

*О.В. Орисенко, к.т.н., доц., М.М. Нестеренко, аспірант
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕТАЛЕВОЇ ФОРМИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АРБОЛІТОВИХ СТІНОВИХ БЛОКІВ

Наведено аналіз конструктивних особливостей форм, які застосовуються для створення будівельних конструкцій із бетонів, й запропонована конструкція форми для виготовлення будівельних блоків, розроблена на основі проведеного аналізу.

Ключові слова: форма, арболіт, легка бетонна суміш, ударно-струшувальна установка, формування виробів.

Приведен анализ конструктивных особенностей форм, которые применяются для производства строительных конструкций из бетонов, и предложена конструкция формы для изготовления строительных блоков, разработанная на основе проведенного анализа.

Ключевые слова: форма, арболит, легкая бетонная смесь, ударно-встряхивающая установка, формование изделий.

The analysis of structural features of forms, which are used for forming of build constructions from concretes, is resulted, and the offered construction forming of build blocks, developed on the basis of the conducted analysis.

Keywords: form, woodcrete, easy concrete mixture, shaking drumkit, setting, forming of wares.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Створення досконалих конструкцій форм для виготовлення арболітових стінових блоків вимагає більшої уваги з боку конструкторів та технологів.

Зовнішній вигляд будівельних блоків, точність їх геометричних розмірів, чіткість ребер і граней, оброблення поверхонь та навіть конструктивна міцність визначаються якістю форм.

Практика виготовлення будівельних виробів у переносних формах висуває до самих форм досить суперечливі вимоги.

Форми повинні бути міцними й одночасно легкими, мати достатню жорсткість і геометричність, але водночас дозволяти без особливих складностей виймати готовий виріб. Крім того, режими термічної обробки в камерах та автоклавах не повинні помітно впливати на матеріал форми, їх робочі поверхні при багаторазовому очищенні й змащенні мають залишатися гладкими і не змінювати своїх первісних обрисів у результаті багаторазової обертальності.

Переліченим вимогам значною мірою відповідають металеві форми, зварені та литі, й меншою – дерев'яні та пластмасові.

Конструкція форм для виготовлення будівельних блоків визначається розмірами й обрисами самих виробів, положенням виробу в процесі формування і залежить від засобів закріплення форми на віброплощині, її транспортування та розпалубки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Форма визначає конфігурацію й розміри залізобетонного виробу. Конфігурація нижньої частини виробу визначається дзеркалом піддону, бічних частин

– подовжніми та поперечними бортами. Піддон, як правило, виконують у вигляді горизонтально розташованої рами, звареної зі швелерів і листової сталі [1]. Борти залежно від типу форми можуть бути шарнірно прикріплені до піддону, з'єднуватися з ним жорстко або входити до складу формувальної машини. Подовжні й поперечні борти з'єднують за допомогою гвинтових стяжок. Якщо борти входять до складу формувальної машини, то форма утворюється після надходження на формувальний пост піддону і з'єднання з ним бортів. Борти можуть бути закріплені до піддону і не шарнірно, а за допомогою різних швидкознімних кріпильних пристроїв. У цьому випадкові їх можна встановлювати на піддоні в потрібному для формування положенні.

Величини відхилень від проектних розмірів виробу залежать від точності виготовлення форми, жорсткості бортів і піддону, з'єднання бортів між собою та бортів із піддоном [2]. Усі розміри форми, що визначають розміри залізобетонного виробу, слід забезпечувати не тільки під час виготовлення, але й зберігати в процесі експлуатації, коли форма піддається дії різних механізмів (вібромайданчиків, кранів і т. п.).

Розрізняють такі форми для виготовлення будівельних виробів [3]:

– залежно від прийнятої на заводі технологічної схеми виробництва – пересувні (конвеєрні схеми), переносні (агрегатно-потоківі) та стаціонарні (стендові);

– залежно від часу і способу звільнення виробів від бортів – піддони (розпалублення виконується відразу ж після формування, бортове оснащення є приналежністю формувальної машини або формувального поста), форми з відкидними чи розсувними бортами (розпалублення здійснюється після твердіння виробів) і нерознімні форми (борти жорстко пов'язані з піддоном; вироби виймають за рахунок ухилів, що задаються формувальними поверхнями, або за рахунок пружної деформації бортів. Нерознімні форми мають, як правило, один чи два жорстко закріплені борти).

Кожний тип форм має переваги і недоліки. Наприклад, застосування негайного розпалублення значно знижує металоємність виробництва та трудомісткість виготовлення, але разом із тим знижується якість виробів; застосування переналагоджуваних форм також знижує металоємність, але вимагає витрат праці й часу на переналагодження, суворого обліку і зберігання деталей для переналагодження; застосування деревометалевих форм доцільне при виготовленні малої кількості виробів, для якої не економічно виробляти металеві форми. Тому вибрати той або інший тип форм слід при розробленні технології виготовлення певного виду виробів.

Форми – це основне, найбільш металоємне устаткування заводів збірного залізобетону. Конструкція форм має забезпечувати необхідну геометричну форму та розміри виробів, простоту і зручність збирання та розбирання, чищення і змащення, щільність з'єднань окремих елементів, особливо у процесі формування виробів на вібромайданчиках або іншому вібраційному устаткуванні, незмінність розмірів у процесі експлуатації.

Форми повинні характеризуватися достатньою надійністю і довговічністю. Кількість оборотів сталевих форм до повного зносу залежно від їх типу не може бути меншою ніж 1000 – 1500 [4].

Конструкція форм повинна забезпечувати вільне знімання готових виробів без пошкоджень, надійну фіксацію закладних деталей і вкладишів у необхідних положеннях, надійність захоплення форм траверсами або іншими підйомно-транспортними засобами, безпека при відкритті бортів (кожний борт має спиратися на упори-обмежувачі).

Відхилення розмірів форм, що допускаються, для виготовлення інших типів залізобетонних виробів приймають залежно від відхилень, які допускаються, на ці вироби [2].

Як правило, відхилення на розміри форм удвічі менші відхилень, що допускаються на відповідні розміри залізобетонних виробів. Таке посилювання допусків пояснюється тим, що в процесі експлуатації форм унаслідок зносу, деформацій розміри форм порушуються і відхилення від розмірів збільшуються.

Розміри та поперечний переріз конструктивних елементів форми вибирають на основі досвіду експлуатації, з урахуванням їх міцності й жорсткості.

Металеві форми звичайно виготовляються зварюванням профільного металу та сталюого листа [5]. На піддони й борти форми використовують швелери від № 10 до № 24, кутову сталь розмірами 40x40 мм до 120x120 мм, сталюий лист товщиною 4 – 6 мм. Застосування для форм більш малих профілів та листа товщиною до 4 мм не може бути рекомендоване при формуванні виробів і, головним чином, при розробленні й збиранні форм через неминучі деформації елементів форми.

У зв'язку з тим, що зовнішні поверхні та контури виробу повністю повторюють усі викривлення і дефекти на внутрішніх поверхнях форми, останні не повинні мати вм'ятин, глибоких раковин, пропалів і бризок від зварювання.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. При конструюванні форм часто не враховуються навантаження від бокового тиску бетонної суміші при її віброущільненні, що призводить до випуску продукції низької якості.

Метою даної роботи є конструювання та динамічний розрахунок металевої форми для виготовлення арболітових стінових блоків.

Виклад основного матеріалу. Рівномірний розподіл бетону при укладанні у форму досягається заповненням її на рівні бортів. Висота форми вибирається з урахуванням коефіцієнта ущільнення і може бути визначена за формулою

$$H_{\text{форм}} = k_{\text{ущіл}} \cdot \delta_{\text{вироб}}, \quad (1)$$

де $H_{\text{форм}}$ – висота форми, см;

$k_{\text{ущіл}}$ – коефіцієнт ущільнення;

$\delta_{\text{вироб}}$ – товщина виробу, см.

Коефіцієнт ущільнення залежить від необхідної середньої щільності арболіта і знаходиться в межах 1,2 – 1,6. Зокрема, для арболіта середньою щільністю 700 кг/м³ при використанні відходів пилорам із хвойних порід $k_{\text{ущіл}} = 1,2$ [3].

Згідно з роботами [5, 6], вироби з легких бетонів виготовляються у вигляді панелей, блоків і плит. Приймаємо розміри блоків, що будуть формуватися, 200 × 200 × 400 мм. При конструюванні форми приймалась до уваги продуктивність, яка підвищувалась шляхом збільшення кількості блоків, виготовлених за один раз. Була сконструйована форма, що містить 6 чарунок, розмір кожної з яких відповідає розміру формованого блока. Необхідною вимогою до форми є забезпечення її простого і швидкого розбирання та складання.

Конструктивно форма виконується зварною з листової сталі (сталь 45 за ГОСТ 1050-88) товщиною 6 мм (рисунок 1). Піддон форми виконаний у вигляді чотирьох зварених між собою кутиків. До піддона приварений лист прямокутної форми, який є днищем. Зовнішні борти мають висоту згідно з формулою (1) 250 мм. Розділення

огороженого зовнішніми бортами простору на чарунки $200 \times 200 \times 400$ мм здійснюється перегородками товщиною 6 мм та висотою 200 мм, будь-яка з котрих для зручності розбирання форми може вийматися. Кожна перегородка виконана таким чином, що у зібраній формі вона фіксує сусідні. Борти також забезпечують фіксацію всіх внутрішніх перегородок форми. Для складування піддонів із готовими блоками один на один по кутах піддону наварені чотири стійки.

Для зручного транспортування форми з місця формування до місця складування спроектовано спеціальну траверсу (рисунок 2).

Динамічний розрахунок форми виконаний у програмі скінченноелементного аналізу ANSYS/LS-Dyna. У програмі імітувалось ущільнення арболітової суміші у металевій формі під час роботи ударно-струшувальної установки. Для числової моделі використано два типи скінченних елементів, які реалізують пружні та пластичні властивості металевої форми й арболітової суміші.

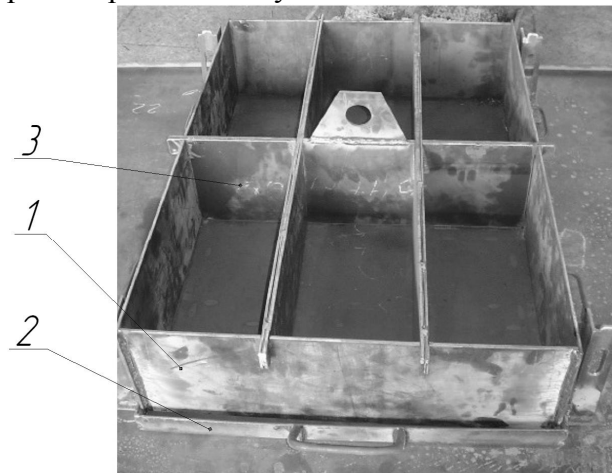


Рисунок 1 – Форма для формування арболітових блоків:
1 – форма; 2 – піддон; 3 – перегородки



Рисунок 2 – Транспортування форми за допомогою спеціальної траверси

Конструкція форми розбита на 24750 скінченних елементів (рисунок 3). Для реалізації контакту для арболітової суміші та металу створені симетричні контактні пари.

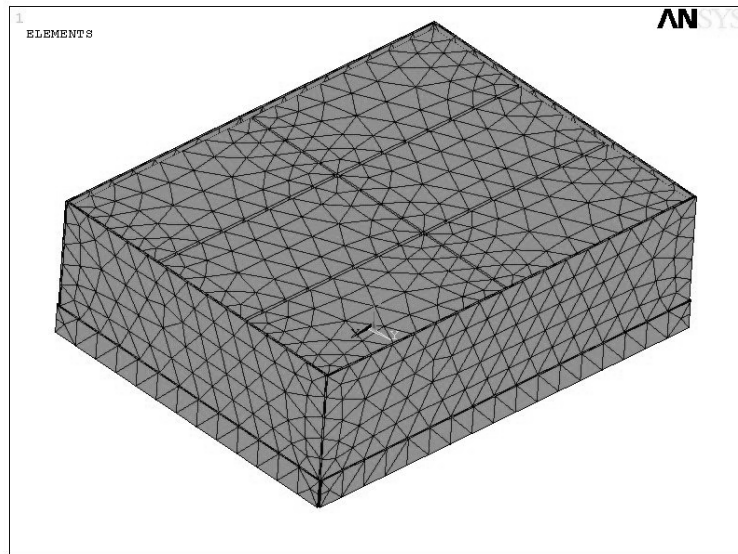


Рисунок 3 – Числова модель форми з арболітовою сумішшю

У якості навантаження приймається падіння форми з висоти 8 мм з урахуванням прискорення вільного падіння та статична й динамічна дія привантажувача на металеву форму [5, 6].

На рисунку 4 зображено картину розподілу напружень на деформованій схемі конструкції. Привантажувач на рисунку 4 не показано, оскільки розподіл напружень та деформацій у ньому для поставленої задачі не важливий. Як видно з рисунка, напруження в елементах форми складають у середньому 15 – 60 КПа, а осідання бетонної суміші під час ущільнення становить приблизно 38 мм, як наведено у роботі [3].

Найбільша деформація та концентрація напружень (60 – 65 КПа) відбувається в кутах форми, де знаходяться зварні шви конструкції (рисунок 5).

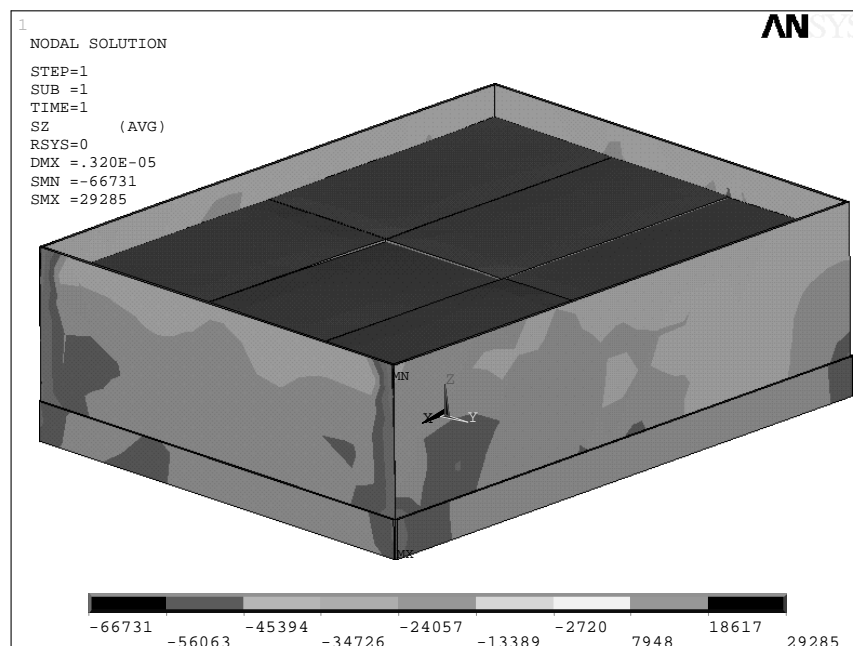


Рисунок 4 – Розподіл напружень в елементах конструкції

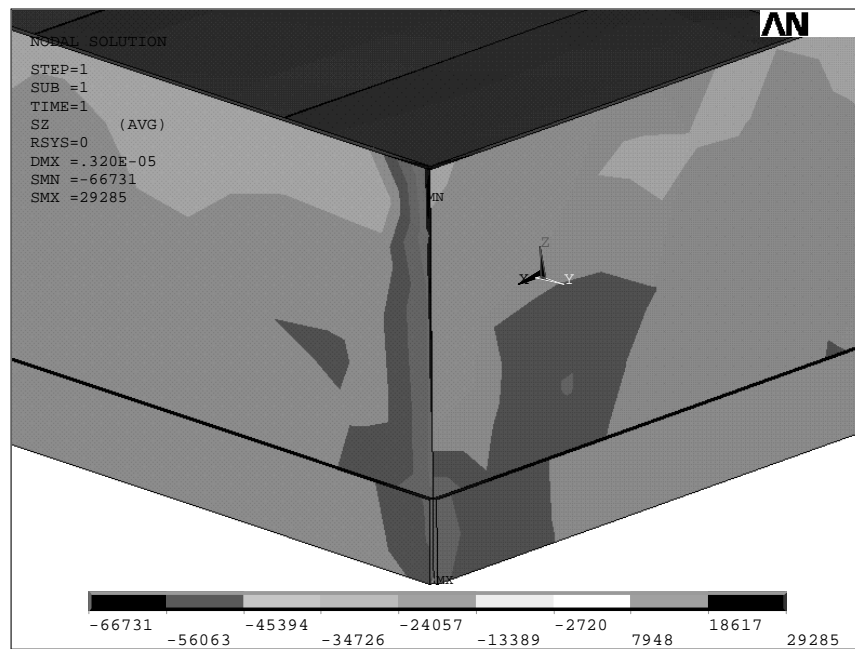


Рисунок 5 – Концентрація напружень у кутах форми

Висновки. На основі аналізу конструкцій форм для виготовлення бетонних будівельних виробів запропонована металева швидкокорознімна форма для формування арболітових блоків. При проектуванні такої форми виконано аналіз її міцності та надійності за допомогою програми ANSYS/LS-Dyna.

ЛІТЕРАТУРА

1. К.А. Олехнович Установка для формирования легкобетонных изделий / К.А. Олехнович // *Строительство и архитектура, строительные материалы и изделия: реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Вып.6.* – К.: Вища школа, 1975. – С. 67 – 68.
2. ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. – Взамен ГОСТ 19222-73; Введ. 01.01.85. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 20 с.
3. Бужевич Г.А. Арболит / Г.А. Бужевич. – М.: Стройиздат, 1986. – 244 с.
4. Форма для формування арболітових блоків розмірами 600x350x200 мм / М.П. Нестеренко, О.В. Орисенко, М.М. Нестеренко, Д.С. Педь // *Каталог сучасних наукових розроблень.* – Полтава: ПолтНТУ, 2009 – С. 18.
5. Орисенко О.В. Розроблення конструкції ударно-струшувальної установки для формування стінових блоків із легких бетонів на основі аналізу конструктивних особливостей ущільнюючих машин / О.В. Орисенко, М.М. Нестеренко // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво).* – Полтава: ПолтНТУ, 2009 – Вип. 3(25). – С. 150 – 155.
6. Орисенко О.В. Ударно-струшувальна установка для формування стінових арболітових блоків із легких бетонів із застосуванням мінеральних в'язучих / О.В. Орисенко, М.М. Нестеренко О.О. Шевченко // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)* – Полтава: ПолтНТУ, 2009 – Вип. 23. – С. 63 – 68.
7. Пат. 33711 Україна. МПК (2006) B28B 1/08. Пристрій для ущільнення виробів із бетонних сумішей / М.П. Нестеренко, О.В. Орисенко, М.М. Нестеренко. – № и 2008 02245; заявл. 21.02.08; опубл. 10.07.08, Бюл.№13. – 4 с.

8.

Надійшла до редакції 02.02.2010 р.
© **О.В. Орисенко, М.М. Нестеренко**