

УДК 691.421.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ  
ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГРУНТОБЛОКІВ

*д. т. н., проф. Савицький М. В., к. т. н., доц. Шатов С. В., здобувач  
Новиченко Н.В.\*, заст. директора Кучук І.П.\*\*, студ. Довгаленко Д. О.  
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури»,*

*\*Дніпропетровська міська рада,*

*\*\*Структурний підрозділ Придніпровської залізниці "Нижньодніпровський  
завод залізобетонних конструкцій"*

**Проблема.** Будівництво високотехнологічних та екологічних соціокомплексів потребує використання якісних та недорогих матеріалів, сировина для яких повинна бути розташована на незначній відстані від об'єктів будівництва, що зменшує транспортні витрати. Також виготовити основні види будівельних елементів (цегли, ґрунтоблоків) доцільно поруч з об'єктом та за технологією, яка передбачає найменші витрати часу. Тому актуальною проблемою створення соціоекокомплексів є розробка технологічного обладнання для виготовлення будівельних виробів з місцевих матеріалів (у першу чергу ґрунтів) у безпосередній близькості до об'єктів.

**Аналіз публікацій.** Виготовлення цегли та ґрунтоблоків передбачає підготовку сировини, формування виробів та подальшу їх обробку (висушування, обпалювання). При підготовці сировини для ґрунтоблоків її перемелюють, просіюють, при необхідності додають різні компоненти. Найбільш поширеним способом формування таких виробів є пресування. [1 - 5]. Ґрунти представляють собою трьохфазну систему з мінеральними частинками, водою та повітрям. Мета пресування полягає у отриманні високо ущільнених виробів за рахунок усунення вільного простору між частинками та їх пластичної деформації, а також для надання їм необхідних розмірів та форми. Режими пресування бувають в залежності від напрямків зусиль – односторонній та двохсторонній (рис. 1); за кратністю прикладання зусилля – однократне та багатократне; за характером зусилля – ударне та статичне (стискування).

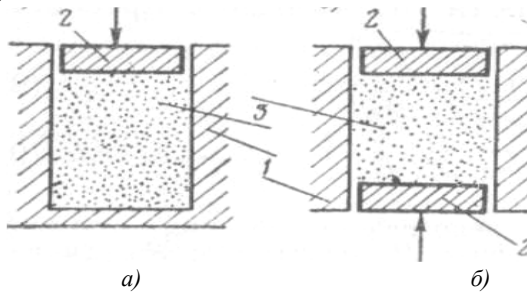


Рис. 1. Режими пресування в залежності від напрямків зусиль: а – односторонній; б – двохсторонній.

1. Форма; 2. Штамп; 3. Сировина

Початок пресування сировини супроводжується її ущільненням за рахунок зміщення частинок між собою та їх наближення. При цьому відбувається часткове вилучення повітря з матеріалу. Наступна стадія ущільнення характеризується пластичною необоротною деформацією частинок. При цьому збільшується контактна поверхня між частинками. Одночасно з цим, ущільнення кожної елементарної частинки супроводжується витисненням вологи з її глибинних шарів на контактну поверхню частинки. Обидва ці чинники зумовлюють зростання зчеплення між частинками. Вода разом з глинистими колоїдами, що міститься в ній, цементує більші частинки пресування, а із збільшенням контактної поверхні зростає ефект такої цементації. У цій стадії ущільнення може мати місце затискання і пружне стиснення повітря, яке не витіснилося з порошку. На завершальній стадії ущільнення настає пружна деформація частинок. Такі деформації найбільш вірогідні для тонких подовжених частинок у вигляді голок та пластинок, які можуть згинатися по схемі затиснутої консолі або балки, що спирається на дві опори. Остання стадія ущільнення супроводжується крихким руйнуванням частинок, при якому пресування отримує найбільше ущільнення і найбільше зчеплення унаслідок сильного подальшого розвитку контактної поверхні. Для здійснення крихких деформацій потрібний дуже великий тиск. Пресування виконують на важільних пресах двохстороннього пресування СМ-143, СМ-198, СМ-301. Зусилля пресування 125...425 т, питомий тиск пресування 200...400 кг/см<sup>2</sup>, потужність електродвигуна 17...41 кВт, продуктивність 2000...5000 шт/годину [3].

У США розроблена технологія «Терраблок» на базі дуплексної машини «Хандра-статик II» (рис. 2) для виготовлення ґрунтоблоків 8,9 x 30,5 x 25,5 см масою 11,8 кг за рахунок великого зусилля на сировину штампами із гідроприводом. Значне ущільнення сировини дозволяє використовувати виготовлені блоки без висушування (рис. 2, б). Машина має дві робочі камери, які працюють незалежно. Місткість приймального бункера становить 0,76 м<sup>3</sup> (на 10 хвилин безперервної роботи обладнання), що дозволяє механізовано завантажувати сировину, наприклад навантажувачем (рис. 2, а). Продуктивність машини складає 600 ґрунтоблоків за годину. Обладнання встановлено на колісному причепі, що дозволяє його транспортувати до місця добичі або складування сировини. До недоліків технології «Терраблок» відноситься значна енергомісткість обладнання (потужність дизельного двигуна 59 кВт) та необхідність складного та дорогого гідравлічного привода.

Зменшити енергомісткість формування матеріалів дозволяє розроблена в Росії технологія під назвою «Русские качели» [6], основою якої є ефект текучого клина (рис. 3). Скрягу відкритої зверху горизонтальної форми 2 переміщують зверху – вниз штамп 1 до дотику з поверхнею майбутнього виробу (рис. 3, а). При кожному переміщенні вверх штампа 1 під нього самопливом підсипається сировина по всій ширині форми 2. Під штампом 1 відбувається стиснення сировини, яке виконується самим матеріалом, що

безперервно підкачується штампом 1 під себе. До створення під штампом текучого клина форма 2 нерухома. Поява текучого клина характеризується витисненням маси, що самоущільнюється з-під штампу 1 по всій ширині та товщині формування у напрямі вільної частини 6 форми 2. Це відповідає тому, що під штампом 1 матеріал доведений до текучого, граничного за щільністю стану, на всю товщину формування та, що виник ефект текучого клина.



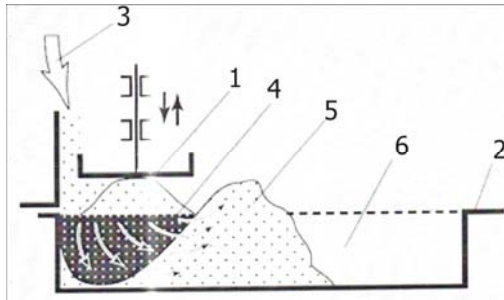
Рис. 2. Виготовлення ґрунтоблоків по технології «Терраблок»:  
а - дуплексна машина «Хандра-статик II»; б – готові ґрунтоблоки

Безпосередньо під штампом 1 неможливе руйнування або розуцільнення матеріалу у зв'язку з тим, що зворотно витиснений шар сировини виконує роль опору, який стримує натиск. З цього моменту форму 2 починають переміщати поступально і безперервно під штамп 1 в протилежну сторону; роблять це зі швидкістю, яка дорівнює або менша швидкості витискування. Для запобігання руху матеріалу у зворотному напрямі, за штампом переміщують запобіжну калібруючу лизу (рис. 3, б). Відбувається безперервне заповнення форми 2 щільно упакованою масою від початку до кінця форми. Тиск ( $7 \dots 9 \text{ кг/см}^2$ ), що виникає під штампом, в  $10 \dots 20$  разів менший, ніж при традиційних способах формування ( $200 \text{ кг/см}^2$ ). Енергія витрачається тільки на подолання опору переміщення частинок усередині обмеженої за об'ємом зони текучого клину.

До недоліків відомих технологій формування матеріалів слід віднести те, що після припинення дії зусилля пресування і звільнення виробу з форми проходить його пружне розширення, що досягає в окремих випадках 8%. Пружне розширення не дає можливості отримувати пресування з максимальною щільністю і є причиною утворення інших дефектів виробів. Причинами пружного розширення можуть бути оборотні деформації твердих частинок, розширення запресованого повітря, а також адсорбційне розклинювання контактів вологою, витисненою при пресуванні з контактних поверхонь в більші пори.

**Метою** досліджень є розробка технологічного обладнання для виготовлення будівельних виробів з місцевих матеріалів (у першу чергу ґрунтів) у безпосередній близькості до об'єктів.

а)



б)

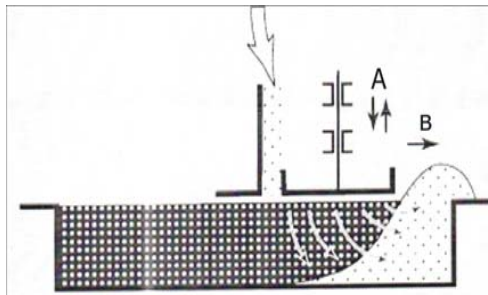


Рис. 3. Технологія формування матеріалів «Русские качели»: а – початок процесу; б – кінцева стадія. 1. Штамп; 2. Форма; 3. Подача матеріалу; 4. Зона ущільнення; 5. Маса, що витискається з-під штамп; 6. Вільна частина форми

**Результати дослідження.** У лабораторних умовах були проведені експериментальні дослідження з формування цегли пресуванням із супіску. Зразки розміром 25,0 x 12,5 x 6,3 см. Дослідження виконувалися на лабораторному пресі (рис. 4) з питомим тиском на зразок 200 кг/см<sup>2</sup>. Волога сировини для зразків складала 4...6%. Сировину, відібрану з будівельного майданчика, підготовлювали: подрібнювали та просіювали. Виготовлені зразки цегли вимірювалися (визначалися маса та щільність) та випробувалися міцність на стиснення та згин відповідно до ГОСТу 8462-85. Результати вимірювань та випробувань отриманих зразків цегли наведені у таблиці. Показники зразків відповідають цеглі марки М125. При дослідженнях встановлено, що після припинення дії зусилля пресування проходить пружне розширення зразків та зміна їх форми. Тому запропоновано удосконалити

конструкцію технологічного обладнання для виготовлення цегли та ґрунтоблоків методом пресуванням.

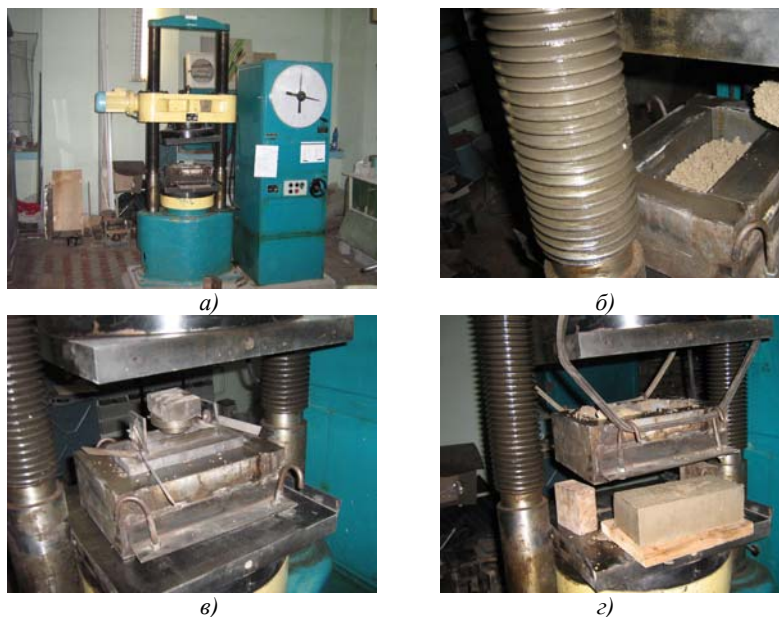


Рис. 4. Дослідження формування цегли із сугіску пресуванням:  
 а - прес; б – заповнення форми сугіском;  
 в – закінчення пресування; г – виготовлений зразок

Т а б л и ц я 1  
 Результати вимірювань та випробувань зразків цегли із сугіску отриманих пресуванням

№ зразка	Розмір зразка, см			Маса, кг	Щільність, м <sup>3</sup> /кг	R <sub>стис.</sub> , МПа	R <sub>зг.</sub> , МПа
	довжина	ширина	товщина				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	25	12	6,3	3.760	1989	10	1.6
2	250	120	6,5	3.790	1943	12.5	1.3
3	250	120	6,2	3.750	2016	9.7	0.8
4	250	120	6,3	3.760	1989	10	2.1
5	250	120	6,3	3.760	1989	9.6	1.7
6	250	120	6,4	3.770	1963	10	1.7
7	250	120	6,3	3.760	1989	9.5	1.6

Прес для формування будівельних виробів (рис. 5) містить станину 1, форму 2 з будівельним матеріалом 3 та штамп 4, який за допомогою важелів 5 і 6, шатуна 7 зв'язаний з приводним ексцентриковим валом 8. Між важелями 5 і 6 та шатуном 7 встановлений пристрій 9 призупинки штампа 4, який містить з'єднані пружиною 10 рухому 11 та нерухому 12 стінки. Стінка 11 через шарнір 13 зв'язана з шатуном 7, а нерухома стінка 12 контактує зі станиною 1 [7].

Прес працює таким чином. При обертанні приводного ексцентрикового валу 8 на кут  $\alpha_1$  (рис. 5, б), за рахунок переміщення шатуна 7 та важелів 5 і 6, штамп 4 наближається до форми 2 та тисне на матеріал 3. При подальшому обертанні ексцентрикового валу 8 на кут  $\alpha_2$  (рис. 5, в) тиск штампа 4 на матеріал 3 посилюється до найбільшого значення. При цьому пристрій 9 через нерухому стінку 12 починає контактувати зі станиною 1. При обертанні ексцентрикового валу 8 на кут  $\alpha_3$  (рис. 5, г) шатун 7 переміщує рухому стінку 11 та стискає пружину 10. Штамп 4 продовжує ущільнювати матеріал 3 доки ексцентриковий вал 8 не пройде положення кута  $\alpha_4$  (рис. 5, д), коли пристрій 9 почне відходити від станини 1 (рис. 5, е). Таким чином при обертанні ексцентрикового валу 8 від кута  $\alpha_2$  до кута  $\alpha_4$  штамп 4 призупиняється в положенні найбільшого стиснення матеріалу 3. Це сприяє підвищенню ефективності процесу формування будівельних матеріалів та виробів. Після проходження ексцентриковим валом 8 положення, що відповідає куту  $\alpha_5$  цикл роботи преса повторюється. Конструкція преса може виконуватись і за іншим варіантом (рис. 5, ж), коли штамп 4 переміщується горизонтально. Матеріал 3 поступає з бункера 14 та його вихід контролюється заслінкою 15.

Для збільшення питомого тиску на сировину в конструкції преса на рисунку 6 штамп 4 виконаний збірним з телескопічно розташованих частин 5, 6 та 7 прямокутного перетину. Кожна із частин 5, 6 та 7 штампа 4 через пружні елементи 8 зв'язана з окремим гідроциліндром керування, відповідно 9, 10 та 11. Прес також має корпус 1, робочу камеру 2 з будівельним матеріалом 3. При поетапному включенні у роботу гідроциліндрів 9, 10 та 11, на матеріал 3 послідовно тиснуть частини 5, 6 та 7 штампа 4. При цьому питомий тиск на матеріал 3 кожною частиною 5, 6 та 7 значно більший, ніж при виконанні пуансона у вигляді однієї робочої поверхні. Це сприяє підвищенню ефективності процесу формування будівельних виробів. При роботі гідроциліндрів 9, 10 та 11 одночасно із переміщенням частини 5, 6 та 7 виконується стиснення пружних елементів 8, які забезпечують зворотне переміщення (втягування) цих частин штампа 4 при відключенні гідроциліндрів 9, 10 та 11.

Удосконалена технологія способу «Русские качели» виконується у такій послідовності [8]. Між двома поверхнями подають сипкий матеріал. Поверхні між собою рухаються по вертикалі (стиснення матеріалу) та по горизонталі. При закінченні руху в одному напрямі по горизонталі, в момент найбільшого притиснення поверхні до матеріалу вона призупиняється в такому положенні від вертикального руху. З початком горизонтального руху в іншому напрямі, поверхня може рухатись і вертикально. Потім поверхні віддаляються і цикл

роботи повторюється до необхідного ущільнення матеріалу 3. Призупинка вертикального руху поверхні в момент найбільшого притискання її до матеріалу дозволяє досягнути максимального його ущільнення. Це сприяє підвищенню ефективності процесу формування будівельних матеріалів та виробів.

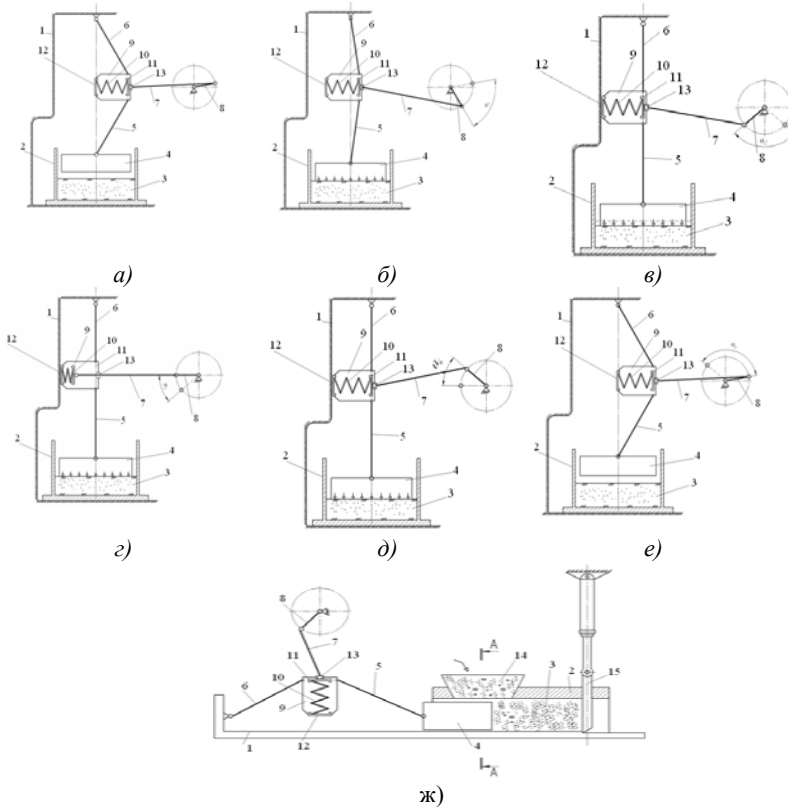


Рис. 5. Прес для формування виробів з призупинкою штамп:  
 а - прес; б – заповнення форми сипіском; в – закінчення пресування; г –  
 виготовлений зразок

**Висновки.** 1. Актуальною проблемою створення високотехнологічних та екологічних соціокомплексів є розробка технологічного обладнання для виготовлення будівельних виробів з місцевих матеріалів (у першу чергу ґрунтів) у безпосередній близькості до об’єктів.

2. Виконаний аналіз сучасного обладнання для формування будівельних виробів показав доцільність використання для цієї мети пресування матеріалів.

3. Проведенні експериментальні дослідження з формування цегли із супіску пресуванням. За результатами досліджень розроблені технічні пропозиції з удосконалення технологічного обладнання для виготовлення ґрунтоблоків, конструкції яких захищені патентами України.

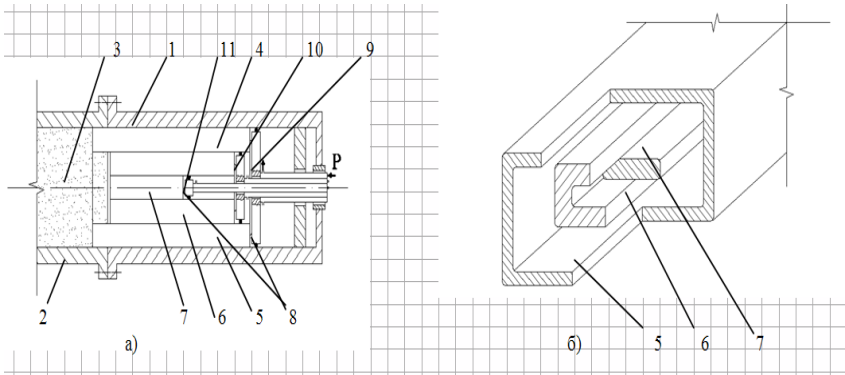


Рис. 6. Прес зі збірним штампом: а – переріз пресу; б – штамп зі складовими частинами

### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. Підручник. // Р. Ф. Рунова, Л. О. Шейніч, О. Г. Гелевера, В. І. Гоц. - К.: КНУБА, 2001. - 354 с.
2. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. Учебник для вузов // М.И. Роговой. - М.: Стройиздат, 1974. - 315 с.
3. Основи технології кераміки і штучних пористих заповнювачів. Учебник для вузов // Г.С. Бурлаков – М.: «Высш. Школа». - 1972. – 424 с.
4. Строительные материалы Учебник // В.А. Воробьев. - М.: «Высш. Школа», 1962. - 496 с.
5. ДБН Д.2.2-8-99. Конструкції із цегли та блоків. // Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. Держбуд України.- К.: 2000. – 24 с.
6. Королев Н. Технология самоуплотнения / Наука и жизнь, 1981. - № 11. – С. 28-32, II-III.
7. Патент України на корисну модель 77560, В28, 25.03.2013. Бюл. № 4.
8. Патент України на корисну модель 77561, В28, 25.03.2013. Бюл. № 4.