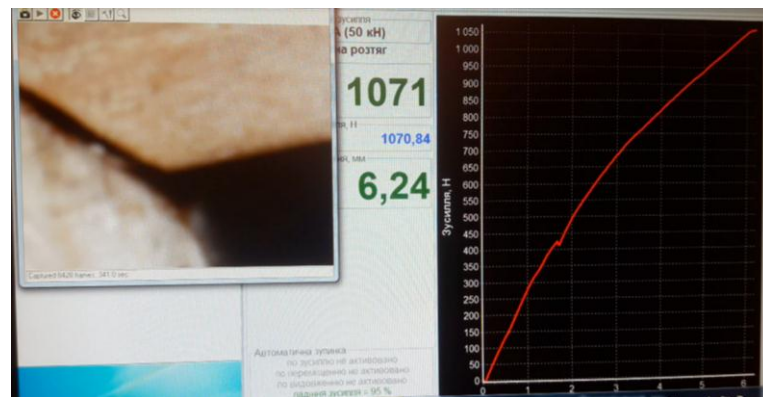


Рис. 3.7. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при максимальному навантаженні 1071 Н.

На Рис. 3.8 показано стан катастрофічного руйнування в момент, коли максимум вже пройдено і навантаження становить 727 Н. Часткове руйнування клейового шва.



Рис. 3.8. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при навантаженні 727 Н.

На Рис. 3.9 стан у момент катастрофічного руйнування в момент, коли максимум вже пройдено і навантаження становить 623 Н. Це повне руйнування клейового шва.

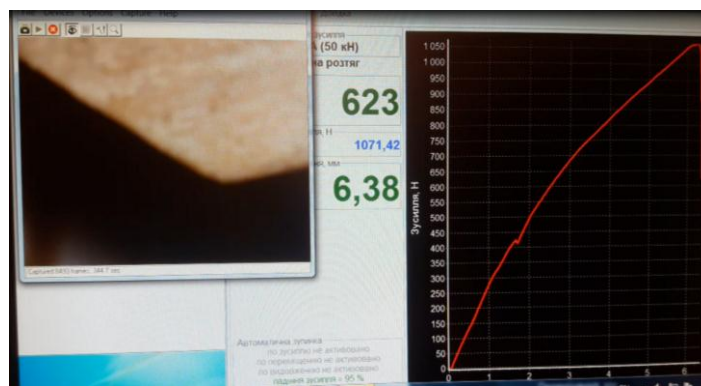


Рис. 3.9. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при навантаженні 623 Н.

Аналіз фотографій та графіків зміни навантаження дозволяє говорити про поступове деформування та руйнування клейового шва в процесі підвищення навантаження. На початковому етапі відбувається пружна деформація всієї системи, що включає вертикальний брус, клейовий шов, горизонтальний брусок. На графіках координатах «навантаження – переміщення» видно, що приблизно до 600 Н зростання навантаження йде прямою. Це ділянка пружного деформування системи. Після 600 Н графік йде кривою, яка характерна для в'язкопружного деформування. Можна припустити, що такий характер кривої пов'язаний здебільшого вже з деформуванням та поступовим руйнуванням

клеєвого шва. При досягненні точки 800 Н крива знову стає прямою, що говорить про ще одну ділянку пружного деформування клеєвого шва. Можна припустити, що в цей час відбувається характерне для полімерів так зване зміцнення. Однак пружні властивості деформованого шва вже не мають такого ж модуля пружності як на початковій ділянці, так як нахил прямої йде під меншим кутом. На відео також видно, що після досягнення максимального навантаження графік не обривається вниз одномоментно, але спочатку відбувається плавне падіння і тільки потім настає момент повного руйнування клеєвого шва. Цей процес досягнення максимуму, перехід у режим із загостренням та руйнування представлений на Рис. 3.10.

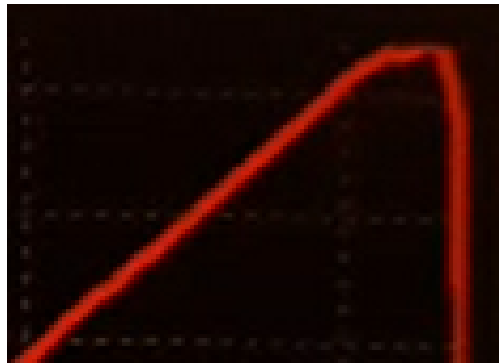


Рис. 3.10. Кінцева ділянка кривої деформування – процес досягнення максимального навантаження, перехід у режим із загостренням та руйнування

Після руйнування клеєвого шару бруски повністю відокремилися. Поверхні руйнування представлені Рис. 3.11 .

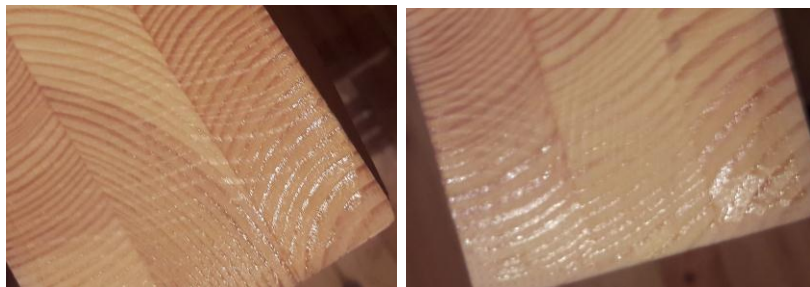


Рис. 3.11. Поверхні руйнування клеєвого шва на горизонтальному та вертикальному брусках

Аналіз поверхонь руйнування говорить про те, що клей був розташований неоднорідно по всій поверхні склеювання. Це видно по блискучих лініях вздовж річних кілець пізньої деревини, яка має значно більшу щільність, ніж

рання. Можна припустити, що це стало наслідком можливо таких причин. Перша - клей ввібрався в більш пухкі шари, або друга - шари пізньої деревини виступати над шарами ранньої деревини внаслідок більшої величини усадки в процесі сушіння або зарізання на вус.

3.3.2. Характер деформування та руйнування усового з'єднання за допомогою поліуретаного клею ПУ-501 із вставним шипом типу подвійного ластівки хвоста розташованого поперек

Відео проведених випробувань доступне за посиланням <https://www.youtube.com/watch?v=RBX-Nvx5tNQ>

На Рис. 3.12 показано вихідний стан клейового шва у місці установки мікроскопа.



Рис. 3.12. а – загальний вигляд з'єднання (клей + Хофман); б – вихідний стан клейового шва в області максимальної напруги (за Мізесом)

На Рис. 3.13 показан стани клейового шва та криві навантаження в координатах «навантаження (Н) – переміщення (мм)» у різні моменти часу аж до руйнування клейового шва.



Рис. 3.13. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при навантаженні 1174 Н.



Рис. 3.14. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при максимальному навантаженні 1315 Н.

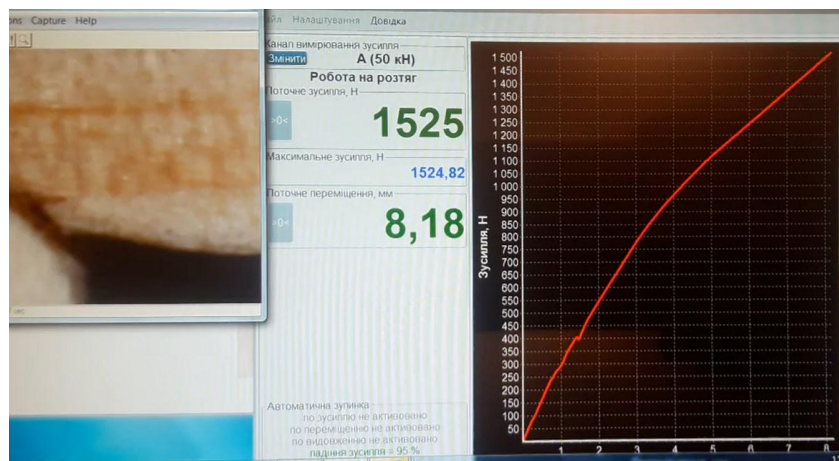


Рис. 3.15. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при максимальному навантаженні 1525 Н.

На Рис. 3.16 стан у момент катастрофічної руйнації в момент, коли максимум 1607 Н вже пройдено і навантаження становить 1140 Н. Часткове руйнування клейового шва.

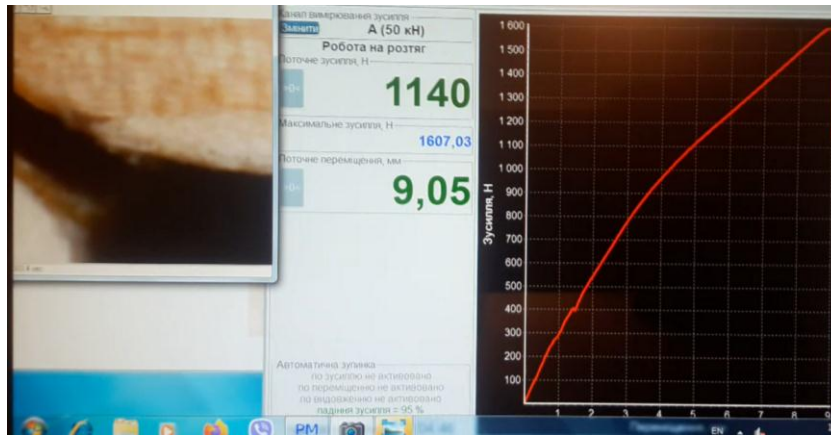


Рис. 3.16. Стан клейового шва в момент деформування-руйнування при навантаженні 1140 Н

На Рис. 3.17 представлений у збільшеному масштабі перехід від ділянки зміцнення 1100 - 1602 Н до ділянки деформування-рунування в режимі з загостренням, 1602 - 1140 Н, який включає і точку максимуму 1607 Н.

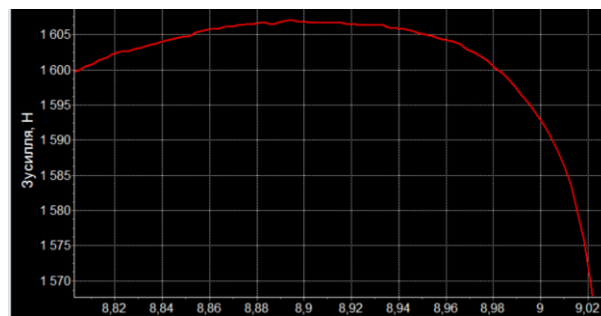


Рис. 3.17. У збільшеному масштабі перехід від ділянки зміцнення 1100 – 1602 Н до ділянки деформування – руйнування в режимі з загостренням, 1602 – 1140 Н, який включає і точку максимуму 1607 Н.

Як видно з наведених малюнків, характер кривих навантаження повністю збігається з характером кривих для кріплення без вставного шипа. Проте величини навантажень у реперних точках значно відрізняються.

Крім того повне руйнування даної системи, яка включає в себе крім загальних елементів і вставний двосторонній ластівковий шип вже інша. Зокрема, клейовий шов зруйнувався лише до вставного шипа. Що повторює характер деформування системи за результатами обчислювального

експерименту. Рис. 3.18 представлений вид зруйнованого клейового шва в області його стику зі вставним шипом.

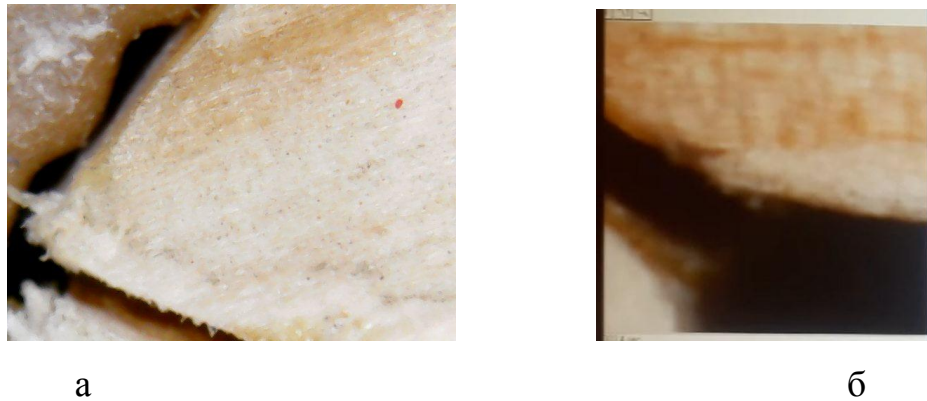


Рис. 3.18. Стан клейового шва в момент руйнування при навантаженні 1140 Н.

3.3.3. Характер деформування та руйнування усового з'єднання за допомогою поліуретанового клею ПУ-501 із вставним шипом типу подвійного ластівки хвоста розташованого вздовж

Відео випробувань доступне за посиланням
<https://www.youtube.com/watch?v=1yq4R5mdhtI>

Результати випробувань подано на Рис. 3.19.

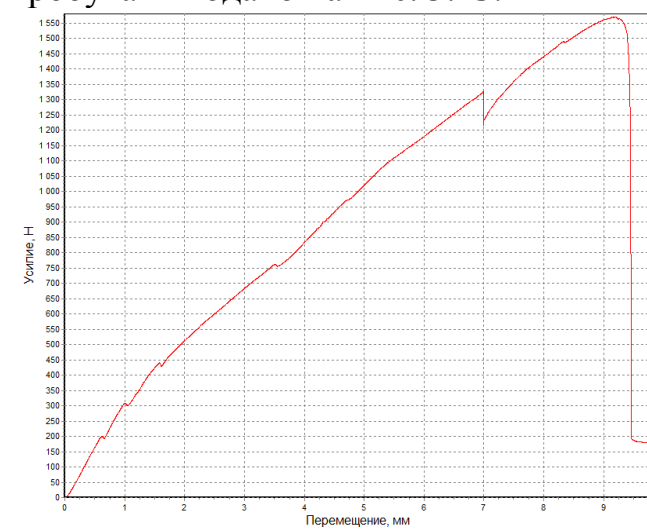


Рис. 3.19. Характер деформування та руйнування усового з'єднання за допомогою поліуретанового клею ПУ-501 із вставним шипом типу подвійного ластівки хвоста розташованого вздовж

Характерні реперні точки процесу деформування-руйнування представлені у Таблиці 3.1.

З метою вироблення рекомендацій щодо підвищення несучої здатності даного виду з'єднання було проведено випробування без застосування клею двох видів. Перший - тільки шипи Хофман розташовані поздовжньо і другий посилені шурупом 6 x 100, розташованим поперек площини контакту деталей усового з'єднання.

Результати випробувань подано на Рис. 3.20.

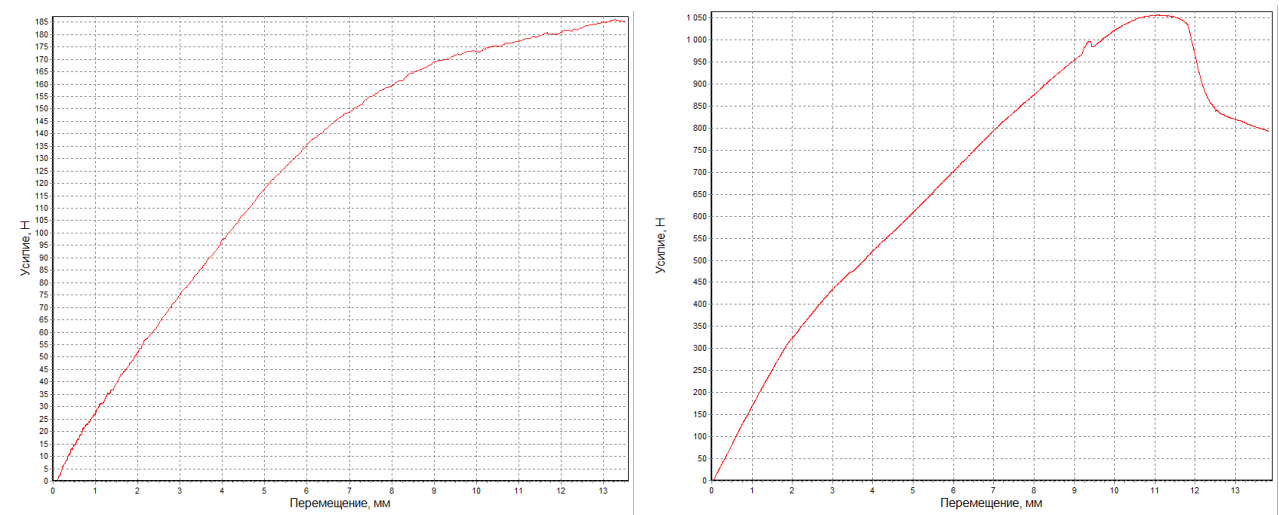


Рис. 3.20. Результати випробувань усового з'єднання тільки на двох поздовжніх шипах Хофмана без клею (а) (639) та без клею, посилені шурупом (б) (638)

Характерні реперні точки процесу деформування-руйнування представлені у Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Результати експериментів образів усових віконних з'єднань різних конструкцій при дослідженні їхньої міцності згідно з ГОСТ 24700-99

№ п/п	Вид з'єднання	Характерні реперні точки процесу деформування-руйнування (Н) різних ділянок процесу деформування				
		Пружне, (Н)	В'язко пружне, (Н)	Зміцнення, (Н)	Максимальне навантаження $R_{\text{макс}}$, (Н)	Режим із загостренням (руйнування), (Н)
1	ПУ клей	0 - 600	600 – 800	800 – 1000	1071	1000-623
2	ПУ клей + шип Хофмана впоперек	0 - 800	800 - 1100	1100 - 1602	1607	1602 - 1140
3	ПУ клей + шип Хофмана вздовж	0 - 450	450 - 900	900 - 1550	1570	1550 - 1450
4	шип Хофмана вздовж	0 - 120	120 - 175	470	485	450
	шип Хофмана вздовж + шуруп	0 - 300	300 - 500	500 - 1025	1057	1025 - 1030

*) Максимально допустиме навантаження згідно з ГОСТ 24700-99 не повинно перевищувати 750 Н при довжині консолі 250 мм. Оскільки наша консоль при натурному експерименті була довжиною 300 мм, максимально допустиме навантаження має не перевищувати 625 Н.

3.4. Висновки по розділу

1. Найбільший внесок у міцність кутового з'єднання вносить клейовий шов так як максимальне навантаження становить $R_{\text{макс}} = 1057$ Н, що набагато перевищує максимально допустиму за ГОСТ 24700-99 рівною 750 Н.

2. Найменший внесок робить шип Хофмана вздовж, $R_{\text{макс}} = 485$ Н. Однак його міцність може бути істотно збільшена за допомогою додаткового шурупа, $R_{\text{макс}} = 1057$ Н.

3. Найбільш міцне з'єднання включає такі конструктивні елементи як клей і шип Хофмана впоперек, $R_{\text{макс}} = 1607$ Н. Трохи менша міцність з'єднання з клеєм і шипом Хофмана вздовж, $R_{\text{макс}} = 1570$ Н.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Розроблено методику та створено установку, що дозволяє збільшити інформативність при дослідженні поведінки матеріалів при їх деформуванні та руйнуванні. Установка включає додатковий цифровий мікроскоп, який фіксує на відео процес деформування.

2. Спільне використання мікроскопа та побудова графіка в координатах навантаження – переміщення при деформуванні дозволило виявити характерні реперні точки всієї кривої деформування аж до руйнування.

3. Фіксація поведінки клейового шва в місці внутрішнього стику усового з'єднання та синхронний запис значень поточного навантаження дозволили виділити на кривій навантаження характерні реперні точки, які відокремлюють різні ділянки реологічної поведінки матеріалу при його деформуванні та руйнуванні.

4. Міцність кутових з'єднань у всіх трьох варіантах з'єднань була в допустимих за ГОСТ 24700-99 межах.

5. Порівнюючи величини максимального навантаження при якій відбувається руйнування клейового шва можна зробити висновок, що найбільший внесок у забезпечення міцності робить міцність клейового шва.

6. При підготовці поверхонь до склеювання для того, щоб забезпечити достатню рівномірність товщини клейового шва необхідно стежити за рівнем шорсткості поверхонь, що склеюються. Для цього пропонується ввести їхнє додаткове шліфування.

7. З метою недопущення виходу надлишків клею на зовнішні поверхні склеюваних брусків можна рекомендувати використання малярського скотчу.

8. Проведений обчислювальний експеримент дозволив детальніше розробити методику проведення натурного експерименту та виявити особливості поведінки кутових з'єднань при їх експлуатації. У цьому натурний експеримент підтвердив адекватність обчислювального експерименту.

9. Міцність кутового з'єднання може бути збільшена шляхом застосування шурупів зі змінним кроком.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.М. Кульман, Алексеенко М.Ю. Исследование преимуществ гибрида paulownia energy при изготовлении деревянных евроокон. Четверта Міжнародна науково-практична конференція “Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку” : збірник матеріалів (21–22 жовтня 2021, м. Херсон, Україна). – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 476 с.
2. Алексеенко М.Ю. Сравнительный силовой анализ прочности угловых соединений деревянных евроокон. Ліс, наука, молодь: матеріали ІХ Всеукр. наук.-практ. конф. (24 листопада 2021 р.). – Житомир: Поліський національний університет, 2021. – 257 с.
3. Алексеенко М.Ю., Кульман С.М., Бойко Л.М. Дослідження можливості промислового застосування гібрида paulownia energy при виготовленні дерев'яних євровікон. Сучасні проблеми лісового господарства та екології: шляхи вирішення (Факультету лісового господарства та екології – 20 років) Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (7-8 жовтня 2021 року, м. Житомир). – Житомир: Поліський національний університет, 2021 – 276 с.
4. ГОСТ 20400-80. Продукция мебельного производства. Термины и определения. – М.: Госкомитет стандартов, 1980 г.
5. ДСТУ 2080-92 Продукція меблевого виробництва. Терміни та визначення. – К: Дерстандарт України, 1992. – 46 с.
6. Бобиков П.Д. Конструирование мебели: учеб. [для сред. проф.-тех.училищ.] / П.Д. Бобиков [3-е издат.перер. и допол.] – М.: Высш. шк., 1972. – 264 с.
7. Дячун З. Й. Конструювання меблів. Частина II. Столи, стільці та крісла. Меблі для відпочинку. Взаємозамінність та міцність. / З.Й. Дячун. – К.: Києво-Могилянська академія, 2011 р.
8. Мебель. Конструкция, размеры и материалы. Сборник руководящих технических материалов. Часть 1. РТМ13–0273491–25–89. Министерство деревообрабатывающей промышленности УССР, разработан Украинским

государственным институтом по проектированию мебели и столярных изделий, 1990. – 279 с.

9. Гайда С.В. Рациональне конструювання виробів з деревини: навч.-мет. пос. / С.В. Гайда – Л.: "ВМС", 2001.– 93 с.

10. ГОСТ 16871-90 Мебель. Общие технические условия. – М.: Госкомитет стандартов, 1990 г.

11. ГОСТ 13025.3-85 Мебель бытовая. Функциональные размеры столов – М.: Госкомитет стандартов, 1985 г.

12. Справочник мебельщика. Конструкции и функциональные размеры. Материалы. Технология производства / [Под редакцией канд.техн. наук В.П. Бухтияров, В.Е. Кузнецов, Б.И. Артаманов, В.Ф. Савченко, В.Н. Розов.] – 2-е изд., перераб. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 360 с.

13. Бобиков П.Д. Конструирование столярно-мебельных изделий: учеб [для средн. проф.-тех. училищ] / П.Д. Бобиков. [3-е издат.] – М.: Высш. шк., 1984. – 217 с.

14. Электронный ресурс: <http://www.hafele.ua/ua/uk/26959.asp>.

15. ГОСТ 19882-91 Мебель корпусная. Методы испытания на устойчивость, прочность и деформируемость столов – М.: Госкомитет стандартов, 1991 г.

16. ГОСТ 28793-90 Мебель. Столы. Определение устойчивости столов – М.: Госкомитет стандартов, 1990 г.

17. Блехман А.Б. Проектирование и конструирование мебели / А.Б. Блехман. – М.: Экономика, 1988 г. – 310 с.

18. Погребский М.П. Пособие конструктора мебели / М.П. Погребский. [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: Лесн. пром-сть, 1986. –160 с.

19. <http://www.vash-dom.com.ua/tables.html>.

20. Королев В.И. Основы рационального конструирование мебели / В.И. Королев. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 192 с.

21. Электронный ресурс: <http://www.vash-dom.com.ua/tables.html>.

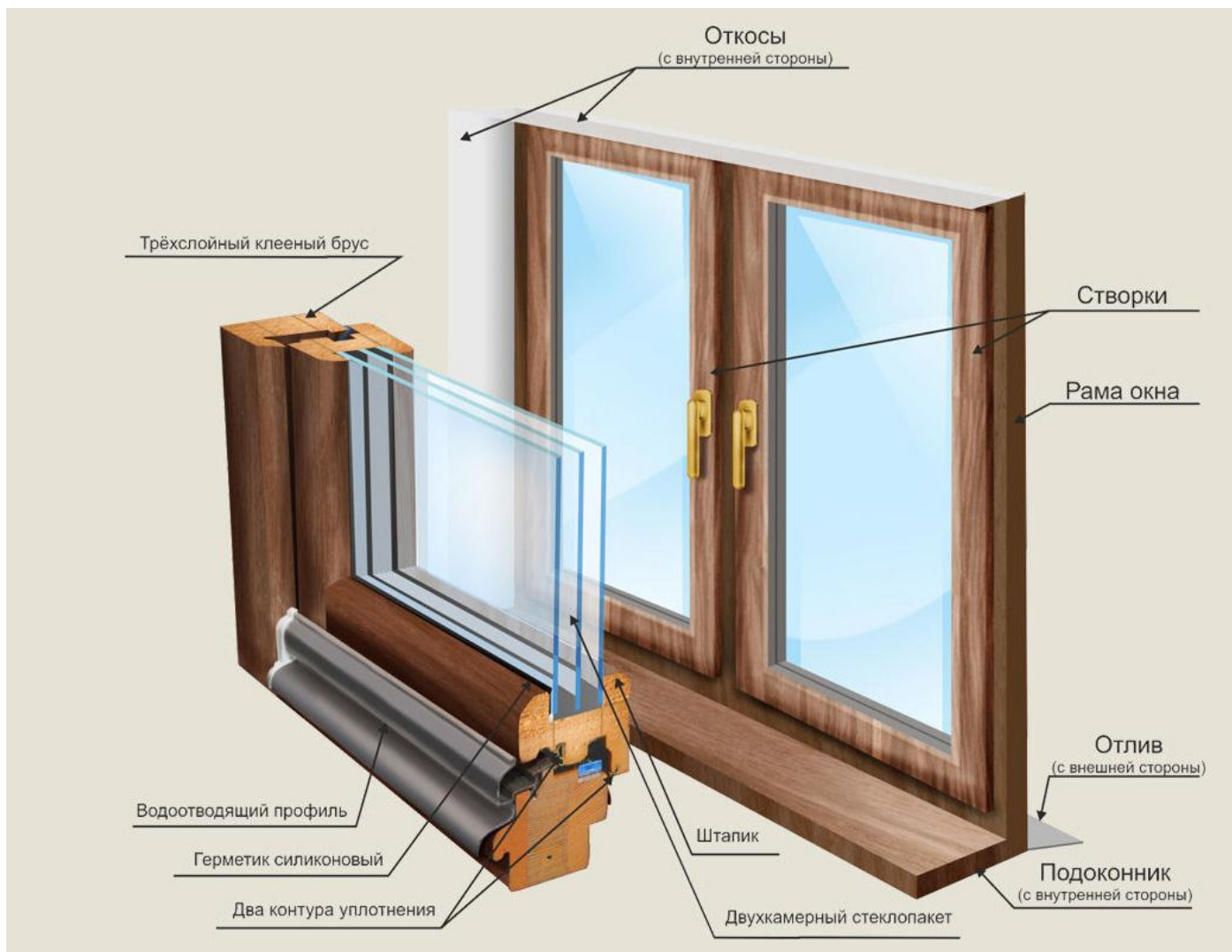
22. Электронный ресурс: <http://www.villadecor.com.ua>.

23. Дмитриева К.А. Конструирование мебельных изделий: учебник [для техникумов] / К.А. Дмитриева. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 160 с.
24. Малахова О.С. Розрахунок основних і допоміжних матеріалів у виробництві виробів з деревини. Методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів стаціонарної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.051801 "Деревооброблювальні технології" / О.С. Малахова О.С., Л.М. Бойко – К. : ВЦ НУБіП України, 2014. – 76 с.
25. Електронний ресурс: <http://www.bpart.kiev.ua/ukr/cat2007/?i=84&s=3>.
26. Електронний ресурс: <http://milesi.by/products.html>.
27. Справочник по ЕСКД / [Градиль В.П. и др.]. – Харьков : Прапор, 1988.
28. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам : ГОСТ 2.109-73. – [Чинний від 1974-07-01]. – 254 с.
29. ГОСТ 2.307-2011. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений – М.: Госкомитет стандартов, 2011 г. – 25 с.
30. Малахова О.С., Марченко Н.В., Методичні вказівки до виконання конструкторської частини курсового проекту з дисципліни «Технологія виробів з деревини»/ О.С. Малахова, Н.В. Марченко – Київ: Видавничий центр НАУ, 2011. – 34с
31. Малахова О.С. Вивчення вимог ергономіки і засобів їх дотримання : [Методичні вказівки до лабораторної роботи з дисц. "Технологія виробів з деревини"] / О.С. Малахова, А.А. Шарабуряк. – К. : ВЦ НУБіП України, 2010. – 44 с.
32. Базанов Л.Ф. Разработка конструкции изделия / Л.Ф. Базанов, В.М. Цухло. – М. : Изд-во МГУЛ, 2002. – 75 с.
33. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: Навчальний посібник / І.Г.Войтович. – Львів: УкрДЛТУ, „Інтелект-Захід”, 2004. – 224
34. Мишков С.Н, Расчет материалов в производстве изделий из древесины. – М.: МГУ, 2003. – 140 с.

35. Справочник мебельщика. Станки и инструменты. Организация производства и контроль качества / А.Ф. Алютин, В.П. Бухтияров, В.П. Сахновская и др. Под ред. В.П. Бухтиярова. - 2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 371 с.
36. Мамонтов Е.А. Проектирование технологических процессов изготовления изделий деревообработки: учебное пособие / Е.А. Мамонтов, Ю.Ф. Стрежнев. – Санкт-Петербург: «ПрофиКС», 2006. – 581с.
37. Гончаров Н.А., Башинский В.Ю., Буглай Б.М. Технология изделий из древесины. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 528 с.
38. ГОСТ 1146-80. Шурупы с полупотайной головкой // ИПК издат. стандартов. М.: 1982, 4 с.
39. Прокопович Б.В. Основы проектування столярно-меблевих виробництв: Навч. посібник / Б. В. Прокорович - К.: ІЗМН Міносвіти України. 1998. – 303 с.
40. Мец В. О. Економічний аналіз фінансових результатів та фінансового стану підприємства: Навч. посібник. / В. О. Мец – К.: КНЕУ, 1999. – 132 с.
41. Баканов М. И. Теория экономического анализа / Баканов М.И., Шеремет А. Д. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 416 с
42. Шеремет А. Д. Теория экономического анализа: Учебник. / А.Д. Шеремет – М.: Инфра-М, 2002. – 333 с.
43. Житна І.П. Економічний аналіз господарської діяльності підприємств / І. П. Житна – К.: Вища шк., 1992. Мец В. О. Економічний аналіз фінансових результатів та фінансового стану підприємства: Навч. посібник. / В. О. Мец – К.: КНЕУ, 1999. – 132 с.
44. ГОСТ 1759.4-87 Болты, винты и шпильки механические свойства и методы испытания // ИПК издат. Стандартов. – М: 1997 г., 10 с.
45. ГОСТ 16483.23-73 Древесина. Метод определения предела прочности при растяжении вдоль волокон // ИПК издат. Стандартов. – М: 1973 г., 11 с.
46. Электронный ресурс: <http://matemonline.com/metki/mathcad/>.
47. Пижурин А.А. Исследование процессов деревообработки. – М: Лесная промышленность, 1984 – 232с.

48. Билей П.В., Никитюк Л.А. и др. Основы научных исследований технологических процессов д/о. Конспект лекцій, Львів, 1994.
49. Л.О.Никітюк. Наукові дослідження в д/о. Львів: 1994; 1995; 1997.

КОНСТРУКЦИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ОКОН

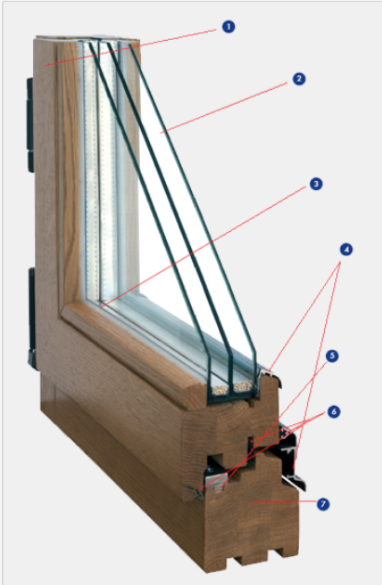


Читать больше на <https://www.skandiokna.com/poleznaya-informatsiya/konstruktsiya-derevyannykh-okon/>

Деревянные окна от компании «Квин-Свиг»

Системы: IV 68, IV 78 и IV 92

Тепло и комфорт натуральной древесины в сочетании с отличными технологическими качествами (низкая теплопроводность, хорошая звукоизоляция, экологичность, ремонтопригодность) являются основными причинами увеличения спроса на современные деревянные окна.



1	Экологически чистые лаки и краски на водной основе не имеющие запаха даже при повышении температурных режимов эксплуатации.
2	Система позволяет установку двухкамерных стеклопакетов толщиной 32 мм в системе IV 68, 42 мм в системе IV 78 и 54 мм в IV 92. Энергосберегающие стеклопакеты возможно заполнить газом Аргон и применить «теплые рамки».
3	Силиконовый уплотнитель обеспечивает герметичность установки стеклопакета по всему периметру.
4	Алюминиевые влагозащитные сливы на створке и раме защищают дерево от влаги и препятствуют разрушению лака и краски.
5	2 контура уплотнения надежно защищают зону расположения фурнитуры от внешнего холода, что исключает образования в этой зоне конденсата.
6	Специальный паз, исключающий смещение и поломку замыкателей.
7	Несущей основой служит клееный брус из древесины. Монтажная ширина системы IV-68 составляет 68 мм, IV 78 - 78 мм и 92 мм в IV 92.

Swig-соединение углов

Секрет качества наших деревянных окон – это не только высокие стандарты обработки и сушки используемой древесины, но и запатентованное угловое «СВИГ-соединение». Оно позволяет защитить окно от деформации, т.к. не дает влаге проникать сквозь торцы оконных рам. Как показали независимые тестирования, такое соединение превышает все стандарты прочности в 2-4 раза и наделяет оконную конструкцию небывалой надежностью и долговечностью.

Тепло и комфорт натуральной древесины в сочетании с отличными технологическими качествами (низкая теплопроводность, хорошая звукоизоляция, экологичность, ремонтопригодность)

являются основными причинами увеличения спроса на современные деревянные окна.

der-okna 1 Экологически чистые лаки и краски на водной основе не имеющие запаха даже при повышении температурных режимов эксплуатации.

2 Система позволяет установку двухкамерных стеклопакетов толщиной 32 мм в системе IV 68, 42 мм в системе IV 78 и 54 мм в IV 92. Энергосберегающие стеклопакеты возможно заполнить газом Аргон и применить «теплые рамки».

3 Силиконовый уплотнитель обеспечивает герметичность установки стеклопакета по всему периметру.

4 Алюминиевые влагозащитные сливы на створке и раме защищают дерево от влаги и препятствуют разрушению лака и краски.

5 2 контура уплотнения надежно защищают зону расположения фурнитуры от внешнего холода, что исключает образования в этой зоне конденсата.

6 Специальный паз, исключающий смещение и поломку замыкателей.

7 Несущей основой служит клееный брус из древесины. Монтажная ширина системы IV-68 составляет 68 мм, IV 78 - 78 мм и 92 мм в IV 92.

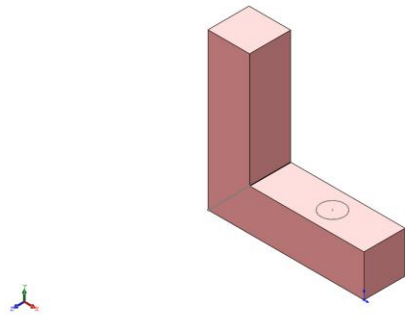
Swig-соединение углов

Секрет качества наших деревянных окон – это не только высокие стандарты обработки и сушки используемой древесины, но и запатентованное угловое «СВИГ-соединение». Оно позволяет защитить окно от деформации, т.к. не дает влаге проникать сквозь торцы оконных рам. Как показали независимые тестирования, такое соединение превышает все стандарты прочности в 2-4 раза и наделяет оконную конструкцию небывалой надежностью и долговечностью.

Зapatентованное угловое СВИГ-соединение защищает конструкции от разрушения, препятствуя проникновению влаги через торцы рамы. Прочность такого соединения в несколько раз выше нормируемых значений.

Качество превыше всего

Компания «Квин-Свиг» располагает новейшим оборудованием, позволяющим обработать дерево таким образом, чтобы сохранить его естественную красоту и природные свойства. При этом, современные, экологически чистые технологии обработки и покраски позволяют сделать древесину более функциональной и долговечной. Читать больше на <https://kwinswig.com.ua/produksiia/derevyannye-okna.html>



Симуляция Угол_на_ус Клей_0,5

Date: 12 декабря 2021 г.
Создатель:: Лабораторія фізико-механічних випробувань
Имя исследования: Статический анализ 2
Тип анализа: Статический анализ

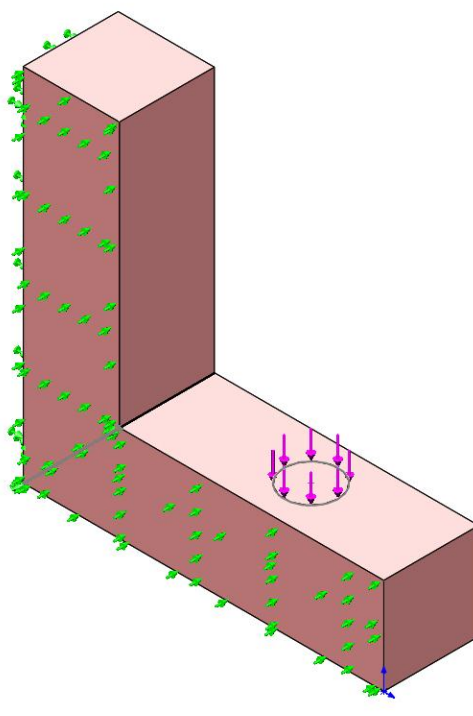
Содержание

Описание **Ошибка! Закладка не определена.**

Допущения	36
Информация о модели	36
Свойства исследования.....	38
Единицы	38
Свойства материала	39
Нагрузки и крепления	40
Определения соединителей.....	40
Данные контакта	41
Информация о сетке	41
Данные датчиков.....	42
Результирующие силы	42
Балки	42
Результаты исследования.....	43
Вывод	Ошибка! Закладка не определена.

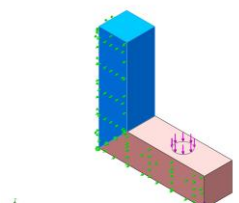
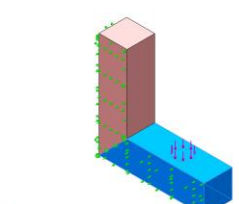
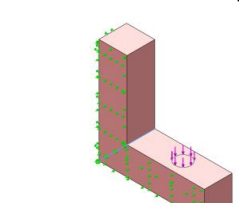
Допущения

Информация о модели



Имя модели: Угол_на_ус Клей_0,5
Активная конфигурация: По умолчанию

Твердые тела

Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
Вырез-Вытянуть1[1] 	Твердое тело	Масса:0.73944 kg Объем:0.0016432 м ³ Плотность:450 kg/м ³ Масса:7.24651 N	D:\Кульман\Solids\Андр ов\Угол_на_ус\Угол на у Клей\Угол_на_ус Клей_0,5.SLDPRT Dec 12 17:08:03 2021
Вырез-Вытянуть1[2] 	Твердое тело	Масса:0.737501 kg Объем:0.00163889 м ³ Плотность:450 kg/м ³ Масса:7.22751 N	D:\Кульман\Solids\Андр ов\Угол_на_ус\Угол на у Клей\Угол_на_ус Клей_0,5.SLDPRT Dec 12 17:08:03 2021
Бобышка-Вытянуть6 	Твердое тело	Масса:0.0053627 kg Объем:4.46891e-006 м ³ Плотность:1200 kg/м ³ Масса:0.0525544 N	D:\Кульман\Solids\Андр ов\Угол_на_ус\Угол на у Клей\Угол_на_ус Клей_0,5.SLDPRT Dec 12 17:08:03 2021

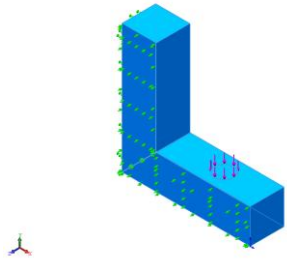
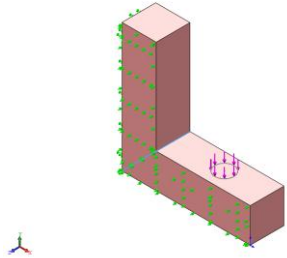
Свойства исследования

Имя исследования	Статический анализ 2
Тип анализа	Статический анализ
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Тепловой эффект:	Вкл
Термический параметр	Включить тепловые нагрузки
Температура при нулевом напряжении	298 Kelvin
Включить эффекты давления жидкости из SOLIDWORKS Flow Simulation	Выкл
Тип решающей программы	FFEPlus
Влияние нагрузок на собственные частоты:	Выкл
Мягкая пружина:	Выкл
Инерционная разгрузка:	Выкл
Несовместимые параметры связи	Авто
Большие перемещения	Выкл
Вычислить силы свободных тел	Вкл
Трение	Выкл
Использовать адаптивный метод:	Выкл
Папка результатов	Документ SOLIDWORKS (D:\Кульман\Solids\Андросов\Угол_на_ус)

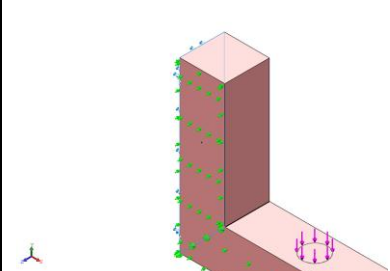
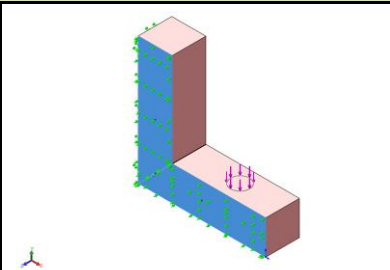
Единицы

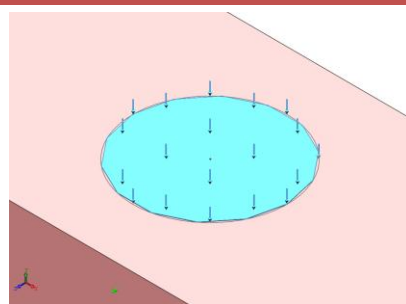
Система единиц измерения:	СИ (MKS)
Длина/Перемещение	mm
Температура	Kelvin
Угловая скорость	Рад/сек
Давление/Напряжение	N/m ²

Свойства материала

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя: Сосна_укр Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Неизвестно Предел текучести: $1.12 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ Предел прочности при растяжении: $6 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ Предел прочности при сжатии: $5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ Модуль упругости: $1.4 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ Коэффициент Пуассона: 0.394 Массовая плотность: 450 kg/m^3 Модуль сдвига: $3.189 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ Коэффициент теплового расширения: $5 \times 10^{-6} / \text{Kelvin}$	Твердое тело 1(Вырез-Вытянуть1[1])(Угол_на_Клей), Твердое тело 2(Вырез-Вытянуть1[2])(Угол_на_Клей)
Данные кривой:N/A		
	Имя: Акрил (Средняя-высокая ударопрочность) Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Неизвестно Предел текучести: $4.5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ Предел прочности при растяжении: $7.3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ Модуль упругости: $3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ Коэффициент Пуассона: 0.35 Массовая плотность: 1200 kg/m^3 Модуль сдвига: $8.9 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ Коэффициент теплового расширения: $5.2 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$	Твердое тело 3(Бобышка-Вытянуть6)(Угол_на_ус Клей)
Данные кривой:N/A		

Нагрузки и крепления

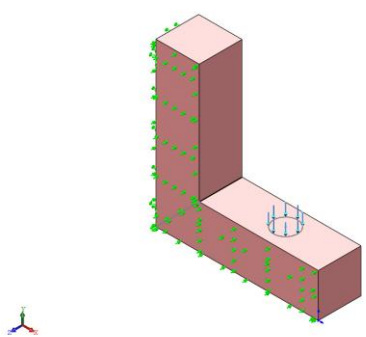
Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксированный-1		Объекты: 1 грани Тип: Зафиксированная геометрия		
Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	0.153443	749.993	-79.5283	754.198
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0
Ролик/ползун-1		Объекты: 3 грани Тип: Ролик/ползун		
Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	-3.84293	27.7569	82.9911	87.5941
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 750 N

Определения соединителей

Данные отсутствуют

Данные контакта

Контакт 3D	Изображение контакта	Свойства контакта
Глобальный контакт		Тип: Связанные Компоненты: 1 компонент Параметры: Совместимая сетка

Информация о сетке

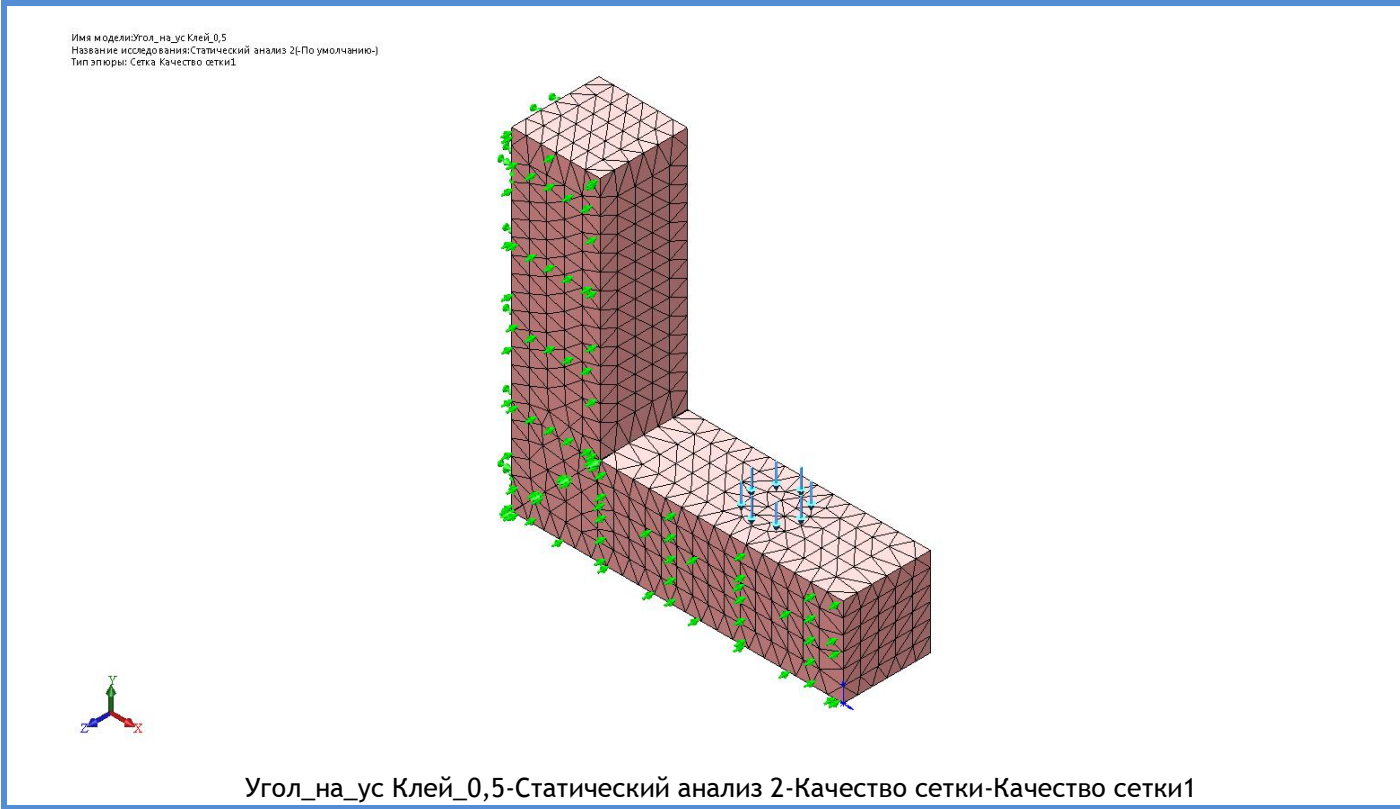
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автоциклы сетки:	Выкл
Точки Якобиана	4 Точки
Размер элемента	14.8706 mm
Допуск	0.743532 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	10586
Всего элементов	6719
Максимальное соотношение сторон	35.066
% элементов с соотношением сторон < 3	97.4
% элементов с соотношением сторон > 10	2.5
% искаженных элементов (Якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:02
Имя компьютера:	LENOVO-B50

Эпюры качества сетки

Имя	Тип	Мин	Макс
Качество сетки1	Сетка	-	-



Данные датчиков

Данные отсутствуют

Результирующие силы

Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	0.153443	749.993	-1.83092	749.996

Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N.m	0	0	0	0

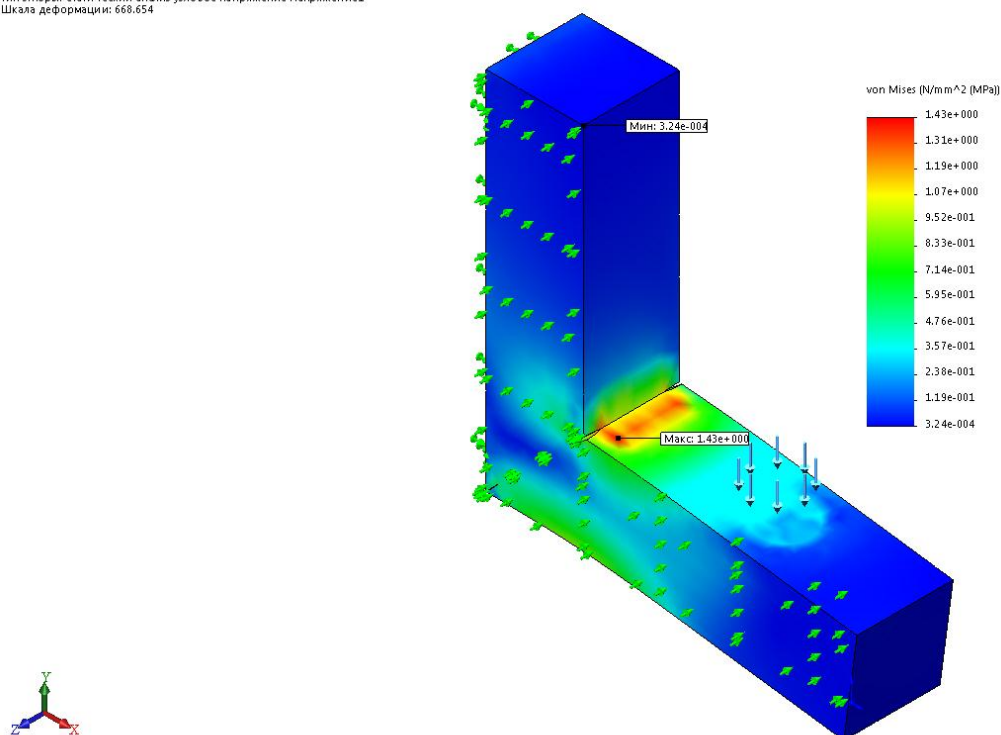
Балки

Данные отсутствуют

Результаты исследования

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	0.000323519 N/mm ² (MPa) Узел: 7	1.42728 N/mm ² (MPa) Узел: 8782

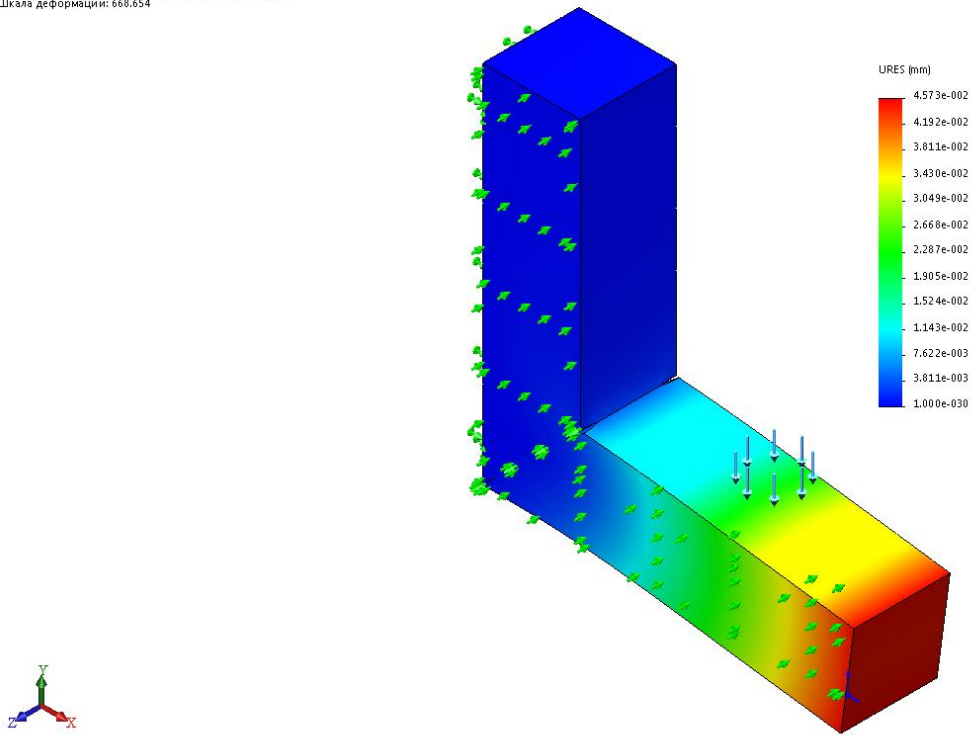
Имя модели: Угол_на_ус Клей_0,5
 Название исследования: Статический анализ 2 (По умолчанию)
 Тип элпэры: Статический анализ узловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 668.654



Угол_на_ус Клей_0,5-Статический анализ 2-Напряжение-Напряжение1

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0 mm Узел: 1	0.0457306 mm Узел: 5302

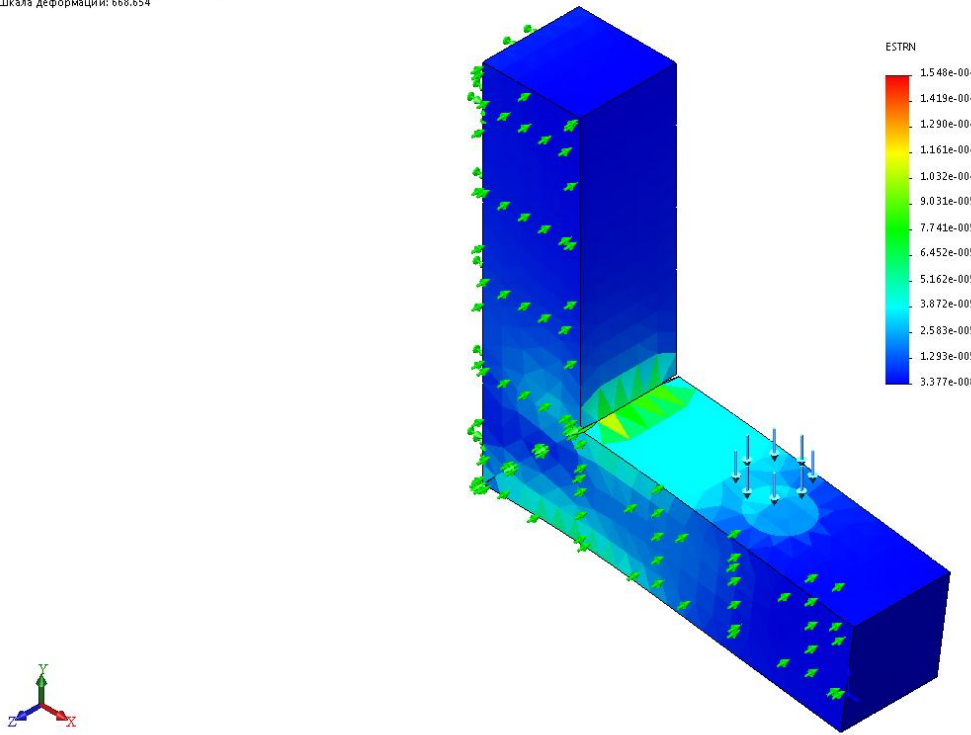
Имя модели: Угол_на_ус Клей_0,5
Название исследования: Статический анализ 2 (По умолчанию)
Тип элпэри: Статическое перемещение Перемещение1
Шкала деформации: 668.654



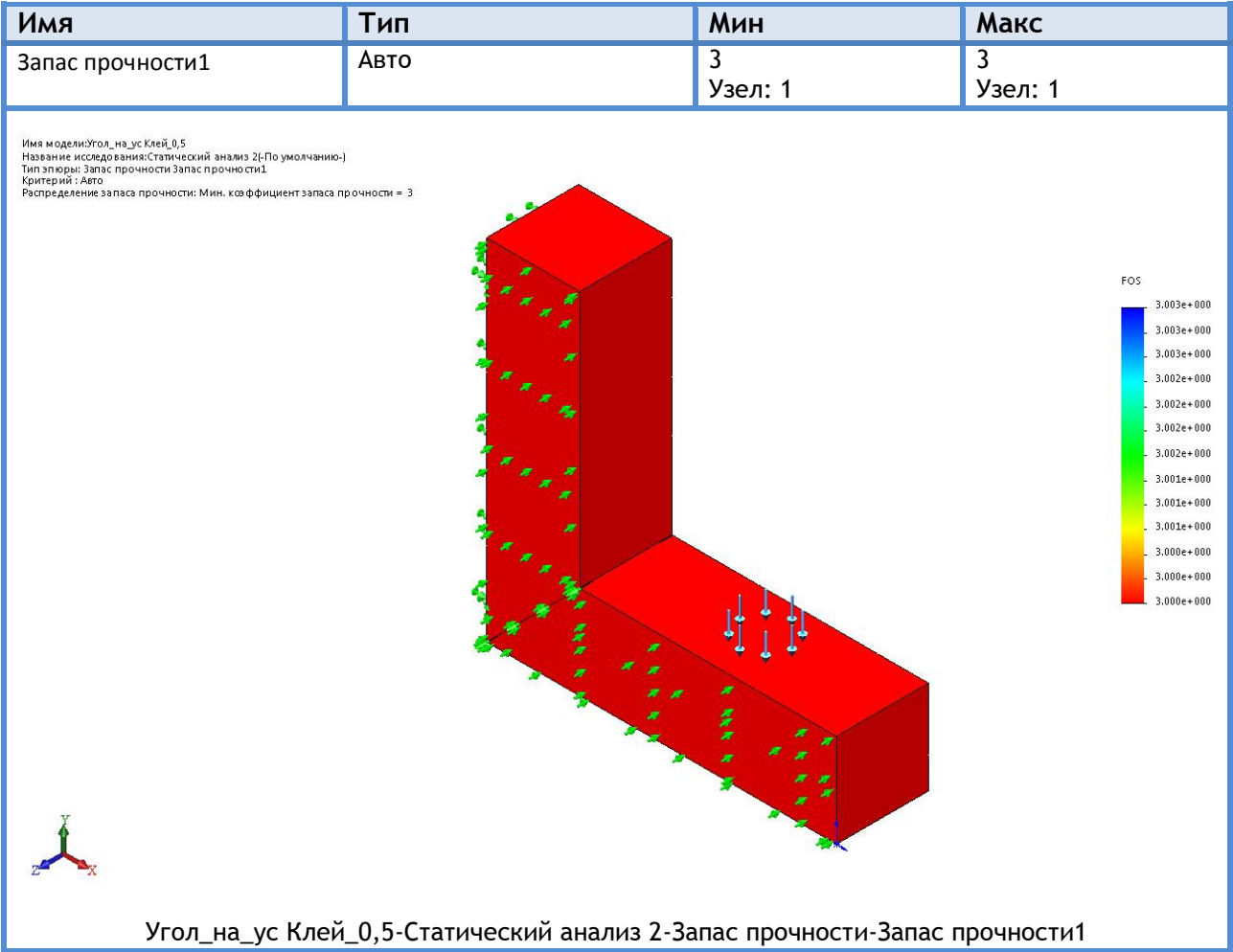
Угол_на_ус Клей_0,5-Статический анализ 2-Перемещение-Перемещение1

Имя	Тип	Мин	Макс
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	3.3766e-008 Элемент: 5736	0.000154794 Элемент: 6664

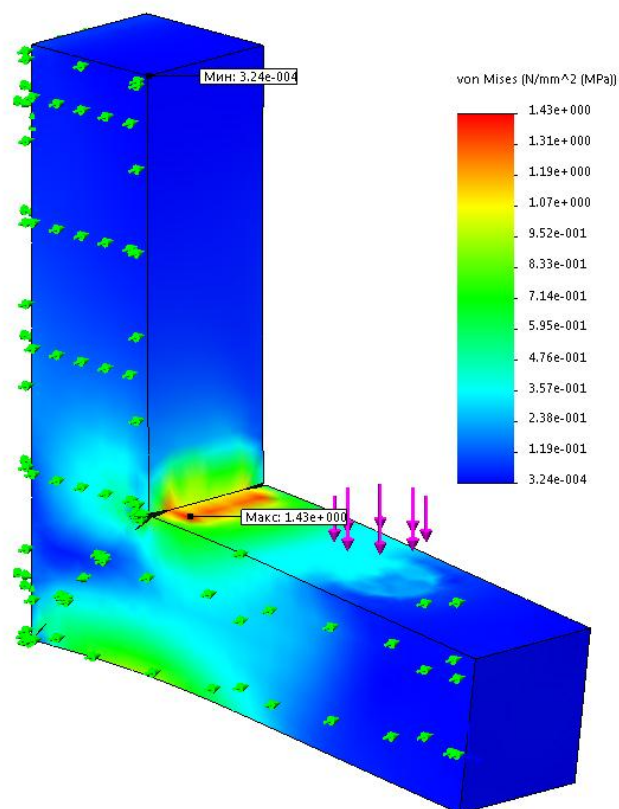
Имя модели: Угол_на_ус Клей_0,5
Название исследования: Статический анализ 2 (По умолчанию)
Тип элпэри: Статическая деформация Деформация1
Шкала деформации: 668.654



Угол_на_ус Клей_0,5-Статический анализ 2-Деформация-Деформация1

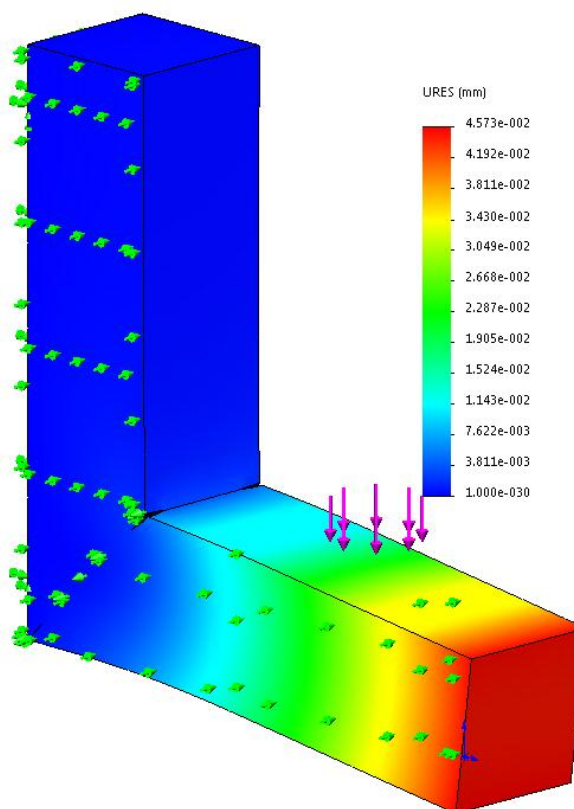


Имя модели: Угол_на_ус_Клей_0.5
 Название исследования: Статический анализ 2 (По умолчанию)
 Тип задачи: Статический анализ уловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 668.654



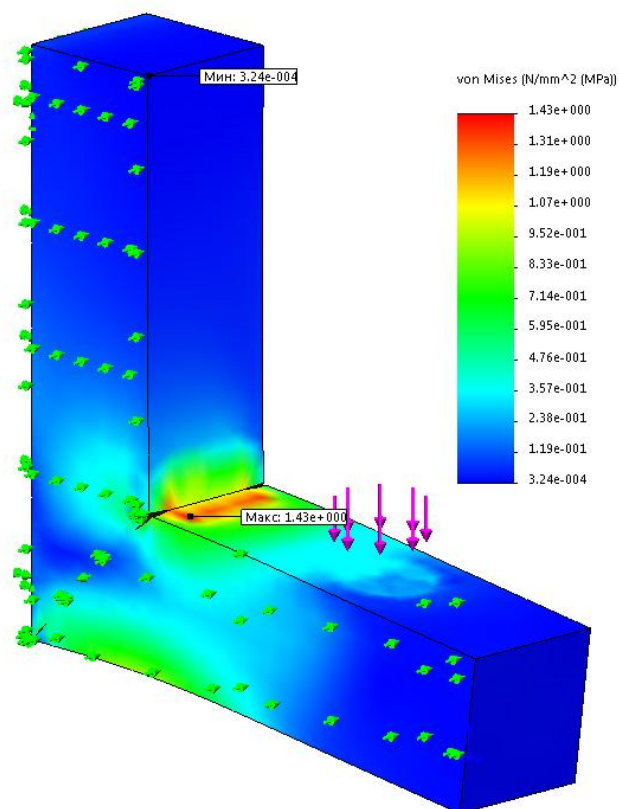
Изображение-1

Имя модели: Угол_на_ус_Клей_0.5
Название исследования: Статический анализ 2 (По умолчанию)
Тип задачи: Статическое перемещение Перемещение1
Шкала деформации: 668.654



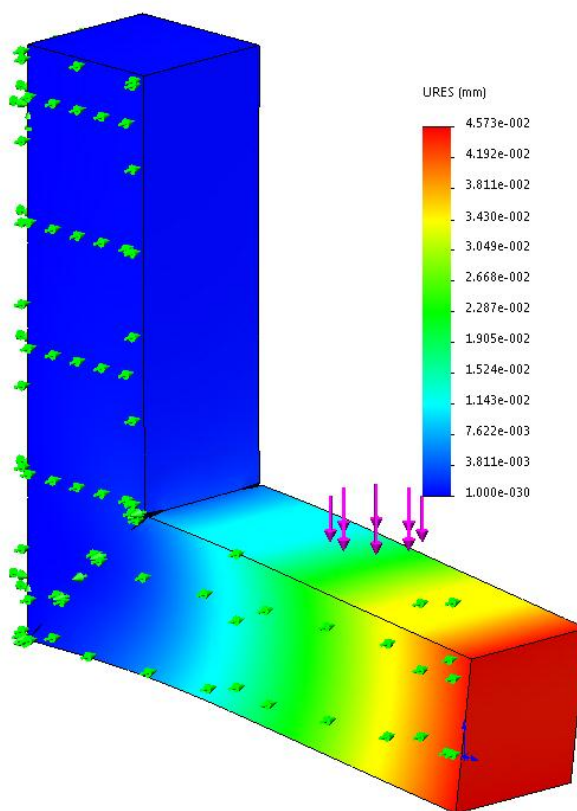
Изображение-2

Имя модели: Угол_на_ус_Клей_0.5
 Название исследования: Статический анализ 2 (По умолчанию)
 Тип задачи: Статический анализ уловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 668.654



Изображение-3

Имя модели: Угол_на_ус_Клей_0.5
 Название исследования: Статический анализ 2 (По умолчанию)
 Тип эл.лоры: Статическое перемещение Перемещение1
 Шкала деформации: 668.654



Изображение-4