

4. Темченко А.Г., Темченко О.А., Максимов С.В. Економіка підприємств гірничо-металургійного комплексу: Навчальний посібник. У 2-х томах. Кривий Ріг: КТУ, 2008. – 900 с.
5. Адлер О. О. Особливості визначення економічної ефективності впровадження інновацій в гірничодобувній галузі. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fm/all-fm-2016/paper/viewPDFInterstitial/452/213>
6. Мартиновський В. С., Сьоміна Ю. О. Методика розрахунку економічної ефективності виробництва на підприємствах // Економіка харчової промисловості. – 2014. – № 3. – С. 20-22.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/echp_2014_3_6
7. Emi T. Optimizing Steelmaking System for Quality Steel Mass Production for Sustainable Future of Steel Industry // Steel Research International. – 2014. – Vol. 85. – Issue 8. – Pp. 1274-1282.
8. Bock M., Schoop J., Oehler C. The influence of blowing techniques, bottom stirring and lance design in the LD-processes on slag formation, the formation of lance and converter skulls and converter lining life. / 3rd European Oxygen Steelmaking Conference, Birmingham, United Kingdom. – 2000. – Pp. 163-177.
9. Brämning M., Björkman B. and Samuelsson C. BOF Process Control and Slogging Prediction Based on Multivariate Data Analysis // Steel Research International. – 2016. – Vol. 87. – Issue 3. – Pp. 301-310.
10. Chuprinov E.V., Lyalyuk V.P., Andrushchenko H.I., Kassim D.A., Rad'ko N.G. Development of supplements prevention system in oxygen converter process in order to increase the economic efficiency of steel melting. SHS Web of Conferences. – 2021. – Vol. 100. – Pp. 1-9.

Рукопис подано до редакції 12.05.2023

УДК 624.011.1

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук., проф., Д.А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викладач,
О.Ю. ПЕНЗЕВ, магістрант
Криворізький національний університет

КРУЧЕНІ ХРЕСТОПОДІБНІ СТРИЖНІ У З'ЄДНАННЯХ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета. Розроблення та дослідження нових вузлових з'єднань дерев'яних елементів на сталевих кручених хрестоподібних стрижнях, що працюють на висмикування.

Методи дослідження. У дослідженнях використано загальні методи будівельної механіки та теорії дерев'яних конструкцій.

Наукова новизна. Розглянуто кручений хрестоподібний стрижень для з'єднань дерев'яних конструкцій. Визначено оптимальні параметри запропонованого типу стрижнів, що забезпечують високу несучу здатність і легкість впровадження в масив деревини. Розроблено модель з'єднань на кручених хрестоподібних стрижнях з підтвердженням її адекватності, що дає змогу оцінювати напружено-деформований стан як запропонованих з'єднань, так і більш складних систем із застосуванням кручених зв'язків. Розглянуто методику розрахунку вузлових з'єднань дерев'яних елементів на кручених хрестоподібних стрижнях, що працюють на висмикування.

Практична значимість. Розглянуто типи з'єднань дерев'яних конструкцій на кручених хрестоподібних стрижнях, що відрізняються ефективністю, як за витратою матеріалів, так і за трудомісткістю виготовлення. Розглянуто методику розрахунку і рекомендацій з конструювання та виготовлення вузлових з'єднань дерев'яних елементів на кручених хрестоподібних стрижнях, що працюють на висмикування. Є можливість поліпшити техніко-економічну оцінку запропонованих з'єднань дерев'яних конструкцій.

Результати. До найбільш важливих результатів належать: виконання розробок з'єднань дерев'яних елементів на кручених хрестоподібних стрижнях, які працюють на висмикування; визначення оптимальної конструктивної форми кручених хрестоподібних стрижнів і правил їхнього розставляння в з'єднаннях; формулювання основних положень методики розрахунку та рекомендацій щодо конструювання та виготовлення запропонованих вузлових з'єднань. Виконаний порівняльний аналіз і результати впровадження розроблених типів стрижнів у практику проектування свідчать про техніко-економічну доцільність їх застосування в дерев'яному будівництві, при цьому запропоновані вузли перевершують за основними техніко-економічними показниками відомі рішення на 12...23% залежно від типу проектуваного з'єднання.

Ключові слова: кручений хрестоподібний стрижень, вузлові з'єднання, дерев'яні елементи, напружено-деформований стан.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Можливість легкого міцнісного впровадження стороннього тіла в деревину (цвяхуватість) є однією з вельми важливих позитивних якостей дерева як будівельного матеріалу, що реалізується завдяки широкому застосуванню різноманітних з'єднувальних елементів на кшталт металевих зубчастих пластин,

нагельних пластин, саморізів, конфірмаців, глухарів, шурупів, гвинтів, цвяхів тощо [1-3]. Досить часто у вузлах дерев'яних конструкцій вищеназвані сполучні елементи працюють на висмикування. Із застосуванням зв'язків, що працюють на висмикування, вирішуються вузли і стики в дерев'яному житловому будівництві, кріплення огорожувальних елементів до несучих конструкцій, гратчастих суцільних дерев'яних і клеєних ферм (зокрема, і великопролітних), рамних і балочних конструкцій, конструкцій просторового типу, баштових і щоглових конструкцій, монтажних з'єднань і т. ін. [4, 5].

Незважаючи на широке коло з'єднань зі зв'язками, що працюють на висмикування, відомі до теперішнього часу типи з'єднувальних елементів мають низку суттєвих недоліків, а саме:

з'єднання на цвяхах, що працюють на висмикування, відповідно до чинних нормативних документів допускається застосовувати тільки в другорядних невідповідальних несучих елементах;

розрахункова несуча здатність цвяхів визначається силами тертя, що виникають по площі поверхні дотику цвяха з деревиною, а шурупів - роботою деревини на зріз між витками нарізної частини, що зумовлює незначну несучу здатність таких з'єднань;

впровадження в масив деревини цвяхів і шурупів діаметром понад 6 мм вимагає попереднього розсвердлювання "пілотних" отворів, що істотно збільшує трудомісткість виконання вузлів;

відомі типи шурупів унеможливають застосування швидкісних способів їхнього впровадження в деревину (ударних, вогнепального тощо);

робота цвяхів і шурупів, забитих або загвинчених у деревину вздовж або під кутом до волокон, згідно з вимогами будівельних норм не враховується, що істотно звужує сферу застосування відомих типів зв'язків у вузлах дерев'яних конструкцій.

Умовами для створення і широкого впровадження в практику сучасного будівництва нових конструктивних рішень вузлів дерев'яних конструкцій, позбавлених перерахованих вище недоліків служать: здатність сприйняття значних розрахункових зусиль, низька трудомісткість виготовлення і вартість, науково обґрунтований інженерний розрахунок, що відображає дійсну роботу з'єднання в натурних умовах.

Безсумнівно, що в таких сполученнях мають бути застосовані нові форми зв'язків, що володіють як підвищеною несучою здатністю, так і легкістю впровадження в масив деревини. Таким чином, проблема вдосконалення з'єднань дерев'яних конструкцій зі зв'язками, що працюють на висмикування, і методики їхнього розрахунку не тільки актуальна, а й визначає новизну і загальну постановку досліджень.

Аналіз досліджень і публікацій. Приклади видатних дерев'яних конструкцій, бездоганних за інженерними рішеннями і дивовижних за простотою форм, переконливо свідчать про широкі можливості деревини як конструктивного матеріалу, що володіє необхідним ступенем експлуатаційної надійності та довговічності. Розроблено цілу низку нових форм дерев'яних конструкцій у царині особливостей роботи сталевих стрижнів суцільного або трубчастого поперечних перерізів у сполученнях дерев'яних елементів. На особливу увагу заслуговують праці В.М. Маслова, В.Ф. Іванова, Г.Г. Карлсена, А.В. Леняшина, Б.О. Ніколаї, М.А. Куришева, В.М. Коченова і пізніше Є.М. Знаменського, В.В. Большакова, М.Є. Кагана, М.Ф. Котова, Г.А. Цвігмана, В.С. Дерев'ягіна, Ю.В. Сличкоухова, П.А. Дмитрієва. Нині теоретичні та експериментальні роботи в галузі з'єднань на механічних зв'язках проводять такі вчені, як С.Б. Турковський, А.А. Погорельцев, В.І. Лінков, Є.М. Серов, П.А. Дмитрієв, С.Б. Серов, А.А. Погорельцев, Р.Б. Орлович, Ю.Д. Стрижаков, В.М. Шапошников, В.А. Цепасєв та інші [6-18].

Постановка задачі. Розроблення та дослідження нових вузлових з'єднань дерев'яних елементів на сталевих кручених хрестоподібних стрижнях, що працюють на висмикування.

Викладення матеріалу та результати. Сталеві стрижні по суті є основним засобом з'єднання елементів дерев'яних конструкцій на механічних зв'язках, які працюють як вигнуті, розтягнуті або розтягнуто-вигнуті елементи. Особливий, досить великий, клас вузлових сполучень дерев'яних конструкцій на сталевих стрижнях представляють з'єднання на зв'язках, які сприймають висмикувальні зусилля.

Виділимо основні якісні характеристики засобів з'єднань, що мають найбільший вплив на ефективність конструктивних рішень:

функціональні – визначають можливості багатоцільового використання засобів з'єднання, а

саме: для згуртовування, зрощування та утворення кутових сполучень. Значимість цих характеристик особливо зростає під час виготовлення конструкцій комплектного постачання, оскільки ними зумовлюється можливість застосування однотипної технології під час виготовлення різних типів конструкцій;

конструктивні – визначають міцність і жорсткість засобів з'єднання, а також ступінь їх впливу на відповідні показники з'єднуваних елементів;

технологічні – визначають трудомісткість і перевагу виготовлення як самих засобів з'єднання, так і повних (заводських і побудовних) конструкцій на їхній основі;

спеціальні – визначають опірність впливам зовнішнього середовища і формують таким чином сферу застосування конструкцій з погляду умов експлуатації.

Залежно від конкретних обставин значимість зазначених показників неоднакова, тому критика переваг і недоліків різних засобів з'єднання за окремими показниками умовна. Вирішальне значення має комплекс властивостей, що визначає в підсумку ефективність кінцевого продукту – вироблених конструкцій. Разом з тим, порівняльний аналіз наявних і перспективних видів з'єднань за конструктивно-технологічними показниками відкриває можливості для виявлення шляхів їхнього вдосконалення.

У будівельній практиці знаходять широке застосування вузли і стики будівельних конструкцій, в яких з'єднувальні елементи працюють на висмикування.

Особливістю дерев'яних конструкцій, порівняно з іншими конструкційними матеріалами, є можливість легкого міцнісного впровадження стороннього тіла в деревину (цвяхуватість). Безперечно, цей факт належить до однієї з вельми важливих позитивних якостей дерева як будівельного матеріалу, що реалізується завдяки широкому застосуванню різноманітних з'єднувальних елементів на кшталт цвяхів, шурупів, металевих зубчастих пластин і т. ін., які досить часто у вузлах і стиках дерев'яних конструкцій працюють на висмикування.

Несуча здатність і жорсткість розроблених типів з'єднань дерев'яних конструкцій із застосуванням сталевих кручених стрижнів хрестоподібного поперечного перерізу, що працюють на висмикування, визначаються щільністю контакту ребер стрижня з масивом деревини в зоні забивання. Цю щільність повинні забезпечувати будь-які значення оптимальних параметрів стрижнів, оскільки при забезпеченні ідеальної щільності контакту з'єднання матиме максимальну міцність і мінімальну податливість за інших однакових параметрів. Аналіз відомих типів зв'язків, що працюють на висмикування, показує, що на розрахункове зусилля висмикування впливають такі чинники, як глибина забивання, діаметр стрижня, крок навивання, товщина ребра стрижня, кут і форма заточення вістря, щільність або порода деревини, шорсткість поверхні, марка сталі, використаної для виготовлення стрижня, і спосіб її обробки, а також спосіб забивання. Видається доцільним досліджувати всі перераховані вище параметри з метою оцінки ступеня їхнього впливу на міцність і жорсткість з'єднань, водночас оптимальними треба вважати параметри, за яких максимальну несучу здатність буде забезпечено за мінімальних значень витрат матеріалів і вартості виготовлення проєктованого вузла. Аналіз результатів досліджень з'єднувальних елементів, що працюють на висмикування, показав, що їхній розрахунок аналітичними методами з урахуванням анізотропії деревини, характеру руйнування та деформацій частини волокон під час забивання, складної форми стрижня з нарізкою пов'язаний із великими труднощами.

Як основний інструмент досліджень прийнято експериментально-теоретичний метод, реалізований у такій послідовності: проведення експериментів для дослідження основних параметрів стрижнів, що забезпечують надійну роботу з'єднань; планування і проведення експериментальних досліджень для вивчення чинників, що впливають на зусилля висмикування; чисельні дослідження з'єднань дерев'яних конструкцій на кручених хрестоподібних стрижнях для якісного аналізу особливостей їхньої роботи; експериментальні дослідження вузлових з'єднань на кручених стрижнях для уточнення кількісних характеристик, що впливають на їх напружено-деформований стан; апроксимація отриманих даних у вигляді формул і коефіцієнтів для формулювання основних положень методики практичного розрахунку даного класу з'єднань дерев'яних конструкцій.

Для визначення оптимальних параметрів сталевих кручених хрестоподібних стрижнів були виготовлені дослідні зразки, в яких варіювалися: марка сталі – С255, 40Х, 40Х з термообробкою; шорсткість поверхні – 10-50 і 0,63-1,25 мкм; довжина стрижня – від 100 до 500 мм або від

10 до 30d; діаметр – від 12 до 22 мм із кроком 2,0 мм; товщина ребра – від 1, до 4,0 мм із кроком 0,5 мм; крок навивки ребер – 15d, 20d, 25d. Під час вибору способу заточування кінця стрижня було враховано такі міркування. Оптимальна форма заточування прямолінійних стрижнів хрестоподібного поперечного перерізу досить добре вивчена в дисертаційній роботі Шведова В. Н.. Ним отримано, що стрижні з "ножовим" конічним заточуванням під кутом $25^\circ \dots 30^\circ$ під час забивання в деревину формують досить щільне гніздо з рівними стінками. Решта поширених видів заточок (ступінчаста, зубчаста, П-подібна) призводили до формування пухкого нагельного гнізда. Проведені нами пробні забивання показали, що ці результати застосовні і для кручених стрижнів, до того ж за кута заточування понад 30° (забивання проведено на стрижнях із кутом заточування 30° , 45° і 60°) щільність гнізда знижується. З іншого боку, довжина заточеного кінця не бере участі в роботі стрижня на висмикування, тобто вона повинна бути мінімальною. У зв'язку з цим усі дослідні стрижні були виготовлені з "ножовим" конічним заточуванням під кутом 30° (рис. 1).

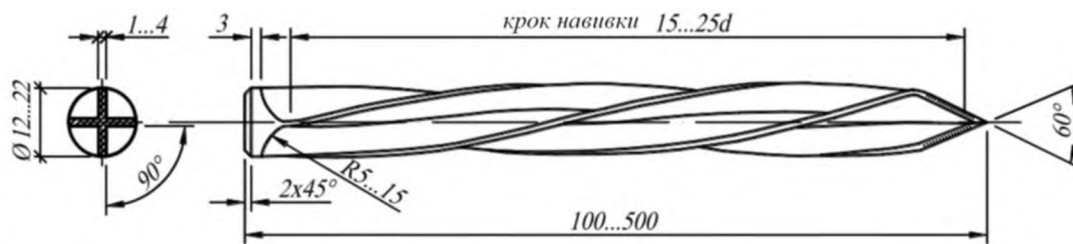


Рис. 1. Сталевий кручений хрестоподібний стрижень

Для визначення впливу способу впровадження стрижня в масив деревини на щільність гнізда застосовували забивання вручну за допомогою важкого молотка, вдавлення за допомогою гідравлічного преса УММ-50, вогнепальний спосіб за допомогою монтажного пістолета ПЦ 84. Під час проведення решти експериментів, для виключення впливу способу забивання на зусилля висмикування, під час упродовження стрижня в брус застосовували спосіб утисування, а під час висмикування з метою фіксування зусилля застосовували універсальну розривну машину IP 5047-50-10 з відповідними модернізованими пристосуваннями. Для забезпечення фіксованої величини глибини забивання кручені стрижні з різними геометричними параметрами задавлювали в деревину з вологістю $(8+2)\%$ з однаковою швидкістю 20 мм/хв, висмикували зі швидкістю 0,4 мм/хв, при цьому фіксували максимальне навантаження висмикування з точністю ± 1 Н.

Під час дослідження основних параметрів стрижнів, що забезпечують надійну роботу з'єднань, найбільший вплив на зусилля висмикування чинять такі чинники, як глибина впровадження стрижня в масив деревини, його діаметр і крок навивки ребер.

Під час розроблення нових конструктивних рішень вузлів з'єднання дерев'яних конструкцій на кручених хрестоподібних стрижнях виходили з таких основних положень, згідно з якими запропоновані рішення мають забезпечувати: максимальну опорну здатність і жорсткість з'єднання; найбільш повне й ефективне використання властивостей застосовуваних матеріалів; мінімальну трудомісткість монтажу з'єднань і виконання вимог сучасної технології виготовлення. На рис. 2 представлено варіанти найпростіших вузлів каркасної дерев'яної будівлі, розроблені на основі досліджуваних стрижнів. У разі обпирання прогону на кроквяну конструкцію (рис. 2а) за рахунок сполучних елементів крученої форми відпадає необхідність застосування додаткових бобишок і накладок для фіксації прогону в проектному положенні. Крім того, тиск вітрового відсмоктування також буде сприйматися стрижнями, що працюють у цьому випадку на висмикування в напрямку поперек волокон деревини. Зазначимо, що для скорочення трудомісткості виконання такого вузла доцільним є застосування вогнепального способу забивання стрижнів, водночас якість з'єднання можна підвищити завдяки використанню спеціальних кондукторів-спрямовувачів для монтажного пістолета, аналогічних за конструкцією пристроям для похилого загвинчування шурупів. Також із погляду фіксації елементів, що з'єднуються, у проектному положенні видається ефективним застосування запропонованого типу стрижнів у вузлах із дерев'яними накладками, наприклад, під час обпирання балок покриття на верхні грані колон (рис. 2б). У відомих рішеннях таких вузлів, як правило, використовують стяжні нагельні

болти, які вимагають попереднього розсвердлювання отворів, постановку шайб і гайок. Важливим є і той факт, що сталеві кручені стрижні повністю знаходяться в масиві деревини, не мають виступаючих деталей, що значно підвищує як вогнестійкість з'єднання, так і його естетичність.

Із застосуванням кручених стрижнів легко вирішуються вузли підвіски технологічного обладнання до дерев'яних конструкцій (рис. 2в). За рахунок підвищеної несучої здатності хресто-подібних стрижнів, як порівняти з відомими типами шурупів і глухарів, відкривається можливість підвішування доволі важких елементів, водночас достатній ступінь несучої здатності забезпечуватиме група стрижнів, спільність роботи яких можна забезпечити об'єднуючою опорною пластиною. Зазначимо, що за наявності в проектуваному вузлі кількох стрижнів необхідно виконати їхнє відповідне розставлення в напрямі як уздовж волокон деревини (S_1), так і впоперек волокон між стрижнями (S_2) і між стрижнем і краєм дерев'яного елемента (S_3) за аналогією з болтовими та нагелевими з'єднаннями.

На рис. 3 показано найхарактерніші вузли дерев'яних конструкцій із застосуванням кручених стрижнів хрестоподібного поперечного перерізу.

Відповідно до конструктивного рішення вузла, наведеного на рис. 3а, б, вертикальне навантаження від балки перекриття передається на колону через сталевий черевик, який, своєю чергою, сполучений з колоною за допомогою похилих кручених стрижнів, причому ці стрижні впроваджені в масив деревини під кутом. Запропонована конструкція вузла працює таким чином. Під час дії вертикального навантаження на балку вона прагне зрушити опорний столик донизу, чому перешкоджають кручені стрижні, затиснуті в колоні та приварені до з'єднувального черевика. Сприймаючи навантаження, верхній стрижень працюватиме на вдавнення, а нижній на висмикування. Зауважимо, що кріплення балки перекриття до сталевго черевика також можна виконати на кручених хрестоподібних стрижнях, водночас стрижень повинен буде пробити сталеву сполучну пластину.

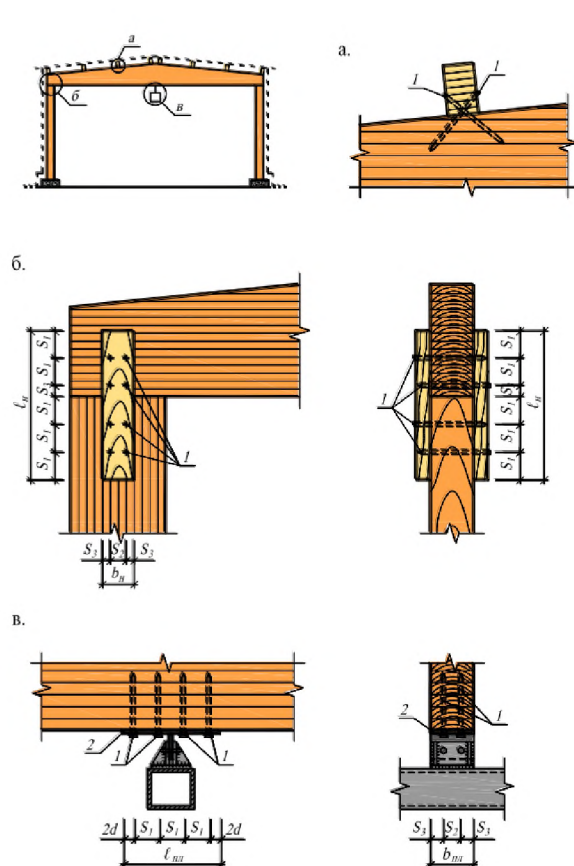


Рис. 2. Найпростіші вузли каркасної дерев'яної будівлі на кручених стрижнях хрестоподібного поперечного перерізу: а – кріплення прогонів покрівлі; б – сполучення колони і кроквяної балки; в – підвіска технологічного обладнання; 1 – кручений стрижень; 2 – опорна пластина

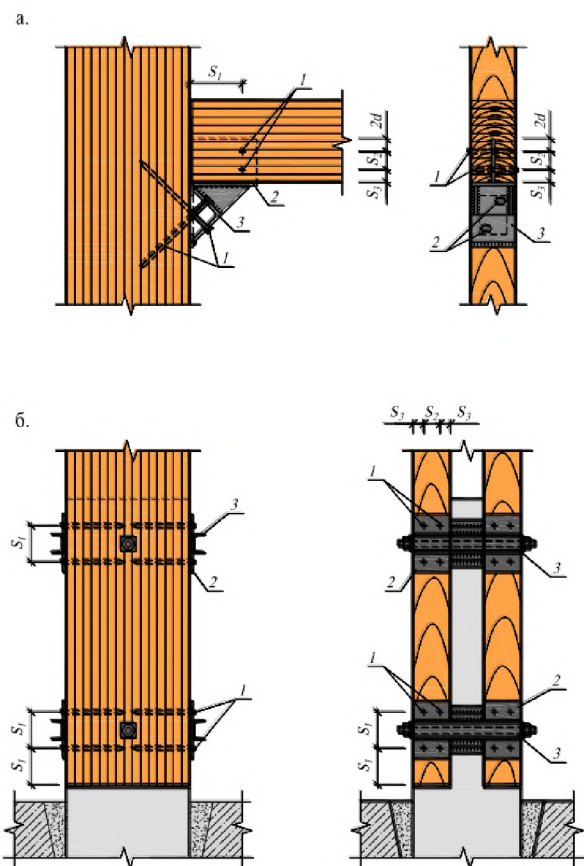


Рис. 3. Варіанти вузлів дерев'яних конструкцій із застосуванням кручених стрижнів, що працюють на висмикування (вдавнення): а – з'єднання балки перекриття з колоною; б – вузол затискання колони у фундаменті; 1 – кручений стрижень; 2 – опорна пластина; 3 – сталевий башмак

Слід зазначити, що в низці випадків, наприклад, за відсутності можливості виготовлення кручених стрижнів, за умови висвердлювання пілотних отворів можливе застосування й інших типів стрижнів, здатних сприймати значні висмикувальні зусилля. Заслугує на увагу конструктивне рішення вузла защемлення двогілкової колони у фундаменті за допомогою залізобетонного пасинка, який розміщений між гілками колони. Гілки через прокладки оперті на виступи пасинка і кріпляться до нього на кручених стрижнях. Конструкція вузла також передбачає постановку стяжних болтів. Слід зазначити, що запропонований варіант вузла забезпечує мінімальний габарит за межами зовнішньої грані колони, що спрощує примикання цокольної панелі. Зазначимо також, що за рахунок застосування у вузлі кручених стрижнів його несуча здатність може бути підвищена в 2-3 рази. Також відмінною особливістю вузла, що розглядається, є робота деревини на зминання впоперек волокон, як під опорними пластинами, так і під ребрами крученого хрестоподібного стрижня, що зумовлює певну податливість такого з'єднання. Саме ця податливість забезпечує крученому стрижню здатність амортизувати сейсмічні впливи, надійно працювати під час землетрусу. Крім цього, у запропонованому варіанті з'єднання колони з фундаментом під опорними пластинами можна передбачити еластичні прокладки, наприклад, із жорсткої гуми, що посилять демпфуючу здатність вузла під час вигину колони в площині рами під дією сейсмічного поштовху впоперек будівлі.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розглянуто з'єднувальний елемент для дерев'яних конструкцій у вигляді сталевго крученого стрижня хрестоподібного поперечного перерізу, що має підвищену несучу здатність на висмикування, простоту виготовлення, як самого стрижня, так і вузлів на його основі, можливість упродовження в масив деревини без попереднього розсвердлювання отворів. Визначено оптимальні параметри конструктивної форми запропонованого типу стрижнів, які забезпечують надійну роботу з'єднань та їхню високу несучу здатність під час висмикування стрижнів, упродовження у масив деревини впоперек, уздовж та під кутом до волокон, при цьому виявлено, що: міцнісні та деформаційні властивості з'єднань найсуттєвіше залежать від діаметра стрижня, довжини його закладення та кута впродовження стрижня відносно волокон деревини; фактичні значення густини деревини та способу забивання мають ураховуватись у розрахункових формулах; фактичні значення щільності деревини та способу забивання повинні враховуватись в аналізі напружено-деформованого стану з'єднань під час висмикування стрижня з масиву деревини, який виконаний на базі проведених чисельних досліджень, дає змогу встановити безпечні відстані між осями стрижнів у напрямі уздовж і впоперек волокон, які унеможливають розколювання дерев'яного елемента під час забивання та висмикування крученого стрижня. На основі результатів теоретичних досліджень під час дії короткочасних і тривалих навантажень удосконалено методику розрахунку та розроблено рекомендації з конструювання та виготовлення з'єднань на кручених хрестоподібних стрижнях. Встановлено значення коефіцієнта тривалої міцності для розглянутого типу з'єднань і розрахункового опору деревини зминання впоперек волокон під ребрами крученого стрижня. Виконаний порівняльний аналіз і результати впродовження розроблених типів стрижнів у практику проектування свідчать про техніко-економічну доцільність їх застосування в дерев'яному будівництві, при цьому запропоновані вузли перевершують за основними техніко-економічними показниками відомі рішення на 12...23% залежно від типу проектуваного з'єднання.

Список літератури

1. Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Матюшевська В.О. Переваги і недоліки дерев'яних конструкцій // Розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (26-28 травня 2021 р.). – Кривий Ріг, 2021. – С. 69.
2. Тімченко Р.О., Крішко Д.А. Урахування критеріїв надійності будівель та споруд // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Дніпро, 1999. – Вып. № 9, ч. 1. – С. 310-317.
3. Тімченко Р.А., Крішко Д.А., Горобець Т.Ю. Оценка строительных материалов по критерию качество / цена // Матеріали Міжнародної наук.-техн. конф. „Гірнико-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку” (25-28 травня 2010 р.) – Кривий Ріг, 2010. – С. 268-269.
4. Сахно С.І., Янова Л.О., Пищикова О.В. Суттєві помилки в ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції основні положення» та їх можливі наслідки // Гірничий вісник. – Кривий Ріг, 2019. – Вип. 105. – С. 127-132.
5. Сахно С.І., Вербицький В.І., Астахов В.І. Розрахунок конструкцій з лісоматеріалів за нормами ДБН В.2.6-161:2017 та EN1995-1-1. Теорія, приклади розрахунків, завдання для самостійного розв'язання. – Кривий Ріг, 2020. – 239 с.

6. **Дмитриев П.А., Шведов В.Н.** Несущая способность и деформативность нагелей крестообразного сечения в соединениях деревянных элементов с металлическими накладками и прокладками, поставленными в пропилы // Архитектура и строительные конструкции: тез. докл. научн.-техн. конф. – Новосибирск, 1992. – 45 с.
7. **Орлович Р.Б.** Тенденции в развитии соединений деревянных конструкций в строительстве за рубежом // Известия ВУЗов: Строительство – 2004. – № 11. – С. 4-9.
8. **Гетц К.Г.** Атлас деревянных конструкций. – 1985. – 272 с.
9. **Eurocode 5.** Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten Design of timber structures. – 2004. – 89 p.
10. **ДБН В.2.6-161:2017.** Дерев'яні конструкції. Основні положення. – 2017. – 96 с.
11. **Берковская Д.А., Касабян Л.В.** Клееные деревянные конструкции в зарубежном и отечественном строительстве. – 1997. – 108 с.
12. **Найчук А.Я.** Численные исследования прочности деревянных балок со сквозными трещинами усиленных наклонно вклеенными стержнями // Сборник научных трудов: Ресурсосберегающие материалы, конструкции, здания и сооружения. – Ровно, 2008. – Вып. 16. – Ч. 2. – С. 278-281.
13. **Дмитриев П.А., Жаданов В.И., Столповский Г.А.** Соединения элементов деревянных конструкций на стальных винтовых крестообразных стержнях, работающих на выдергивание // Известия ВУЗов: Строительство. – 2010. – № 4. – С. 133-137.
14. **Замрин А.А.** Проектирование и расчет методом конечных элементов в среде APM Structure3D. – 2010. – 376 с.
15. **Жаданов, В.И., Столповский Г.А.** Новый тип узловых соединений деревянных конструкций на стальных винтовых крестообразных стержнях. – Одесса, 2010. – Ч.2. – С. 50-55.
16. **Найчук А.Я., Бабаев М.В.** К вопросу оценки несущей способности стальных винтовых стержней, завинченных под углом к волокнам древесины // Журнал Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 1. – С. 21-23.
17. **Турковский, С.Б., Погорельцев А.А.** Создание деревянных конструкций системы ЦНИИСК на основе наклонно вклеенных стержней // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 3. – С. 6-8.
18. **Пуртов В.В.** Исследование соединений деревянных элементов на металлических пластинах с зубьями-дубелями на действие длительной нагрузки // Известия ВУЗов: Строительство. – 2004. – № 6. – С. 130-134

Рукопис подано до редакції 09.05.2023

УДК 622.788.36

С.Г. САВЕЛЬЄВ, д-р техн. наук, проф., **О.В. БАБАЄВСЬКА**, асистент,
Т.П. ЯРОШ, канд. техн. наук, доц., **М.М. КОНДРАТЕНКО**, ст. викладач
Криворізький національний університет

ОЦІНКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ ТОНКОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДО ОГРУДКУВАННЯ

Відзначено різноманітність методів визначення придатності тонко дисперсних матеріалів до огрудкування, які в переважній більшості базуються на двох напрямках: використанні характеристичних вологемностей або характеристик гранулометричного складу. Для оцінки водно-фізичних властивостей тонко дисперсних матеріалів застосовуються такі вологемності, як максимальна гігроскопічна, максимальна молекулярна, найменша капілярна і максимальна капілярна, які входять у формули для визначення коефіцієнта грудкуємості. Оцінка гранулометричного складу відбувається за допомогою значень вмісту фракцій менше 0,074, 0,050, 0,044 мм або величини питомої поверхні матеріалу. Проаналізовано представницькість найбільш поширених методів, їх відповідність реальним технологічним характеристикам. Зроблено висновок про перевагу методів, підґрунтям яких є водно-фізичні властивості грудкуемого матеріалу. Відзначено необхідність встановлення стандартних методів визначення характеристичних вологемностей матеріалів, які піддаються огрудкуванню

Метою роботи є порівняльна оцінка достовірності результатів визначення за різними методиками придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування.

Методи наукового дослідження. В роботі використані загальнологічні методи наукового дослідження – аналіз і синтез, аналогія, узагальнення.

Наукова новизна роботи. На основі проведеного аналізу встановлено, що більш надійними і достовірними методами визначення придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування є такі, що базуються на застосуванні мінерально-гідрологічних констант грудкуемого матеріалу.

Практична значущість роботи полягає у отриманні висновків, які дають інформацію для практичного застосування методів оцінки придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування, що мають високу представницькість результатів і не вимагають багато часу на їх визначення.

Результати роботи свідчать про те, що розробка і застосування методів визначення придатності тонко дисперсних матеріалів до огрудкування є одним з важливих напрямком розвитку теорії і технології виробництва окатишів, подальший розвиток якого пов'язаний з встановленням стандартних методів визначення мінерально-гідрологічних констант пиліт, які піддаються огрудкуванню.

Ключові слова: вологемність, коефіцієнт, матеріал, метод, склад, окатиш, мішність