

**Keywords:** kits, equipment, construction site, pump, mixer, fiber cutter.

**Ємельянова І. А. Блажко В.В., Доброходова О.В. ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКТА МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УМОВ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА.** У статті запропоновані схеми раціонального компонування малогабаритних комплектів обладнання для виконання

різних видів робіт в умовах будівельного майданчика. В якості базових машин даних комплектів, запропоновано використовувати нові зразки обладнання для приготування будівельних сумішей і їх нанесення способом торкретування. Запропоновано методику визначення продуктивності технологічного комплексу обладнання з урахуванням використовуваної базової машини.

**Ключові слова:** комплекти, обладнання, будівельний майданчик, насос, змішувач, різьбяр фібри.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-233-238  
УДК 621.926.5

**Ємельянова І.А., Чайка Д.О., Субота Д.Ю.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: emeljanova-inga@ukr.net)*

**Мачуга О.С.**

*Національний лісотехнічний університет України  
(вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна)*

## **УНІВЕРСАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКТ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОВНОЦІННОГО 3D ДРУКУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА**

Розглядається принципова можливість повноцінного 3D друкування об'єктів будівництва з використанням технологічного комплексу мобільного обладнання у поєднанні із комп'ютеризованою системою керування в умовах будівельного майданчика. Типізовано основні операції друкування об'єктів, запропоновано використання відповідного набору насадків, що дозволяє сумістити у часі друкування різнопланових елементів споруди та її конструктивів шляхом безопалубного бетонування з неперервним приготуванням робочих сумішей.

**Ключові слова:** комплект мобільного обладнання, суміщення операцій у часі, повноцінне 3D друкування, комп'ютерна модель об'єкта друкування.

**Вступ.** Ідея 3D друкування різноманітних корпусних виробів ґрунтується на синергетичному поєднанні класичних технологій екструзії [1] або пултрузії [2] з механотронним керуванням процесу аномально в'язкого течіння [3] композиційних реологічних субстанцій. Базовою складовою процесу тривимірного друкування є наявність 3D комп'ютерної моделі об'єкта друкування, що дозволяє пошарове нанесення матеріалу [4].

Принцип 3D друкування у будівництві не є абсолютно новим [4]. Однак на даний час застосування тривимірного друку у цій галузі обмежується виготовленням дизайнерських виробів та моделюванням

об'єктів будівництва. Застосування 3D друкування об'єктів будівництва на даний час [7] обмежується виготовленням монолітних безкаркасних стінових конструкцій із подальшим традиційним монтуванням каркасно-армувальних елементів та міжповерхових перекриттів. Нанесення будівельної маси відбувається пошарово за допомогою маніпулятора із друкувальною голівкою, рух якого контролюється спеціалізованим програмним забезпеченням на базі 3D AutoCAD комп'ютерної моделі споруди.

Безпосереднє використання такого підходу для 3D друкування будівель та споруд є утрудненим унаслідок ряду факторів. Для повноцінного друкування індивідуалізованих об'єктів будівництва, істотним є їх

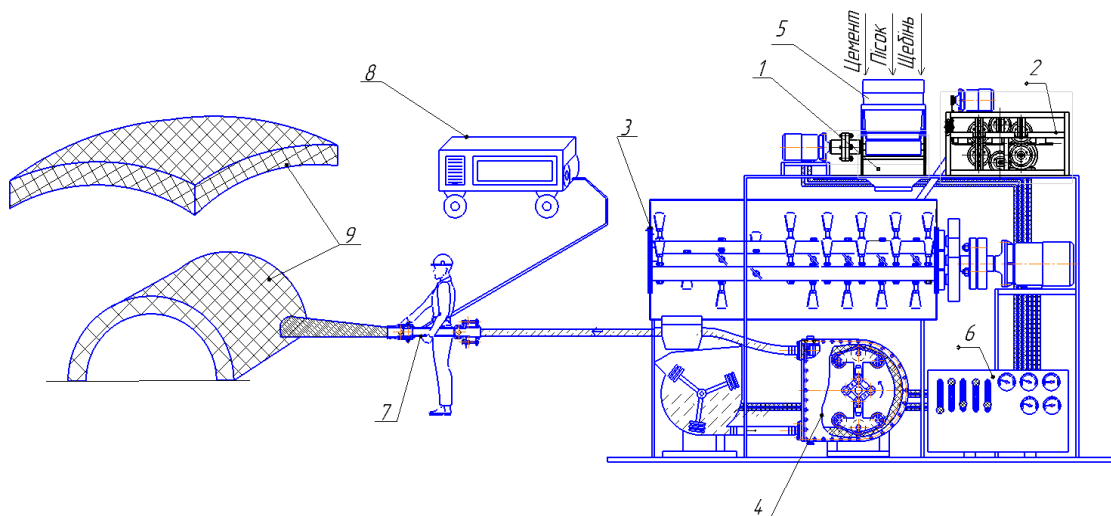
масштабність та структурний склад, вартісні та часові показники. Тому успішне запровадження принципів 3D друкування у будівництві пов'язується із створенням такої технології, яка інтегрально вирішить усі вище вказані особливості будівництва.

**Метою даного дослідження** є впровадження принципу повноцінного 3D друкування індивідуалізованих об'єктів будівництва з використанням ефективного технологічного комплексу нового малогабаритного мобільного обладнання в умовах будівельного майданчика.

**Об'єктом досліджень** є робочі процеси під час зведення будівель.

**Предметом досліджень** є універсальний технологічний комплект малогабаритного обладнання для застосування повноцінного 3D друкування об'єктів будівництва.

**Результати досліджень.** Для досягнення поставленої мети пропонується використання технологічного комплексу мобільного малогабаритного обладнання, який має багатофункціональні особливості, дозволяє виконувати усі операції робочого циклу при суміщенні їх у часі [12, 13] (рис. 1).



1 - Стрічковий живильник; 2 - Автомат-різчик фібри; 3 - Трибальний бетонозмішувач; 4 - Універсальний шланговий бетононасос; 5 - Дозувальний вузол; 6 - Гідророзподільчий вузол; 7 - Торкрет-сопла; 8 - Компресорна установка; 9 - Об'єкти, що торкретуються.

Рис. 1. Технологічний комплект малогабаритного обладнання для проведення будівельних робіт з використанням метода безопалубного бетонування.

Технологічний комплект складається із нового обладнання, яке запатентовано в Україні. На загальній рамі змонтовано декілька машин, що дозволяє виконання бетонних робіт реалізувати як процес безперервної дії зі суміщенням у часі усіх технологічних операцій.

Нарізку фібрових волокон та їх дозовану подачу у змішувач суміщено з подачею інших складових суміші, що готується, а також з подальшим транспортуванням отриманої таким чином фібробетонної суміші безпоршневим шланговим бетононасосом із маніпулятором [13, 14] до робочого сопла у разі виконання торкрет-робіт способом мокрого торкретування. Комплект обладнання, що розглядається, може

бути використано також і для інших видів робіт:

- приготування сумішей різного призначення;
- виготовлення конструкцій та виробів з використанням безопалубного бетонування безпосередньо в умовах будівельного майданчика.

Універсальність комплексу дозволяє за допомогою гідравлічного маніпулятора і сопла зі змінними насадками виконувати усі операції робочого циклу під час будівництва індивідуальних об'єктів (рис. 2). Для виконання усіх типізованих операцій пропонується одне універсальне сопло із набором спеціалізованих насадок та регульованою подачею робочої суміші друкувальною машиною.

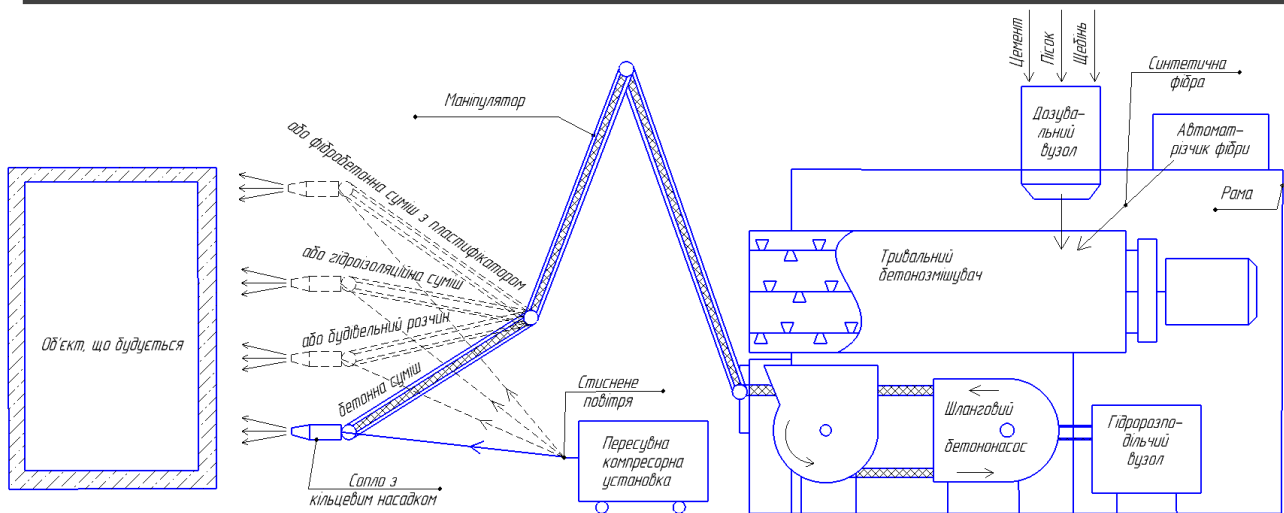


Рис. 2 Технологічна схема для застосування повноцінного 3D друкування об'єктів будівництва.

Крім того, заслуговує на увагу можливість забезпечення структурними складовими такого комплексу процесу безопалубного бетонування під час виготовлення залізобетонних конструкцій та виробів безпосередньо на будівельному майданчику для зведення будинків і споруд [9,14].

Багатофункціональний комплект для 3D друкування будівельних споруд (будівельний 3D принтер) призначається для пошарового та елементного нанесення різно-рідних будівельних сумішей у відповідності до 3D AutoCAD моделі об'єкту. Типізація функцій такого комплексу у залежності від виду операції що виконується представляється наступним чином:

1. Друкування основи і стін фундаменту:
  - 1.1 Друкування бетонної фундаментної подушки по попередньо підготовленій основі фундаменту (влаштована траншея стрічкового фундаменту чи котлован, виконано вирівнювання основи фундаменту і влаштування ґрунтово-щебеневої та піщаної основи);
  - 1.2 Друкування горизонтального гідроізоляційного шару по бетонній подушці (у разі необхідності);
  - 1.3 Безопалубне друкування стінових конструкцій із фібробетону;
  - 1.4 Друкування основного горизонтального гідроізоляційного шару;
  - 1.5 Безопалубне друкування стінових конструкцій із фібробетону вище гідроізоляційного шару (у разі необхідності);

- 1.6 Друкування вертикального гідроізоляційного шару зовнішніх стінових поверхонь фундаментних конструктивів;
- 1.7 Друкування бетонної підготовки підвальних приміщень (у разі їх наявності);
- 1.8 Друкування горизонтального гідроізоляційного шару по бетонній підготовці підвальних приміщень (у разі їх наявності);
- 1.9 Друкування утеплюючого шару підлоги підвальних приміщень (у разі їх наявності);
- 1.10 Друкування суцільної підлоги з фібробетону у підвальних приміщеннях (у разі їх наявності).
2. Друкування перемичок віконних, дверних та технологічних проїм; міжповерхових перекриттів:
  - 2.1 Друкування арматурних поясів над віконними, дверними та технологічними проїмами із армованого склопластика (чи аналога);
  - 2.2 Друкування арматурних поясів перекриття із армованого склопластика (чи аналога);
  - 2.3 Друкування шару арматурних поясів перекриттів та перемичок;
  - 2.4 Друкування внутрішнього об'єму перекриттів і перемичок із фібробетону;
  - 2.5 Друкування звукоізолюючого шару перекриття;
  - 2.6 Друкування гідроізолюючого шару «мокрих» приміщень (санвузлів, кухонь, тощо).
3. Друкування стінових конструкцій вище нульової відмітки:

- 3.1 Безопалубне друкування стінових конструкцій із технологічними пустотами для внутрішньостінового утеплюючого шару;
- 3.2 Друкування арматурних поясів із армованого склопластику (чи аналогу) в об'ємі внутрішньостінових пустот;
- 3.3 Друкування утеплюючого шару в об'ємі внутрішньостінових пустот.
4. Друкування накриття споруди включає в себе друкування згідно п.п.2.2-2.5 даної типізації, а також:
  - 4.1 Друкування розширеного теплоізолюючого шару;
  - 4.2 Друкування в декілька шарів гідроізолюючого накриття даху дрібно щебеневою посипкою.
5. Друкування окремих елементів - діафрагм жорсткості, колон, каркасів включає в себе операції друкування, які типізовані в попередніх пунктах.
6. Друкування зовнішнього оздоблюючого фасадного шару шляхом мокрого торкретування при використанні забарвлених мас.

Для виконання усіх типізованих вище операцій пропонується використання робочого сопла із набором спеціалізованих насадків, які дозволяють реалізувати окремі види друкування. Технологічний комплект, що пропонується, з новим малогабаритним обладнанням оснащується маніпулятором з робочим соплом [12], яке використовується з спеціалізованим насадком для виконання кожного із виду друкування відповідно типізації функцій будівельного 3D принтера.

Для універсальної роботи сопла пропонуються наступні види насадків:

1. Основний насадок для виконання торкрет-робіт мокрим способом: друкування несучих елементів конструкцій з бетонних сумішей, які можуть бути модифіковані різними наповнювачами: металевою та пластикою фіброю, пластифікаторами, домішками для швидкого тужавіння бетону, морозостійкими додатками, теплоізолюючими наповнювачами тощо;
2. Насадок для друкування вертикальної та горизонтальної гідроізоляції;

3. Насадок для друкування термоізоляційних шарів;
4. Насадок для друкування арматурного поясу із армованих композиційних матеріалів;
5. Насадок для оздоблювальних робіт.

У разі застосування синхронної роботи декількох принтерів під час друкування однієї і тієї ж споруди, за використання запропонованого у даній роботі комплекту обладнання, потрібно передбачити систему розподілу між ними виконуваних операцій.

Пошарове нанесення друкувальної суміші способом мокрого торкретування призведе до зменшення енерговитрат на ущільнення бетонних сумішей, оскільки процес друкування чергового шару суміші сприятиме до ущільнення вже укладених торкретом попередніх шарів.

Таким чином, використання варіанту 3D принтера на технологічному комплекті малогабаритного обладнання може призвести до повного виключення ручної некваліфікованої праці під час зведення будинків та споруд.

### Висновки

1. Для впровадження принципу повноцінного 3D друкування індивідуалізованих об'єктів будівництва запропоновано універсальний технологічний комплект мобільного малогабаритного обладнання, який можливо використовувати в умовах будівельного майданчика.
2. Розглянуто типові функції запропонованого комплекту 3D принтера в залежності від виду операцій, які виконуються під час пошарового нанесення різномірних будівельних сумішей.
3. Представлено перелік насадків для торкрет-сопла, які використовуються під час друкування однієї і тієї ж споруди у разі застосування одного 3D принтера та синхронної роботи декількох принтерів.
4. Акцентується увага на пошаровому нанесенні друкувальної суміші способом мокрого торкретування.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Володин, В.П. Экструзия пластмассовых труб и профилей [Текст] / В.П. Володин. – С-Петербург.: Профессия, 2010. – 256 с.
2. Пултрузия [Электронный ресурс] / Портал ПРОполимеры MPlast.by. – Режим доступа: <https://mplast.by/encyklopedia/pultruziya/> – 03.2015 р.–Загл. з екрану.
3. Яхно, О. М. Основы реологии полимеров [Текст] / О.М. Яхно, В. Ф. Дубовицкий.–К.: Вища школа, 1978. – 188 с.
4. Лунева Д.А., Кожевникова Е. О., Калошина С. В. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития [Текст] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, №1. – С. 90–101. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.08
5. Emeljanova I., Blazhko V., Shatokhin V., Chayka D., Kobanets D. Features offered of universal technological sets of the small sized equipment for conditions of a building site [Текст] // Науковий вісник будівництва – Харків: ХНУБА, 2017. – Т. 90, №4 – с. 136–145.
6. Emeljanova I., Blazhko V., Anishcenko A., Dobrohodova O., Gordienko A. Capacity and power efficiency determination for concrete mixers operating in cascade made [Текст] // Науковий вісник будівництва – Харків: ХНУБА, 2017. – Т. 90, №4 – с. 145–153.
7. Приходько, Д. Виды и применение 3D-печати на промышленных предприятиях Украины // Д. Приходько Матеріали виступу на XVIII міжнародній конференції АС ПГП Вінниця. 2017: Проект «3D Printed House 1.0»: ваш унікальний інтер'єр, зроблений із солі і полімерного цементу на 3D-принтері [Електронний ресурс] / 3D News Daily Digital Digest. – Режим доступу: <http://www.3dnews.ru/822918?from=related-grid&from-source=823424/> – 27.06.2014 р. – Загл. з екрану.
8. Печать дома на 3D принтере. Новые технологии строительства // FORUMHOUSE [Видеозапис] / YouTube канал FORUMHOUSE. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=hfNmFkTrpg/> – 23.03.2017 р. – Загл. з екрану.
9. Ємельянова, І.А. Гідравлічне обладнання нового покоління для безопалубного бетонування при виготовленні полегшених залізобетонних конструкцій криволінійної форми / І.А. Ємельянова, Д.О. Чайка // Матеріали виступу на XVIII міжнародній конференції АС ПГП 2017 р. м. Вінниця
10. Копецки, Z. Hydraulic Load Sensing Systemy. In: Mobilne energetické prostriedky–Hydraulika Životné prostredie-Ergonomia Mobilnych Strojov. // Zborn. medz. ved. konf. Zvolen 13 sept. 2005 ISBN 80-228- 1488-1. – TU vo Zvolene.– P.108–113.
11. Pat 112585 Ukraine F04B43/12(2006.01), F04B15/02(2006.01) Universal hose-type concrete pump / Emeljanova I.A., Zadorozhniy A.O., Klimenko M.V., Chayka D.O., Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.
12. Ємельянова І. А Створення технологічного комплекту малогабаритного обладнання з безпоршнеvim бетононасосом для умов будівельного майданчика / Ємельянова І.А., Д.О. Чайка, Д.С. Кабанець // Науково-технічний збірник Комунальне господарство міст, серія Технічні науки та архітектура. – Харків: ХНУМГ, вип. 137, 2017. – с.98–103.
13. Emeljanova, I. A. Shapeless manufacture of Reinforced concrete cylindrical and spherical shells with the help of new generation hydraulic equipment of new generations / I. Emeljanova, A. Anishcenko, S. Guzenko, D. Chayka // Materials of IX International Conference Heavy Machinery – HM 2017. Zlatibor, 28 june-1 jule.–2017. –p.A11–A15.
14. Ємельянова І.А. Перспектива використання універсального шлангового насоса с гидравлическим приводом при восстанвлении и возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона / И. А. Ємельянова, Д.О. Чайка // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, 2017. – Т. 88, №2 – с. 165–170.
15. Emeljanova, I. Determination of Capacities of Concrete mix transportation by Universal Hydraulic Hose concrete pumps under the conditions of construction site / I. Emeljanova, P. Andrenko, D. Chayka // Norwegian Journal of development of the International Science – Technical Science, 2013. – vol.1, №3 – p.84–90.

**Ємельянова І.А., Мачуга О.С., Чайка Д.О., Субота Д.Ю. УНІВЕРСАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧЕСКИЙ КОМПЛЕКТ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВИПОЛНЕННЯ ПОЛНОЦЕННОЇ 3D ПЕЧАТИ ОБ'ЄКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА.** Рассматривается принципиальная возможность полноценной 3D печати объектов строительства с использованием технологического комплекта мобильного оборудования в сочетании с компьютеризированной системой управления в

условиях строительной площадки. Типичные основные операции печати объектов, предложено использование соответствующего набора насадок, что позволяет совместить во времени печатания разно-плановых элементов сооружения и его конструктивов путем безопалубочного бетононасосования с непрерывным приготовлением рабочих смесей.

**Ключевые слова:** комплект мобильного оборудования, совмещение операций во времени, полноценная 3D печать, компьютерная модель объекта печати.

**Emeljanova I.A., Machuga O.S., Chayka D.O., Subota D.Yu. A UNIVERSAL TECHNOLOGICAL SET OF SMALL-SIZED EQUIPMENT**

## FOR PERFORMING A FULL-FLEDGED 3D PRINTING OF CONSTRUCTION OBJECTS.

Considered the fundamental possibility of full 3D printing of construction objects using a technological set of mobile equipment in conjunction with a computerized control system in the conditions of the construction site. Typical basic operations of printing objects, proposed the use of a suitable set of nozzles, which allows to combine in time printing of diverse elements of the structure and its structures by unpainted concrete with the continuous preparation of working mixtures.

**Keywords:** a set of mobile equipment, a combination of operations in time, full 3D printing, computer model of the object of printing.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-238-243

УДК 621.926.5

**Емельянова И.А., Блажко В.В., Анищенко А.И.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: [Emeljanova-inga@ukr.net](mailto:Emeljanova-inga@ukr.net), [Blagko-2008@ukr.net](mailto:Blagko-2008@ukr.net),  
[Aanishchenko@ukr.net](mailto:Aanishchenko@ukr.net))*

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ БАЗОВОЙ МАШИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА МАЛОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Дана структурная схема к определению затрат мощности универсальным комплектом малогабаритного комплекта оборудования для условий строительной площадки. Приведены затраты мощности по модулям технологического комплекта с указанием их основных частей. Приведены зависимости для определения затрат мощности отдельными модулями универсального комплекта.

**Ключевые слова** Технологический комплект, малогабаритное оборудование, бетоносмеситель, растворобетонасос, бетононасос, затраты мощности.

**Постановка проблемы и актуальность исследований.** Для условий современного строительства актуальной проблемой является создание эффективных технологических комплектов оборудования, позволяющих максимально сократить время на рабочие процессы строительства при повышенной производительности с возможностью максимального совмещения отдельных операций во время полного цикла.

Технологические комплекты рационально использовать взамен технологических комплектов, состоящих из парка отдельных машин. При такой организации работ отдельные операции в технологическом процессе выполняются последовательно

одна за другой. С этих позиций более эффективно работает технологический комплект, у которого отдельные машины и оборудование монтируются на общей раме или станине, что позволяет весь рабочий процесс провести организованно при совмещении отдельных операций. Примером может служить технологический комплект малогабаритного оборудования для работы на фибробетонных смесях [1]. Также могут служить комплекты оборудования для торкрет-работ мокрым способом [2].

**Цель и задачи исследования.** Выбор рационального комплекта малогабаритного оборудования для условий строительной