

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 658.589:69

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.170118.10.35

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВІТНІХ СТАРТАПІВ

ШАТОВ С. В.^{1*}, *д-р техн. наук, доц.*,
САВИЦЬКИЙ М. В.², *д-р техн. наук, проф.*,
КОНОПЛЯНИК О. Ю.³, *канд. техн. наук, доц.*,
ЄВСЄЄВ Є. О.⁴

^{1*}Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatov.sv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

²Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-0002-0003

³Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (0562) 47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4664-8809

⁴Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: fastfud@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-2781-4840

Анотація. Постановка проблеми. Інноваційні будівельні технології направлені на поліпшення якості житла та зменшення його вартості, зведення сучасних промислових споруд. Ці технології передбачають практичне використання досягнень в ІТ-сфері, які забезпечують новітній напрямок у розвитку будівельних кластерів і розробленні стартапів. **Мета дослідження** - розвиток інноваційних технологій в будівництві для створення новітніх стартапів у цій галузі. **Висновок.** До перспективних інноваційних будівельних технологій належать: 3D-друк об'єктів різного призначення; виготовлення екологічних будівельних виробів із місцевих матеріалів (грунтоблоки) методом локального нагнітання сировини; дослідження технічного стану пошкоджених будівель і споруд безпілотними літальними апаратами; розбирання об'єктів, зруйнованих унаслідок техногенних та природних подій. Розглянуто склад робіт та технологічні особливості кожного з інноваційних напрямків. Зазначені інноваційні будівельні технології потребують подальшого розвитку та реалізації у форматі стартапів.

Ключові слова: інноваційні технології; 3D-друкування будівельних об'єктів; розбирання зруйнованих будівель; обстеження об'єктів квадрокоптерами

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НОВЕЙШИХ СТАРТАПОВ

ШАТОВ С. В.^{1*}, *д-р техн. наук, доц.*,
САВИЦЬКИЙ М. В.², *д-р техн. наук, проф.*,
КОНОПЛЯНИК А. Ю.³, *канд. техн. наук, доц.*,
ЄВСЄЄВ Є. О.⁴

^{1*}Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatov.sv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

²Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-0002-0003

³Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (0562) 47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4664-8809

⁴Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: fastfud@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-2781-4840

Аннотация. Постановка проблемы. Инновационные строительные технологии направлены на улучшение качества жилья и уменьшение его стоимости, возведение современных промышленных сооружений.

Эти технологии предусматривают практическое использование достижений в IT- сфере, которые обеспечивают новейшее направление в развитии строительных кластеров и разработке стартапов. **Цель исследования** - развитие инновационных технологий в строительстве для создания новейших стартапов в этой отрасли. **Вывод.** К перспективным инновационным строительным технологиям относятся: 3D-печать объектов разного назначения; изготовление экологических строительных изделий из местных материалов (грунтоблоки) методом локального нагнетания сырья; обследование технического состояния поврежденных зданий и сооружений беспилотными летательными аппаратами; разборка объектов, разрушенных в результате техногенных и природных явлений. Рассмотрен состав работ и технологические особенности каждого из инновационных направлений. Исследованные инновационные строительные технологии требуют дальнейшего развития и реализации в формате стартапов.

Ключевые слова: инновационные технологии; 3D-печать строительных объектов; разборка разрушенных зданий; обследования объектов квадрокоптерами

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN BUILDING FOR REALIZATION OF NEWEST STARTUPS

SHATOV S. V.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), As. Prof.*,
SAVYTSKIY N. V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KONOPLIANIK A. Yu.³, *Cand. Sc. (Tech.), As. Prof.*,
EVSEEV E. O.⁴

^{1*}Department build and road wave, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatov.sv@ukr.net, ORCIDID: 0000-0002-1697-2547

²Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-0002-0003

³Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4664-8809

⁴Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro, 49600 Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: fastfud@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-2781-4840

Summary. Raising of problem. Innovative building technologies are sent to the improvement of quality of accommodation and diminishing of his cost, erections of modern industrial building. These technologies foresee the practical use of achievements in IT - sphere, which provide the newest direction in development of building clusters and development of startups. **Purpose.** Development of innovative technologies in building for creation of newest startups in this industry. **Conclusion.** To perspective innovative building technologies behave: 3D- printing of objects of the different setting; making of ecological building wares from local materials (blocks from soil) the method of the local festering of raw material; inspection of the technical state of the damaged building and constructions by pilotless aircrafts; sorting out of objects, destroyed as a result of the technogenic and natural phenomena. Composition of works and technological features of each are considered of innovative directions. The considered innovative building technologies require further development and realization in the format of startups.

Keywords: innovative technologies; 3D-printing of building objects; sorting out of the destroyed building; inspections of objects by pilotless aircrafts

Проблема. Різні сфери виробництва застосовують інноваційні будівельні технології, направлені на поліпшення якості житла та зменшення його вартості, зведення сучасних промислових споруд. Ці технології передбачають практичне використання досягнень в IT-сфері, які забезпечують новітній напрямок у розвитку будівельних кластерів і розробленні стартапів. До таких технологій належать: 3D-друк об'єктів різного призначення; виготовлення екологічних будівельних виробів із місцевих матеріалів (грунтоблоки) новітнім способом;

дослідження технічного стану будівель і споруд безпілотними літальними апаратами; розбирання об'єктів, зруйнованих унаслідок техногенних та природних подій.

Аналіз публікацій. 3D-друк (3D-принтинг) - це процес відтворення реального об'єкта за зразком 3D-моделі [11]. В основі технології 3D-друк лежить принцип пошарового створення твердої моделі. 3D-друк будівельних об'єктів - це нова технологія зведення будівель і споруд [12], що дозволяє в найкоротші терміни звести житло за індивідуальним проектом із

використанням різних матеріалів (рис. 1, а). Будівельний 3D-принтер використовує технологію екструзії, за якою кожен новий шар будівельного матеріалу видавлюється з принтера поверх попереднього (рис. 1, б, в, г). У будівництві 3D-друк вимагає створення технологій, ефективного устаткування, нормативної бази.

Будівництво екологічних комплексів потребує використання якісних та недорогих матеріалів, сировина для яких повинна бути розташована на незначній відстані від об'єктів будівництва, що зменшує транспортні витрати на її доставку.

Виготовлення основних видів будівельних виробів (цегли, ґрунтоблоків) доцільне поруч з об'єктом та за технологією, яка передбачає найменші енерговитрати. Виготовлення ґрунтоблоків передбачає розроблення ґрунтів, їх підготовку, формування виробів та подальшу обробку.

Найбільш поширений спосіб формування таких виробів - пресування (рис. 2, а). Зусилля пресування повинно бути 125...425 т [10], а питомий тиск пресування - 200...400 кг/см². Зменшити енерговитрати формування матеріалів дозволяє технологія локального нагнітання сировини, основу якої складає ефект текучого клина (рис. 2, б). У цій технології подача, розподіл, ущільнення формованого матеріалу й обробка верхньої поверхні виконуються єдиною дією [3]. У процесі формування виробів нагнітають сипкий матеріал у форму шляхом безперервної подачі ґрунту під рухомі робочі поверхні нагнітача (штампа 1) й одночасно переміщують нагнітач відносно форми. При кожному переміщенні вгору штамп 1 під нього самопливом підсипається сировина 3 по всій ширині форми. Під штампом 1 відбувається стиснення сировини, яке виконується самим матеріалом. Поява текучого клина 4 характеризується витисненням маси, що самоущільнюється з-під штампa 1. Основна властивість ефекту полягає в тому, що щільність матеріалу в зоні та її геометричні розміри залишаються

незмінними, незважаючи на безперервне вдавнення в зону нових порцій матеріалу.



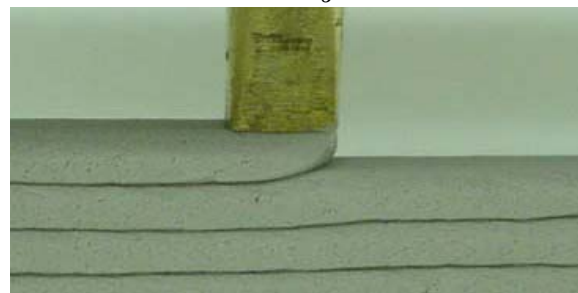
а



б



в

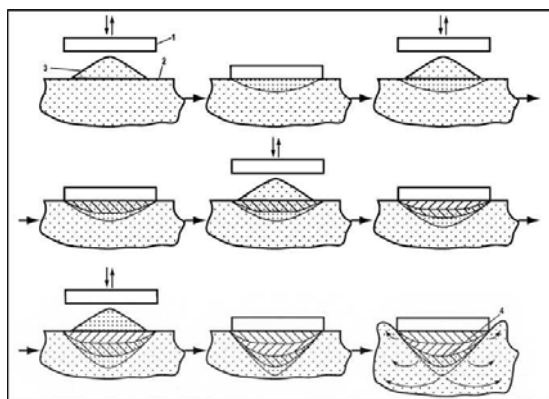


г

Рис. 1. 3D-друк будівельних об'єктів:
а – зведена будівля; б – будівельний 3D-принтер;
в, г – укладання матеріалу



a



б



в

*Рис. 2. Формування ґрунтоблоків:
а – вібропресом; б, в – технологія та обладнання
локального нагнітання сировини*

Недоліки обладнання для локального нагнітання сировини полягають у відсутності можливості регулювання параметрів приводу, що знижує його технологічні показники.

Причинами техногенних катастроф та аварій стають вибухи газу (рис. 3, *a*), пожежі, не якісні ремонтні роботи тощо [1; 6]. До стихійних лих належать землетруси, зсуви (рис. 3, *б*), урагани та повені [4]. Значних пошкоджень об'єктам завдають воєнні дії. Найбільш поширені техногенні

аварії відбуваються через вибухи побутового газу [3].



a



б

*Рис. 3. Руїнування будівель у м. Дніпро:
а – внаслідок вибуху побутового газу (2007 р.);
б – від зсуву ґрунтів (1997 р.)*

Аварійно-рятувальні й відновлювальні роботи виконують підрозділи Держслужби з надзвичайних ситуацій та будівельні організації, оснащені військовою і будівельно-дорожньою технікою. Для розбирання зруйнованих будівель та споруд використовується різноманітна техніка: крани, екскаватори, навантажувачі, бульдозери, механізований інструмент [5].

Недоліки розбирання завалів полягають у необхідності заведення вручну строп кранів під уламки - це не завжди можливо й, до того, небезпечно, а також використання ковшових машин для розбирання дрібних уламків. Відсутні обґрунтовані організаційно-технологічні рішення із розстановки та взаємного переміщення машин на зруйнованому об'єкті, через що відновлювальні роботи виконуються за недосконалими технологічними схемами, збільшуються їх терміни і трудомісткість.

Крім того, фахівці обстежують руйнування візуально – це небезпечно та займає багато часу.

Мета дослідження - розвиток інноваційних технологій в будівництві для створення новітніх стартапів у цій галузі.

Результати дослідження. Інноваційний проект 3D-друку будівельних об'єктів пов'язаний з удосконаленням обладнання [7; 13]. Для будівництва об'єктів значного обсягу розроблено 3D-принтер у вигляді рухомої конструкції 1-3 з маніпулятором 7 (рис. 4). На маніпуляторі 7 встановлено бункер 19. На металевій конструкції закріплено трубопровід 20, за допомогою якого бетон подається від бетононасоса, що встановлюється поруч з опорами 1 та 2, у бункер 19. У насос бетон доставляється з бетонних заводів бетоновозами.

Переміщенням візка 4, балки 5 та платформи 6 маніпулятор 7 встановлюється на початкове положення подачі бетону. Робочим телескопічним обладнанням 8 та головкою друку 9 відповідно до комп'ютерної програми виконується подача бетону та формування будівельного об'єкта. Вертикальне переміщення поворотного маніпулятора 7 здійснюється приводом 13.

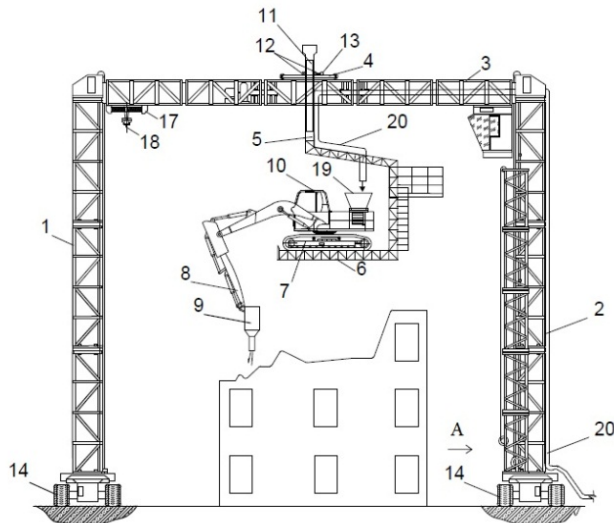


Рис. 4. Принтер із будівельним маніпулятором:
1, 2 – опори; 3 – міст; 4 – візок; 5 – балка; 6 – платформа; 7 – маніпулятор; 8 – телескопічне обладнання; 9 – головка друку; 10 – кабіна; 11 – зубчаста рейка; 12 – шестерні; 13 – привід шестерень; 14 – гусеничні візки; 17 – вантажний візок; 18 – гакова підвіска; 19 – приймальний бункер; 20 – трубопровід

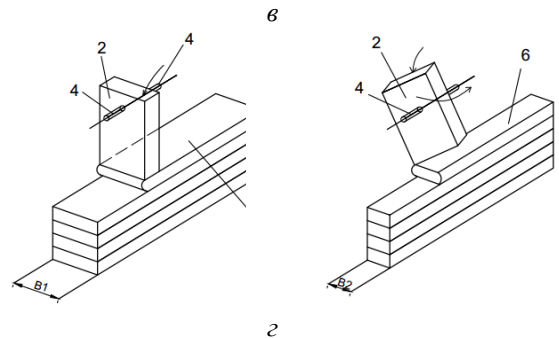
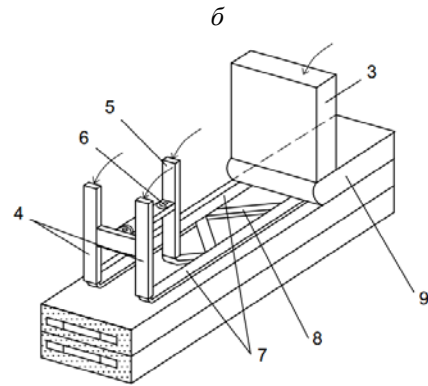
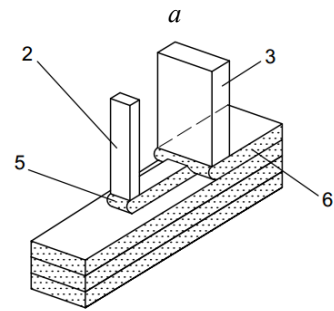
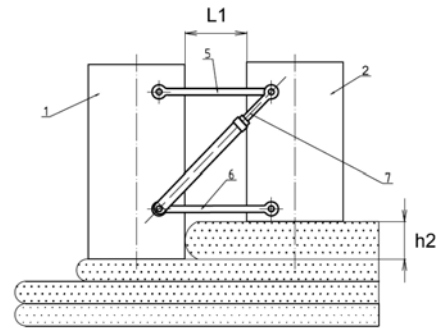


Рис. 5. Головки для 3D-друку будівельних об'єктів:

а, б, в – з декількома екструдерами; г – з поворотним екструдером; 1, 2, 3 – екструдери; 4, 5 – важелі; 6 – привід; 7, 8, 9 – шари бетону; 10 – тяга; 11 – вісь

Розроблено конструкції головок (рис. 5), які дозволяють: підвищити продуктивність 3D-друку об'єктів, технологічні можливості процесу, використовувати різноманітні будівельні матеріали та реалізувати складні архітектурні рішення.

Головки можуть бути:

- з декількома екструдерами, встановленими на різних рівнях (рис. 5, а, б);

- з рухомим середнім екструдером (рис. 5, в);

- з поворотним екструдером (рис. 5, г).

Розроблено обладнання для виготовлення ґрунтоблоків [10] методом локального нагнітання сировини (рис. 6). Воно має опорну раму 1, на якій з можливістю переміщення встановлено каретку 2 з робочим органом 3 та форму. Опорна рама 1 виконана з вертикальних стійок та поздовжніх і поперечних балок, що створює надійну та зручну конструкцію. Це також забезпечує гасіння коливань від дії приводу та якості отриманих виробів. У верхній частині рами закріплені напрямні, на яких встановлена каретка 2. Між напрямними розташовується форма.

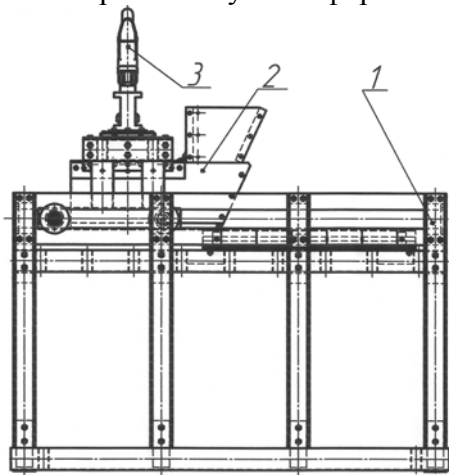


Рис. 6. Обладнання для формування виробів:
1. - опорна рама; 2. - каретка; 3. - робочий орган

Робочий орган (нагнітач сировини) виконаний (рис. 7) з приводом 1 (механізований інструмент), стаканом 3 та насадкою 6. Привід 1 з'єднаний з насадкою 6 за допомогою муфти 2, шпинделя 4 та кривошипа 5. Насадка 6 виконана з горизонтальною та конусною робочими поверхнями. Привід 1 забезпечений регулюванням швидкості та реверсуванням напрямку обертання вихідного вала. У шпинделі 4 є два отвори кріплення кривошипа 5, виконані під різними кутами. Це дозволяє встановлювати кривошип 5 таким чином, коли його осі перетинає точку перетину вісі вихідного вала приводу 1 та

вершини насадки 6 (це показано на рисунку 7) або не має такого перетину. Залежно від показників сировини та вимог до виробів вибирається отвір кріплення кривошипа 5, що визначає характер коливань насадки 6.

У ході коливання насадки 6 її конусна робоча поверхня періодично піднімається та опускається і затискає у форму сировину. Коли сировина починає зворотно випирати перед насадкою 6, переміщують каретку в напрямку незаповненої частини форми до її заповнення. При цьому повітря й волога з ґрунту виділяються, відбувається ущільнення та формування виробів.

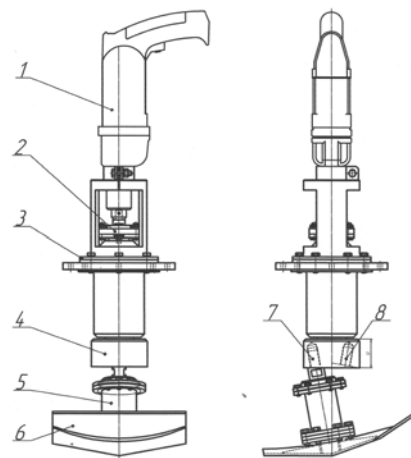


Рис. 7. Робочий орган (нагнітач сировини):
1. - привод; 2. - муфта; 3. - стакан; 4. - шпиндель;
5. - кривошип; 6. - насадка; 7, 8. - отвори кріплення кривошипа

Різні режими формування ґрунтів досягаються шляхом регулювання швидкості обертання насадки, реверсування напрямку її обертання. Обладнання може доставлятися до об'єкта різним транспортом.

Для ліквідації наслідків техногенної або стихійної події, яка спричинила руйнування окремої будівлі, залежно від характеру руйнувань і можливості доступу робітників та засобів механізації до залишків будівлі, роботи можуть виконуватися за схемами:

- розбирання завалу з усіх напрямків (чотирьох - відносно основних географічних координат або сторін світу), рисунок 8, а;

- розбирання завалу з обмеженням напрямків (рис. 8, б).

Для розбирання окремої зруйнованої будівлі з усіх напрямків та коли відсутня

потреба у вертикальному підйомі уламків (рис. 8, а) запропоновано використовувати багатоцільове обладнання (БЦО) на базі екскаваторів [9] у вигляді ковша із щелепою (рис. 9). Такі екскаватори (Γ_{eu}) з БЦО доцільно застосовувати на всіх стадіях робіт під час ліквідації наслідків аварій та стихійних лих на будівельних об'єктах A .

Екскаватор Γ_{eu} дозволяє замінити комплект будівельних машин (кран, екскаватор, навантажувач), забезпечити роботу в обмежених умовах завалів Z зруйнованих будівель B , зменшити термін перебування робітників у зонах завалів.

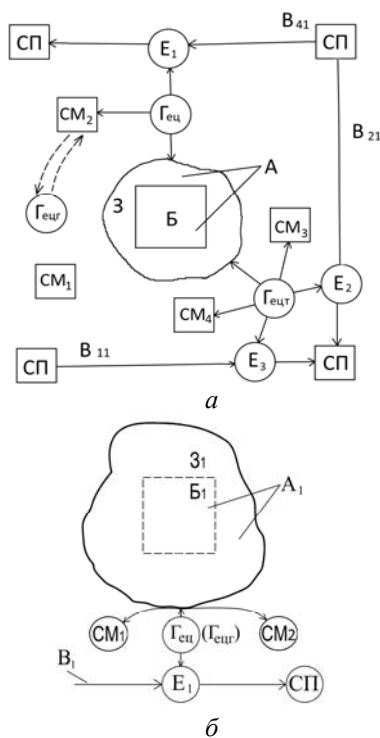


Рис. 8. Схеми організації робіт під час розбирання зруйнованої будівлі:

а – з усіх напрямків; б – з одного напрямку; Γ_{eu} – БЦО з щелепним ковшем; $\Gamma_{euг}$ – БЦО з гідромолотом; $\Gamma_{euт}$ – БЦО з телескопічною стрілою труба; 4. - траєкторія польоту квадрокоптера

БЦО здатне схоплювати інші види робочого обладнання, зокрема гідромолота ($\Gamma_{euг}$ – екскаватор з БЦО та з гідромолотом) і дробити особливо великі уламки біля складу-майданчика SM_1 . Подрібнені уламки схоплюються та переміщуються на склад-майданчик SM_1 та SM_2 екскаватором Γ_{eu} ковшем із щелепою та екскаватором $\Gamma_{euг}$ уже без гідромолота. Екскаватором із телескопічною стрілою $\Gamma_{euт}$ з БЦО

переміщують різні за об'ємом уламки з видалених зон завалу на склади-майданчики SM_3 та SM_4 або у транспортні засоби $E_2 - E_3$, які вивозять уламки автодорогами $B_{11} - B_{21}$ на полігони $СП$.



Рис. 9. Багатоцільове обладнання екскаватора: а – схоплення уламків; б – переміщення конструкцій



Рис. 10. Використання квадрокоптера для обстеження технічного стану димової труби: 1. - квадрокоптер; 2, 5. - частини труби; 3. - димова

Розбирання завалу з одного напрямку виконується, коли доступ та маневрування техніки до завалу Z_1 обмежені наявністю тільки однієї транспортної мережі B_1

(рис. 8, б). Аналіз проведення робіт за такою схемою розбирання завалу у 2007 році у Дніпропетровську показав, що замість традиційних робочих органів машин доцільно використовувати багатоцільові засоби механізації.

Перед розбиранням зруйнованих об'єктів визначають характер руйнувань. Перспективний напрямок визначення технічного стану будівель - це використання безпілотних літальних апаратів [8]. За допомогою квадрокоптерів виконують фото- та відеозйомку об'єктів, особливо які обстежити візуально небезпечно та потребує значних витрат, наприклад, димових труб (рис. 9). Розроблено різноманітні технічні пропозиції квадрокоптерів для різних умов досліджень: для обстеження декількох об'єктів, визначення стану внутрішніх приміщень будівель та поверхонь споруд.

Усі розглянуті інноваційні будівельні технології потребують подальшого розвитку та реалізації у форматі стартапів.

Висновки. 1. Інноваційні будівельні технології направлені на поліпшення якості житла та зменшення його вартості, зведення сучасних промислових споруд. Ці технології передбачають практичне використання досягнень в IT-сфері, які забезпечують новітній напрямок у розвитку будівельних кластерів і розробленні стартапів.

2. До перспективних інноваційних будівельних технологій належать: 3D-друк об'єктів різного призначення; виготовлення екологічних будівельних виробів із місцевих матеріалів (грунтоблоки) новітнім способом; дослідження технічного стану будівель і споруд безпілотними літальними апаратами; розбирання об'єктів, зруйнованих унаслідок техногенних та природних подій.

3. Розглянуті інноваційні будівельні технології потребують подальшого розвитку та реалізації у форматі стартапів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий : учеб. пособ. в 3 кн. Кн. 1 / под ред. К. Е. Кочеткова, В. А. Котляревского, А. В. Забегаева. – Москва : АСВ, 1995. – 320 с.
2. Зубкин В. Е. Зонное нагнетание сыпучих сред, или как строить из обыкновенной земли весьма дешёвые, прочные, теплые и огнестойкие дома посредством "Русских качелей" : практ. пособие / В. Е. Зубкин, В. М. Коновалов, Н. Е. Королев. – 2-е изд., дораб. и доп. – Москва : Инно Центр.Ру, 2011. – 160 с.
3. Мірошніченко М. Вибух газу – “це урок, який повинна засвоїти держава” // Надзвичайна ситуація. – 2007. - № 10. – С. 8–15.
4. Неукротимая планета. Когда природа сходит с ума / Д. Берни, Д. Гилпин, С. Койн, П. Симонс ; пер. с англ. Амченкова Ю. – [Германия] : Дом Ридерз Дайджест, 2008. – 319 с.
5. Тараканов Н. Д. Комплексная механизация спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ / Н. Д. Тараканов. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 303 с.
6. Чумак С. П. Метод оценки объемов отдельных видов аварийно-спасательных работ при их планировании и подготовке / С. П. Чумак // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях : науч. информ. сб. / ВИНТИ. – Москва, 2001. – Вып. 3. – С. 176–184.
7. Шатов С. В. Обобщение инновационных технологий 3D-печати строительных объектов для разработки стартапов / С. В. Шатов, Н. В. Савицкий, С. А. Карпушин // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2017. – Вып. 99. – С. 194–200. – (Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития).
8. Обстеження технічного стану димових труб з використанням безпілотних літальних апаратів / С. В. Шатов, А. О. Титюк, М. В. Савицький, А. А. Титюк // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2017. – Вып. 100. – С. 1642–169. – (Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения).
9. Шатов С. В. Організаційно-технологічні рішення розбирання пошкоджених та реконструйованих споруд та будівель / С. В. Шатов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2013. - № 4 : Наукові дослідження. – С. 12–17.
10. Шатов С. В. Удосконалення технологічного процесу виготовлення ґрунтоблоків / С. В. Шатов, М. В. Савицький, Є. О. Євсєєв // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2016. – Вып. 91. – С. 168–172. – (Инновационные

технології життєвого циклу об'єктів жилищно-громадського, промислового і транспортного призначення).

11. Khoshnevis B. Automated Construction by Contour Crafting-Related Robotics and Information Technologies / Behrokh Khoshnevis // Automation in Construction. – 2004. – Vol. 13, iss. 1. – P. 5–19. – Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580503000736>.
12. Lipson H. Fabricated. The New World of 3D Printing / Hod Lipson, Melba Kurman. – [Indiana]: Wiley, 2013. – 320 p.
13. Savytskyi N. V. 3D-printing of build objects / N. V. Savytskyi, S. V. Shatov, O. A. Ozhyshchenko // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2016. – № 3. – С. 18–26.

REFERENCES

1. Kochetkov K.E., Kotlyarevskij A.V. and Zabegaev V.A. *Avarii i katastrofy. Preduprezhdenie i likvidaciya posledstvij* [Accidents and disasters. Prevention and remediation]. Moskva: ASV, 1995, book 1, 320 p. (in Russian).
2. Zubkin V.E., Kononov V.M. and Korolev N.E. *Zonnoe nagnatanie sypuchix sred, ili kak stroit' iz obyknovЕННОj zemli ves'ma deshevye, prochnye, teplye i ognestojkie doma posredstvom "Russkix kachelej"* [Zone injection of loose medium, or how to build from the ordinary land very cheap, strong, warm and fireproof houses through the "Russian swings"]. Ed. 2. Moskva: Inno Centr.Ru, 2011, 160 p. (in Russian).
3. Miroshnichenko M. *Vybukh gazu – "tse urok, yakyi povynna zasvoity derzhava"* [Gas explosion - "this is a lesson to be learned by the state"]. *Nadzvichaina sytuatsiia* [Emergency situation]. 2007, no. 10, pp. 8–15. (in Ukrainian).
4. Berni D., Gilpin D., Kojn S. and Simons P. *Neukrotimaya planeta. Kogda priroda sxodit s uma* [Indomitable planet. When nature goes crazy]. Germaniya: Dom Riderz Dajdzhest, 2008, 319 p. (in Russian).
5. Tarakanov N.D. *Kompleksnaya mexanizaciya spasatel'nyx i neotlozhnyx avarijno-vosstanovitel'nyx rabot* [Complex mechanization of rescue and emergency response works]. Moskva: Energoatomizdat, 1984, 303 p. (in Russian).
6. Chumak S.P. *Metod ocenki ob'emov otdel'nyx vidov avarijno-spasatel'nyx rabot pri ix planirovanii i podgotovke* [A method for estimating the certain types volumes of rescue operations in their planning and preparation]. *Problemy bezopasnosti pri chrezvychajnyx situacijax* [Problems of safety in emergency situations]. VINITI [All-Russian Institute of Scientific and Technical Information]. Moskva, 2001, iss. 3, pp. 176–184. (in Russian).
7. Shatov S.V. Savickij N.V. and Karpushin S.A. *Obobshhenie innovacionnyx texnologij 3D-pechaty stroitel'nyx ob'ektov dlya razrabotki startapov* [Generalization of innovative technologies of 3D printing of building objects for the start-ups development]. *Sozdanie vysokotexnologicheskix ekokompleksov v Ukraine na osnove koncepcii sbalansirovannogo (ustojchivogo) razvitiya* [Creation of high-tech eco-complexes in Ukraine based on the concept of balanced (sustainable) development]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnepr. gos. akad. str-va i arhitektury [Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepr, 2017, iss. 99, pp. 194–200. (in Russian).
8. Shatov S.V., Tityuk A.O., Savickij M. V. and Tityuk A.A. *Obstezhennia tekhnichnogo stanu dymovykh trub z vykorystanniam bezpilotnykh litalnykh aparativ* [Inspection of the technical state of smoke pipes with the use of unmanned aerial vehicles]. *Innovacionnye texnologii zhiznennogo cikla ob'ektov zhilishhno-grazhdanskogo, promyshlennogo i transportnogo naznacheniya* [Innovative technologies of the life cycle of housing objects, civil, industrial and transport purposes]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnepr. gos. akad. str-va i arhitektury [Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture] Dnepr, 2017, iss. 100, pp. 1642–169. (in Ukrainian).
9. Shatov S.V. *Orhanizatsiino-tekhnolohichni rishennia rozbyrannia poskodzhenykh ta rekonstruiovanykh sporud ta budivel* [Organizational and technological solutions for disassembly of damaged and reconstructed structures and building]. *Naukovi doslidzhennia* [Scientific researches]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk, 2013, no. 4, pp. 12–17. (in Ukrainian).
10. Shatov S.V., Savytskyi M.V. and Yevsieiev Ye.O. *Udoskonalennia tekhnolohichnogo protsesu vyhotovlennia gruntoblokov* [Improvement of the manufacturing process of soil blocks]. *Innovacionnye texnologii zhiznennogo cikla ob'ektov zhilishhno-grazhdanskogo, promyshlennogo i transportnogo naznacheniya* [Innovative technologies of the housing life cycle, civil, industrial and transport objects]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnepr. gos. akad. str-va i arhitektury [Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepr, 2016, iss. 91, pp. 168–172. (in Ukrainian).
11. Khoshnevis B. *Automated Construction by Contour Crafting-Related Robotics and Information Technologies*. Automation in Construction. 2004, vol. 13, iss. 1, pp. 5–19. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580503000736>.
12. Lipson H. Fabricated and Melba Kurman *The New World of 3D Printing*. Indiana: Wiley, 2013, 320 p.
13. Savytskyi N. V., Shatov S.V. and Ozhyshchenko O.A. *3D-printing of build objects*. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk, 2016, no. 3, pp. 18–26.

Рецензент: Молодецький В. П. д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 24.12.2017 р.