**Білик Сергій Іванович. Раціональні сталеві каркаси малоенергоємних будівель із двотаврів змінного перерізу : Дис... д-ра наук: 05.23.01 - 2009.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Білик С. І. Раціональні сталеві каркаси малоенергоємних будівель із двотаврів змінного перерізу**. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2008.  Метою дисертації є узагальнення та розвиток теоретичних положень при вирішенні науково-технічної проблеми проектування, розрахунок сталевих рам з двотаврів змінного перерізу каркасів малоенергоємних будівель. Розроблені та досліджені нові конструктивні рішення раціональних сталевих рам змінного перерізу, розроблений і впроваджений комплекс методик з розрахунку міцності, стійкості, визначення раціональних розмірів рам з двотаврів змінного перерізу, що дозволяє проектувати сталеві конструкції малоенергоємних будівель, знизити витрати металу та експлуатаційні витрати. Розроблено новий спосіб виготовлення елементів двотаврового профілю з розвинутих двотаврів змінного перерізу. Науково обґрунтований новий принцип проектування сталевих рам несучих каркасів малоенергоємних будівель на основі нового критерію визначення узагальнених розмірів рами з мінімальною різницею між будівельним та функціональними об’ємами. Проведені дослідження і розроблена методика визначення раціональної висоти елементів рами змінного перерізу за критерієм мінімальних витрат сталі. Визначені нові закономірності та розроблена відповідна методика визначення розподілу зміни дотичних напружень в стінці двотаврового профілю змінної висоти як елемента рами. Вирішена задача втрати стійкості плоскої форми згину консольно затиснутої двотаврової балки зі змінною висотою стінки. Наведені результати чисельних досліджень. Розроблена методика і проведені відповідні дослідження просторової стійкості центрально-стиснутих колон та елементів рам зі змінною висотою стінки при дії поздовжньої стискаючої сили та згинального моменту.  Досліджено вплив узагальнених розмірів раціональних сталевих рам з елементів змінного перерізу (кута нахилу ригелів, кута нахилу стояків, відношення жорсткостей ригеля і стояків, ступеня змінності перерізу стояків по довжині) на втрату стійкості рам та на значення коефіцієнтів розрахункової довжини стояків рам. Поширено методологію визначення коефіцієнтів розрахункової довжини елементів рам, як стиснутих стержнів на пружних опорах, на рами з елементів змінного перерізу. На прикладі проектування сталевих рам низки будівель показано практичне використання результатів досліджень дисертаційної роботи. | |
| |  | | --- | | В дисертації вирішена актуальна науково-технічна проблема щодо створення достовірного аналітичного апарату конструювання і розрахунку раціональних сталевих рамних каркасів малоенергоємних будівель з використанням двотаврових елементів змінного перерізу. Вирішення цієї проблеми має важливе народногосподарське значення, тому що відкриває шлях до зниження енерговитрат на експлуатацію будівель, знижує витрати металу на несучий каркас та огороджувальні конструкції.  Представлені теоретичні узагальнення та розвиток теоретичних положень раціонального проектування прогресивних металевих конструкцій з елементів змінної жорсткості. Проведені дослідження, розроблені нові технічні рішення сталевих конструкцій; розроблений і впроваджений комплекс методик з розрахунку міцності, стійкості, визначення раціональних розмірів рам з двотаврів змінного перерізу дають можливість проектувати раціональні сталеві конструкції малоенергоємних будівель, що є конкурентоспроможними за витратами сталі, економними за енерговитратами, технологічними у виготовленні. В результаті виконаних комплексних досліджень автором за тематикою дисертації отримані нові наукові результати.   * + - 1. Узагальнені теоретичні положення, розвинута і вдосконалена теорія розрахунку та конструювання раціональних сталевих рамних каркасів малоенергоємних будівель: розроблена математична основа і розроблено комплекс методик визначення раціональних геометричних розмірів рам, комплекс методик розрахунку на міцність і стійкість рам із двотаврів змінного перерізу, що дає змогу знизити витрати металу та знизити енерговитрати на будівлю.       2. Досліджено прогресивний клас сталевих конструкцій з елементів змінної жорсткості. Розроблено ряд нових конструктивних рішень рамних каркасів з двотаврів змінного перерізу для малоенергоємних будівель та спосіб їх виготовлення. Новизна технічного рішення сталевого каркаса з просторовими блоками покриття з тонкостінних гнутих швелерів та змінним кроком колон із двотаврів зі змінною жорсткістю підтверджена отриманим авторським свідоцтвом (А.с. № 1767136А1). Автором дисертації запропоновано використовувати колони змінного перерізу зі змінним кроком колон, а блоки покриття виготовляти з тонкостінних гнутих поодиноких швелерів; розроблено методику розрахунку колон і елементів блоків покриття на стійкість.   Розроблено новий спосіб виготовлення ефективних за витратами сталі сталевих розвинутих двотаврів змінного перерізу. Спосіб захищено патентом та відповідним авторським свідоцтвом (патент SU № 1794158А3). Автор запропонував геометричну схему різу стінки двотавра і вивів аналітичні відношення залежності геометричних характеристик розвинутого профілю від геометричної схеми різу.  Розроблені нові теоретичні положення і науково обґрунтовано новий принцип раціонального проектування рамних каркасів – принцип малоенергоємності будівлі. Принцип раціонального проектування малоенергоємної будівлі базується на отриманих аналітичних залежностях і на розробленій новій методиці визначення раціональних узагальнених розмірів рам за новим критерієм – критерієм мінімальної різниці між будівельним і функціональним об’ємами. Елементи рамного каркасу за вказаним критерієм апроксимують контур функціонального об’єму, утворюючи мінімальний будівельний об’єм. Вирішено комплекс нових задач і отримані відповідні аналітичні рівняння визначення координат точок перетину елементів раціональної схеми рами та координат дотику до функціонального об’єму в залежності від складеного функціонального об’єму. Встановлені нові раціональні конструктивні схеми рам з похилими стояками, з ламаним або полігональним ригелем в залежності від складності функціонального об’єму.  Розроблено нову методику визначення раціональних узагальнених розмірів рам малоенергоємних будівель із двотаврів змінного перерізу в залежності від висоти стояка рами та кута нахилу ригеля, яка поєднує результати розрахунку за критеріями мінімальних витрат сталі на металоконструкції та критерієм мінімальної різниці між будівельним і функціональним об’ємами.   1. Отримані нові аналітичні залежності визначення раціональної висоти двотаврового елемента рами змінного перерізу, за критерієм раціональних витрат сталі в залежності від діючих згинальних і поздовжніх зусиль, відношення висоти найменшого перерізу до висоти найбільшого перерізу двотаврового елемента, гнучкості стінки, а також від відношення геометричних характеристик полиць і стінки. Результати теоретичних досліджень мають добру узгодженість з результатами досліджень раціональної висоти елементів рам постійного перерізу. 2. Встановлені нові закономірності зміни дотичних напружень в балках зі змінною висотою стінки, отримані відповідні аналітичні залежності. Також отримані аналітичні залежності і розроблена відповідна нова методика визначення дотичних напружень в стінці двотавра зі змінною висотою перерізу від діючих зовнішніх зусиль.   Встановлено вперше, що в двотаврових балках зі змінною висотою перерізу максимальні дотичні напруження залежать від схеми навантаження, тому що при дії зосереджених сил максимальні дотичні напруження виникають у стику полиці і стінки. При зменшенні площі полиці такий вплив більш суттєвий, а при збільшенні площі полиці різниця між максимальними дотичними напруженнями в стику полиці і стінки порівняно з дотичними напруженнями по нейтральній осі балки зменшується. Теоретичний висновок формулюється так: чим більша питома вага моменту інерції перерізу полиці в загальному значенні моменту всього перерізу, тим менший вплив змінності перерізу і менше зростання дотичних напружень від нейтральної осі до похилих граней.  Достовірність отриманих результатів і методики визначення розподілу дотичних напружень в ригельних балках двотаврового перерізу зі змінною висотою стінки при постійній поперечній силі підтверджена також доброю узгодженістю з результатами, отриманими при розрахунку тестових моделей аналогічних двотаврових балок зі змінною висотою стінки методом скінченних елементів.  При рівномірно розподіленому навантаженні в двотаврах зі змінною висотою перерізу дотичні напруження у стику полиці і стінки будуть більшими ніж розраховані за традиційним підходом, а по нейтральній осі – меншими.  Аналітичними дослідженнями встановлено, що у двотаврах зі змінною висотою стінки при дії поздовжньої сили дотичні напруження мають асиметричний характер, і спостерігається зростання дотичних напружень від нейтральної осі до стику стінки і полиці.  Результати теоретичних досліджень розподілу дотичних напружень по перерізу балок зі змінною висотою перерізу за розробленою методикою мають повну узгодженість з результатами досліджень розподілу дотичних напружень по перерізу клиноподібних балок прямокутного перерізу, які отримані Мічелом (Michell J. H.), але при куті нахилу граней до 15.   * + - 1. Отримані нові аналітичні відношення та вирішена задача стійкості плоскої форми згину двотаврів зі змінною висотою перерізу. Розроблена відповідна методика визначення критичного навантаження при втраті стійкості плоскої форми згину двотаврів зі змінною висотою перерізу в залежності від ступеня змінності перерізу балки. Отримані аналітичні залежності для визначення коефіцієнта стійкості () плоскої форми згину балки зі змінною висотою перерізу, та отримано граничне відношення геометричних характеристик, при яких балка не буде втрачати стійкість при згинанні. Встановлено, що змінність висоти балки по довжині зменшує значення критичного навантаження. Для консольно-защемленої балки змінного перерізу обраховані коефіцієнти критичного навантаження при втраті стійкості плоскої форми згину при дії зосередженої сили на вільному кінці. Достовірність теоретичних підходів підтверджена близьким співпадінням чисельних досліджень коефіцієнтів стійкості плоскої форми згину балок при вирішенні задачі різними методами, а також співпадінням з розрахунками стійкості плоскої форми згину балок постійного перерізу, виконаних іншими вченими.       2. Встановлено закономірності впливу на стійкість рам зі зварних двотаврів змінного і постійного перерізів проектних розмірів рам – кута нахилу осі стояка та ригеля рами, прогону та геометричних характеристик перерізу, ступеня змінності перерізу. Поширено методологію визначення коефіцієнтів розрахункової довжини елементів рам, як стиснутих стержнів на пружних опорах, на рами з елементів зі змінним перерізом.   Проведені чисельні дослідження коефіцієнтів розрахункової довжини елементів рам з двотаврів зі змінною висотою перерізу при апроксимації змінності перерізу за параболічною залежністю. Дослідами встановлено, що при збільшенні кута нахилу стояка рами коефіцієнт розрахункової довжини зменшується, але збільшується геометрична довжина стояка, в цілому ж розрахункова довжина стояка зменшується. При збільшенні кута нахилу ригеля рами розрахункова довжина стояка рами збільшується. Встановлена закономірність більш значного впливу (суттєвий вплив пружності защемлення у вузлі елементів рам) на коефіцієнт розрахункової довжини стояків рами відношення погонних жорсткостей ригеля і стояка порівняно з впливом змінності перерізу стояка.  Розв’язана задача, розроблена відповідна нова методика перевірки просторової стійкості двотаврових колон зі змінною висотою стінки на основі теорії тонкостінних стержнів В. З. Власова, як центрально-стиснутих, так і стиснуто-зігнутих при дії згинального моменту в площині змінності перерізу. Достовірність методичного підходу підтверджена розрахунком експериментального зразка рами з двотаврів змінного перерізу.  Запропонований комплекс нових методик (методика визначення раціональних узагальнених розмірів рам малоенергоємних будівель; методика визначення раціональних розмірів перерізів елементів рамних конструкцій; методика розрахунку міцності елементів зі змінним перерізом та просторової стійкості; методика розрахунку на стійкість рам з елементів змінної жорсткості; методика визначення дотичних напружень в елементах рам змінного перерізу) реалізований при проектуванні та будівництві низки будівель. Методика розрахунку на стійкість рам з елементів змінної жорсткості реалізована в програмному комплексі з оптимального проектування сталевих конструкцій.  Техніко-економічна ефективність отриманих результатів дозволила досягти економічної ефективності щодо зниження витрат сталі на конструкції порівняно з прототипами на 12 %…14 %.   1. Результати досліджень відкрили можливість раціонального проектування нового класу сталевих конструкцій з елементів змінної жорсткості малоенергоємних будівель на світовому науково-технічному рівні.   У дисертації отримані нові наукові та практичні результати, які в сукупності можна кваліфікувати як суттєвий внесок у розвиток теорії раціонального проектування та у розвиток загальних методик розрахунку на міцність і стійкість сталевих рамних каркасів з двотаврів змінного перерізу малоенергоємних будівель. | |