

УДК624.075:624.016

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА
МІСЦЕВУ СТІЙКІСТЬ СТАЛЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ
СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

*К.т.н. Авраменко Ю.О., д.т.н., проф. Семко О.В.
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, м.Полтава*

Постановка проблеми. Характерною особливістю розвитку матеріально-технічної бази цивільного, житлового та частково промислового будівництва є значне розширення застосування нових типів легких сталевих тонкостінних конструкцій з ефективними утеплювачами. Масове впровадження цих конструкцій набуває важливого народногосподарського значення й може надати країні відчутний економічний ефект.

Вітчизняний і зарубіжний досвід переконливо свідчить про доцільність застосування легких несучих та огорожувальних конструкцій замість традиційних конструктивних рішень [3, 5, 7]. Але застосування в даний час останніх та їх широке використання в різноманітних сферах сучасного будівництва виявили необхідність врахування нових факторів. Оскільки руйнування останніх дуже часто пов'язане з втратою загальної стійкості або стійкості їхніх окремих конструктивних елементів - місцевої втрати стійкості, роль розрахунків на стійкість сталевих елементів для таких конструкцій в загальному циклі розрахунку несучої здатності істотно зростає.

Для деяких конструкцій за умовами експлуатації місцева втрата стійкості є неприпустимою. Критерієм найменшої ваги конструкції, що в теперішніх економічних умовах постає досить актуальним питанням, буде значення критичних напружень, які відносяться до місцевої стійкості сталевих елементів сталезалізобетонних конструкцій.

Зв'язок з науковими і практичними завданнями та аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення задачі місцевої стійкості тонких пластин, підкріплених пружною основою, дозволяє оцінювати внесок різних вхідних параметрів у більш складних завданнях. Відповідно рішення задачі стійкості пластини, що контактує з основою, дає можливість робити оцінку в питаннях пружної стійкості легких сталезалізобетонних конструкцій.

Характерною особливістю таких конструкцій є те, що модуль пружності бетону на кілька порядків менше модуля пружності матеріалу тонких сталевих елементів, в той час як жорсткості можуть відрізнятися несуттєво. Тому важливою є оцінка підкріплюючого впливу пружного заповнювача на характер втрати стійкості пластини. У [5] розглянуті різні підходи до розрахунку підкріплених пластин на місцеву стійкість з урахуванням найпоширеніших умов закріплення кромки останніх (рис. 1). Але питання визначення оптимального співвідношення між геометричними параметрами, фізико-механічними характеристиками пластинки і підкріплюючої основи (бетонною складовою) сталезалізобетонних конструкцій і, як наслідок, визначення несучої здатності сталезалізобетонної конструкції з урахуванням

місцевої стійкості сталевих елементів таких конструкцій, досить часто виникають при проектуванні.

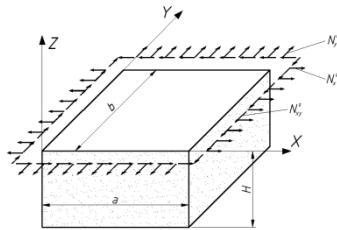


Рис 1. Початковий напружений стан пластини на пружній основі.

Метою та основними задачами даної роботи є визначення теоретичних передумов впливу конструктивних параметрів на місцеву стійкість сталевих елементів сталезалізобетонних конструкцій.

Виклад основного матеріалу. Для розв'язання поставлених задач та детального теоретичного аналізу запропонованої методики розрахунку несучої здатності сталевих елементів сталезалізобетонних конструкцій з урахуванням втрати місцевої стійкості останніх, були обрані конструктивні елементи, що складаються з двох тонкостінних пластин $a=0,1$ м та $b=0,1$ м різної товщини (від 0,0005 м до 0,004 м) та наявності пружної основи (бетонної складової) різної товщини та різних фізико-механічних властивостей, що знаходиться між ними. Модуль пружності та коефіцієнт Пуассона для сталевих пластин були обрані 210000 МПа та 0,3 відповідно, як найпоширеніші властивості металу легких сталевих тонкостінних конструкцій.

У багатьох попередніх дослідженнях з метою спрощення вважали коефіцієнти Пуассона усього запропонованого конструктивного елемента однаковими. Так, у роботі [1] для всіх шарів тришарової оболонки прийнятий загальний приведений коефіцієнт Пуассона. Врахування ж різних значень вказаних величин приводить до значного ускладнення розрахункових залежностей. У роботі [2] була зроблена спроба врахувати неоднакові коефіцієнти Пуассона, що призводить до різного роду припущень, які часто не відображають реальної роботи такого елемента.

Тому, з використанням отриманих раніше залежностей [5], для визначення впливу властивостей підкріплюючої основи були побудовані поверхні взаємодії $N(\nu, E)$ (рис. 2). Модуль пружності E_s та коефіцієнт Пуассона ν_s змінювалися від 1000 МПа до 100000 МПа та 0,1...0,3 відповідно, що охоплює значну кількість фізико-механічних властивостей бетонів.

При різних умовах закріплення ненавантажених кромek прямокутної пластинки товщиною 1 мм отримані поверхні мають криволінійний характер: при зростанні модуля пружності збільшується несуча здатність конструктивного елемента, а збільшення значення ν_s , у свою чергу не суттєво знижує значення N . Але зазначимо, що поправка за рахунок різних значень

ν_s може виявитися істотною для конструкцій, шари яких ортотропні і мають коефіцієнти Пуассона, що сильно відрізняються.

Як видно з наведених графічних поверхонь, у разі тришарового конструктивного елемента для заповнювача з дуже низьким модулем пружності E_s при малих товщинах пружної основи H спочатку спостерігається падіння критичних зусиль. Це падіння пов'язане з великими деформаціями зсуву заповнювача, які настільки знижують згинальну жорсткість стінки, що вона стає менше, ніж жорсткість несучих шарів (тобто жорсткість стінок при $H=0$). Фактично при дуже малих модулях E_s несучі шари при втраті стійкості працюють як би незалежно один від одного.

Між тим, фізично ясно, що насправді критичні зусилля повинні весь час зростати. Результати рішень показують, що це зростання при низьких модулях пружності заповнювача дуже незначне, так як частини заповнювача, досить віддалені від несучих шарів, не надають на останні підтримуючого впливу.

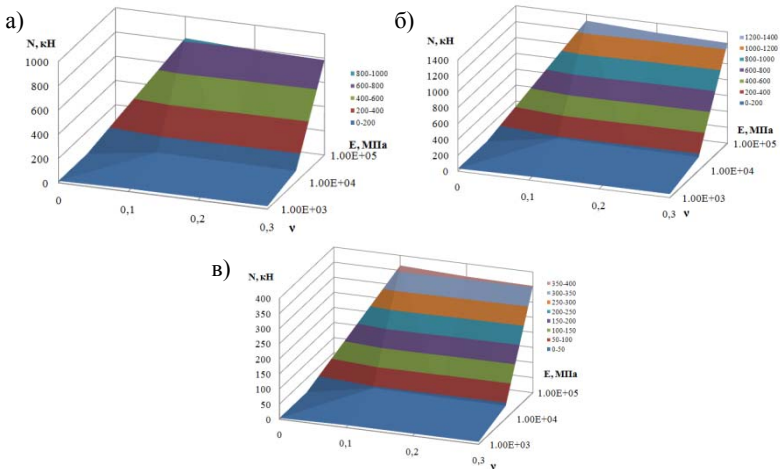


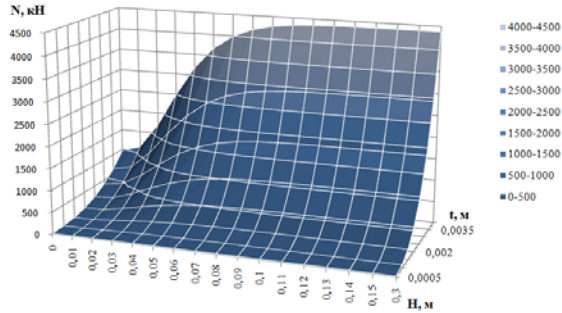
Рис. 2. Поверхня залежності $N(\nu, E_s)$ при різних граничних умовах поздовжніх ненавантажених сторін: а) шарнірне обпирання; б) жорстке затиснення; в) вільне обпирання.

При детальному аналізі було виявлено, що відносно великі значення ширини бетонної складової H (0,1...0,3 та більше), що перевищують геометричні розміри самої пластинки, віддалені частини заповнювача не надають підтримуючого впливу, що говорить про нерациональне використання матеріалу пружної основи при певних граничних умовах і розмірах не залежно від обраного матеріалу підкріплюючої основи.

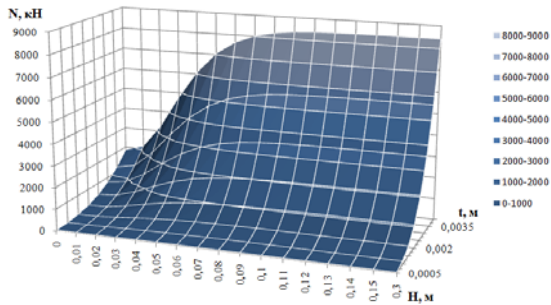
Виходячи з умови (рис.2), більша міцність бетону значно підвищує стійкість не тільки тонкостінних елементів сталезалізобетонних конструкцій а й сприймає значне зусилля, що не завжди виправдано, оскільки за таких умов

значно зростає вага конструкції. Тому на підставі теоретичних досліджень виконаних вище на (рис. 2) представлені графічні поверхні залежності стискаючого навантаження підкріплених пластинок від товщини заповнювача та товщини сталеві пластинки (рис. 3).

а)



б)



в)

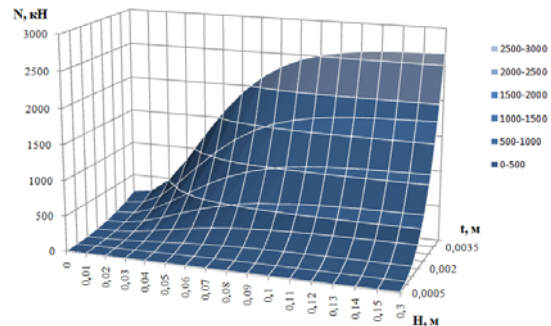


Рис. 3. Поверхня залежності $N(v_s, E_s)$ при різних граничних умовах поздовжніх ненавантажених сторін: а) шарнірне обпирання; б) жорстке затиснення; в) вільне обпирання.

Коефіцієнт Пуассона ν_s приймався рівним 0,15, модуль пружності $E_s=5000$ МПа, як фізико-механічні характеристики, що найбільш відповідають легким бетонам [4, 6]. Крім того, матеріали несучих шарів вважалися однаковими, хоча розрахункові формули справедливі для різних матеріалів. Використовуючи наведені графічні поверхні, можна наочно проілюструвати вплив окремих факторів на критичне навантаження $N(H, t)$.

Слід зазначити, що при малих товщинах заповнювача, як показують розрахунки, мінімуму критичного навантаження відповідає утворення порівняно довгих хвиль, довжина яких у багато разів більше товщини заповнювача. При більших же товщинах - утворюються короткі хвилі, близькі до його товщини.

Висновки. Запропонований метод розрахунку при достатній точності рішення дозволяє досить просто вирішувати найрізноманітніші завдання стійкості підкріплених пластин. Виконані теоретичні дослідження дозволяють встановити, що зростання критичних зусиль при низьких модулях пружності заповнювача дуже незначне, так як частини заповнювача, досить віддалені від несучих шарів, не надають на останні підтримуючого впливу. При відносно великих значеннях E_s віддалені частини заповнювача також не надають підтримуючого впливу, проте в цьому випадку зростання критичного навантаження буде відбуватися за рахунок збільшення частки осьової сили, що приходить на заповнювач.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев А.Н. Многослойные анизотропные оболочки и пластины: Изгиб, устойчивость, колебания / А.Н. Андреев, Ю.В. Немировский -Новосибирск: Наука, 2001. - 288с.
2. Веселов С.Ю. Устойчивость пластины на упругом основании, сжатой сосредоточенной силой / С.Ю. Веселов // Вопросы механики и процессов управления. -М., 2003. - №19. - С. 57 - 65.
3. Ильгамов М.А. Расчет оболочек с упругим наполнителем / М.А. Ильгамов, В.А. Иванов, Б.В. Гулин М.: Изд. «Наука», 1987. – 133 с.
4. Семко О.В. Легкий бетон для заповнення порожнин сталевих тонкостінних конструкцій / О.В. Семко, Д.М. Лазарев, Ю.О. Авраменко // Збірник наукових праць «Будівельні конструкції». Вип. 24 - Одеса, ДП НДІБК, 2011 – С. 48-52
5. Семко О.В. Стійкість тонкостінних сталевих елементів сталезалізобетонних конструкцій / О.В. Семко, Ю.О. Авраменко // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. Трудов. Вып. №65. – Дн-вск., ПГАСА, 2012. – С.557-561.
6. Clarke J.L. Structural Lightweight Aggregate Concrete. / J.L. Clarke – Taylor & Francis E-Libory, 2005. – 128 pp.
7. Ghersi A. Design of Metallic Cold-formed Thin-walled Members / A. Ghersi, R. Landolfo and F.M. Mazzolani – New York: Spoon Press, 2002. – 174 p.